НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ЮРГИНСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ЭКОНОМИКА В МАШИНОСТРОЕНИИ

Сборник трудов

V Международной научно-практической конференции

21-23 мая 2015 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 И ЭКОНОМИКА В МАШИНОСТРОЕНИИ

Сборник трудов
VI Международной научно-практической конференции

21–23 мая 2015 г.

Томск 2015

УДК 62.002:658(063)
ББК 34.4:65л0
И66

И66 **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.

ISBN 978-5-4387-0568-0

Сборник содержит материалы VI 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
В.М. Гришагин
А.А. Захарова
Е.А. Зернин
А.А. Казанцев
А.А. Моховиков
Е.Г. Фисоченко

ISBN 978-5-4387-0568-0

© ФГАОУ ВО НИ ТПУ Юргинский технологический институт (филиал), 2015

СОДЕРЖАНИЕ

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

ПЕРСПЕКТИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЗАЩИТНО-ДЕКОРАТИВНОГО ПОКРЫТИЯ НА ПОВЕРХНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ С ПОМОЩЬЮ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ПЛАЗМЫ
Волокитин О.Г., Шеховцов В.В., Белицкая М.Д. 13

РАЗРАБОТКА НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ И ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ СВАРКИ И НАПЛАВКИ В УСЛОВИЯХ НПЦ « СВАРОЧНЫЕ ПРОЦЕССЫ И ТЕХНОЛОГИИ»
Козырев Н.А., Крюков Р.Е., Галевский Г.В., Титов Д.А., Шурупов В.М. 16

ВЛИЯНИЕ ЧАСТОТЫ И ИНДУКЦИИ ПРОДОЛЬНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ПОТЕРИ ЭЛЕКТРОДНОГО МЕТАЛЛА И ЕГО РАЗБРЫЗГИВАНИЕ ПРИ MAG-СВАРКЕ
Носов Д.Г., Перемитько В.В. 23

НОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИХ ДОБАВОК ДЛЯ СВАРОЧНЫХ ФЛЮСОВ
Козырев Н.А., Крюков Р.Е., Козырева О.А. 30

ВЛИЯНИЕ СОСТАВА ЗАЩИТНОГО ГАЗА НА КАЧЕСТВО СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ ПРИ СВАРКЕ СРЕДНЕЛЕГИРОВАННЫХ МАРТЕНСИТНО-БЕЙНИТНЫХ СТАЛЕЙ
Павлов Н.В., Крюков А.В., Гриценко В.В. 36

МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОЙ ВАННЫ ПОПЕРЕЧНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ, ГЕНЕРИРУЕМОГО УСТРОЙСТВАМИ ВВОДА ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ДУГОВОЙ СВАРКЕ
Размышляев А.Д., Агеева М.В., Ярмонов С.В., Выдмыш П.А. 40

ПРИМЕНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ СХЕМ РАСЧЕТА ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ ПРИ СВАРКЕ
Сидоров В.П., Корсун Д.Е., Абрамова М.А. 45

КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ РЕСУРСА ДЛИТЕЛЬНО РАБОТАЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА НА ОСНОВЕ СТРУКТУРНЫХ КРИТЕРИЕВ
Смирнов А.Н., Абабков Н.В. 47

МЕТОДИКА РАСЧЕТА СОСТАВЛЯЮЩИХ ЭФФЕКТИВНОЙ МОЩНОСТИ ДУГИ ПОД ФЛЮСОМ С УЧЕТОМ ПОЛЯРНОСТИ ТОКА
Сидоров В.П., Корсун Д.Е., Абрамова М.А. 52

ОСНОВНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ВИХРЕВОЙ МОДЕЛИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ДУГИ
Степанов А.П. 55

СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КАПЛЕПЕРЕНОСОМ ПРИ ДУГОВОЙ СВАРКЕ
Филонов А.В. 57

КОРРОЗИОННАЯ СТОЙКОСТЬ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ИЗ ВЫСОКОЛЕГИРОВАННОЙ СТАЛИ АУСТЕНИТНОГО КЛАССА
Кузнецов М.А., Зернин Е.А., Карцев Д.С. 60

РЕНТГЕНОСТРУКТУРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ СТАЛИ 09Г2С
Голиков Н.И., Платонов А.А., Сараев Ю.Н. 63

СЕКЦИЯ 2: ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ И ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ В МАШИНОСТРОЕНИИ

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТОЧНОСТИ ФРЕЗЕРОВАНИЯ НЕЖЕСТКИХ ДЕТАЛЕЙ
Балашов А.В., Жидецкая А.С., Потапов И.С. 69

АСИММЕТРИЧНАЯ ПРОКАТКА МЕДНОЙ ПОЛОСЫ
Бахадиров К.Г. 73

ИССЛЕДОВАНИЯ СВОЙСТВ НАПЛАВЛЕННОГО ТЕПЛОСТОЙКОГО МЕТАЛЛА ВЫСОКОЙ ТВЕРДОСТИ НА УСТАНОВКАХ ТЕПЛОВОЙ МИКРОСКОПИИ
Малушин Н.Н., Осетковский В.Л., Валуев Д.В. 76

ЭФФЕКТ КИНЕТИЧЕСКОЙ ПЛАСТИЧНОСТИ В БЫСТРОРЕЖУЩИХ СТАЛЯХ ПРИ МАРТЕНСИТНОМ И БЕЙНИТНОМ ПРЕВРАЩЕНИИ И ВОЗМОЖНОСТЬ ЕГО ПРИМЕНЕНИЯ ПРИ МНОГОСЛОЙНОЙ НАПЛАВКЕ
Малушин Н.Н., Валуев Д.В. 80

МОДИФИЦИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРООСАЖДЕННОГО НИКЕЛЯ ДИБОРИДОМ ТИТАНА
Галевский Г.В., Руднева В.В., Ефимова К.А. 86

СВС КОМПОЗИЦИОННЫЕ ПОРОШКИ «TiC – ТИТАНОВАЯ СВЯЗКА» ДЛЯ НАПЛАВКИ И НАПЫЛЕНИЯ
Криницын М.Г., Прибытков Г.А., Корчагин М.А. 90

УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ОБРАБОТКА ПОВЕРХНОСТИ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ. СУБМИКРОКРИСТАЛЛИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ
Клименов В.А., Власов В.А., Борозна В.Ю., Клопотов А.А. 94

ПРИМЕНЕНИЕ НАНОКАРБИДА КРЕМНИЯ В УПРОЧНЯЮЩИХ И КЕРАМИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЯХ
Руднева В.В., Галевский Г.В., Козырев Н.А. *100*

БАЗИРОВАНИЕ ЗАГОТОВОК ПРИ ОБРАБОТКЕ СЕКТОРОВ МОДУЛЯ СОПРЯЖЕНИЯ ГЕОХОДА НА СТАНКАХ С ЧПУ
Лагунов С.Е., Березовский А.Н., Тараканов О.В. 105

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ СВОЙСТВ КОМПОЗИЦИЙ СВЕРХВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНОГО ПОЛИЭТИЛЕНА - ФТОРОПЛАСТА 4
Нгуен Суан Тьук, Панин С.В., Корниенко Л.А. 108

ЭКСТРАКЦИЯ ХРОМА ИЗ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА УГЛЕРОДИСТОГО ФЕРРОХРОМА
Лазаревский П.П., Романенко Ю.Е. 110

ПРИМЕНЕНИЕ МАРГАНЦЕВОГО КОНЦЕНТРАТА В СТАЛЕПЛАВИЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ
Нохрина О.И., Рожихина И.Д. 114

ЯВЛЕНИЯ САМООРГАНИЗАЦИИ ПРИ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ СТАЛИ 110Г13Л
Квеглис Л.И., Сакенова Р.Е., Орлова Ю.А. 120

ИЗНОСОСТОЙКОЕ ПОКРЫТИЕ НА КАРБИДОВОЛЬФРАМОВОМ ТВЁРДОМ СПЛАВЕ
Осколкова Т.Н. 125

НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ТВЁРДОГО СПЛАВА С ГРАДИЕНТНОЙ СТРУКТУРОЙ
Осколкова Т.Н. 128

ЗАВИСИМОСТЬ ДИСПЕРСНОСТИ КАРБИДНОЙ КОМПОНЕНТЫ ОТ ОБЪЕМНОГО СОДЕРЖАНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКОГО СВЯЗУЮЩЕГО В СИНТЕЗИРОВАННОЙ МЕТАЛЛОКЕРАМИКЕ TiC-(Ni-Cr)
Солоненко О.П., Овчаренко В.Е., Чесноков А.Е. 130

МОДИФИЦИРОВАНИЕ ЗЕРЕННОЙ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ ИНТЕРМЕТАЛЛИЧЕСКОГО СОЕДИНЕНИЯ Ni_3Al НАНОЧАСТИЦАМИ ТУГОПЛАВКОГО ХИМИЧЕСКОГО СОЕДИНЕНИЯ
Овчаренко В.Е., Лю Гуансюнь, Боянгин Е.Н. 134

ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ СХЕМЫ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ОТВЕРСТИЙ НА КОМПЬЮТЕРИЗИРОВАННОМ ОБОРУДОВАНИИ
Пестов С.П., Юдин С.Н. 139

К ПРОБЛЕМЕ ОТСЛАИВАНИЯ ИЗНОСОСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ ИНСТРУМЕНТОВ И ДЕТАЛЕЙ МАШИН
Петрушин С.И., Губайдулина Р.Х., Галеева А.А. 141

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ В ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМ ПОЛЕ
Родзевич А.П., Кузьмина Л.В., Газенаур Е.Г., Крашенинин В.И. *146*

ТЕПЛОЕМКОСТЬ ХЛОРИДОВ ЩЕЛОЧНЫХ МЕТАЛЛОВ (NaCl, LiCl, KCl) В ОБЛАСТИ ТЕМПЕРАТУР 293-673 К
Соболева Э.Г., Игишева А.Л., Литвиненко В.В. 151

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ НЕОФЛЮСОВАННЫХ ОКАТЫШЕЙ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ФЕРРОСИЛИЦИЯ
Теслев С.А., Теслева Е.П. 155

МОДАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ГИДРОСТОЙКИ В AUTODESK INVENTOR
Буялич Г.Д., Увакин С.В. 158

ПОЛУЧЕНИЕ МЕТАЛЛИЗОВАННЫХ ПРОДУКТОВ ПУТЕМ ТВЕРДОФАЗНОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТВЕРДЫХ УГЛЕРОДИСТЫХ ВОССТАНОВИТЕЛЕЙ
Нохрина О.И., Рожихина И.Д., Ходосов И.Е. 161

СИНТЕЗ И СВОЙСТВА НАНОБОРИДА ТИТАНА
Ефимова К.А., Галевский Г.В., Руднева В.В. 167

ОСОБЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВА НАНОПОРОШКА КАРБОНИТРИДА ХРОМА И ЕГО ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ АТТЕСТАЦИЯ
Ширяева Л.С., Ноздрин И.В., Галевский Г.В. 170

ИССЛЕДОВАНИЕ АМОРФНОЙ СТРУКТУРЫ ВИХРЕВЫХ ЗОН, ПОЛУЧЕННЫХ ПРИ СВАРКЕ ВЗРЫВОМ НИОБИЯ И НЕРЖАВЕЮЩЕЙ СТАЛИ
Кучумова И.Д. 175

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ПОСЛОЙНОГО ЛАЗЕРНОГО СПЕКАНИЯ НА КАЧЕСТВО СПЕЧЕННОГО ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ИЗДЕЛИЙ
Сапрыкина Н.А., Сапрыкин А.А., Архипова Д.А. 178

ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПРИ ЛЕЗВИЙНОЙ ОБРАБОТКЕ ДЕТАЛЕЙ МАШИН, ВОССТАНОВЛЕННЫХ НАПЛАВКОЙ
Коноводов В.В., Валентов А.В. , Ретюнский О.Ю. 183

ПОВЫШЕНИЕ СТОЙКОСТИ И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ РЕЗЦОВ ПРИ ОБРАБОТКЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ, ВОССТАНОВЛЕННЫХ НАПЛАВКОЙ
Коноводов В.В., Валентов А.В. 185

ВЛИЯНИЕ НАЧАЛЬНОЙ ПОГИБИ НА НАПРЯЖЁННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ПОДКРЕПЛЕННЫХ ПРЯМОУГОЛЬНЫХ ПЛАСТИН С УЧЁТОМ НЕЛИНЕЙНОСТИ
Моисеенко М.О., Попов О.Н., Трепутнева Т.А. 188

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ МАШИНОСТРОЕНИЯ НА ОСНОВЕ ЭЛЕКТРОМЕХАТРОННЫХ СИСТЕМ ДВИЖЕНИЯ
Осипов Ю.М., Осипов О.Ю., Трифонов В.А. 192

УЛЬТРАПРЕЦИЗИОННАЯ АЛМАЗНАЯ ОБРАБОТКА ХРУПКИХ МАТЕРИАЛОВ В НАНОМЕТРОВОМ ДИАПАЗОНЕ ТОЛЩИН СРЕЗАЕМОГО СЛОЯ
Шавва М.А., Лапшин В.В., Грубый С.В. 197

СЕКЦИЯ 3: АВТОМАТИЗАЦИЯ И ИНФОРМАТИЗАЦИЯ, ЭКОНОМИКА И МЕНЕДЖМЕНТ НА ПРЕДПРИЯТИИ

ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЕ МЕТОДЫ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ В ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМАХ НА ОСНОВЕ БИОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ
Бориев З.В., Нырков А.П., Соколов С.С. 205

ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ РОССИЙСКИХ ВЕНЧУРНЫХ ФОНДОВ
Бубин М.Н. 210

ФОРМИРОВАНИЕ ЭКСПЕРТНОЙ КОМИССИИ ПО РАЗРАБОТКЕ СТРАТЕГИИ УПРАВЛЕНИЯ ИННОВАЦИОННЫМ РАЗВИТИЕМ РЕГИОНА
Григорьева А.А., Захарова А.А., Цеплит А.П. 214

ПОДБОР ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ АНАЛИЗА И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ, РЕАЛИЗОВАННЫХ В 1С
Важдаев А.Н., Чернышева Т.Ю., Лисачева Е.И. 219

ЦБ РФ КАК МЕГАРЕГУЛЯТОР ФИНАНСОВОГО РЫНКА РОССИИ
Лисачев А.Н. 224

ВОПРОСЫ ЛОГИСТИКИ ИНТЕРНЕТ – МАГАЗИНА
Димитрова О.И. 226

РАЗВИТИЕ ИННОВАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА ПРЕДПРИЯТИЯ НА ОСНОВЕ ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ЗНАНИЯМИ
Маслов А.В. 229

АНАЛИЗ РЫНКА ПРИМЕНЕНИЯ ЩИТОВЫХ ПРОХОДЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ В РФ
Нестерук Д.Н., Косовец А.В. 234

СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ О ВЫБОРЕ ФОРМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ АБИТУРИЕНТА И ВУЗА
Ляхова Е.А., Фисоченко О.Н. 236

УПРАВЛЕНИЕ ЗАНЯТОСТЬЮ МОЛОДЕЖИ ПУТЕМ РАЗВИТИЯ МАЛОГО БИЗНЕСА И ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВА НА ПРИМЕРЕ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ
Петров Е.В., Качаева С.Г. 238

СТРУКТУРА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ И РИСКОВ ПРИ ОЦЕНКЕ ОБЛАЧНЫХ ИТ-СЕРВИСОВ
Разумников С.В. 242

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЛП-ПОИСКА В ЗАДАЧАХ ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА
Статников И.Н., Фирсов Г.И. 247

MICROSOFT BUSINESS SOLUTIONS-AXAPTA КАК ОСНОВА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО МОНИТОРИНГА КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ НАУКОЕМКОЙ ПРОДУКЦИИ
Тащиян Г.О., Бурова О.А. 252

ПРОБЛЕМЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РИСКА БАНКРОТСТВА ПРЕДПРИЯТИЙ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА
Телипенко Е.В., Захарова А.А. 257

МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ ТРАЕКТОРИЕЙ ОБУЧЕНИЯ
Мицель А.А., Черняева Н.В. 262

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПЕРСПЕКТИВ РАЗВИТИЯ РАЗЛИЧНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ДИНАМИКИ ИЗМЕНЕНИЯ КОЛИЧЕСТВА ЗАРЕГИСТРИРОВАННЫХ ПАТЕНТОВ
Шокарев А.В., Костюченко Е.Ю, Карнышев В.И. 266

ЭКОНОМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ САНКЦИОНИРОВАННЫХ ДЕЙСТВИЙ СТРАН ЗАПАДА ПО ОТНОШЕНИЮ К РОССИИ НА КРУПНЕЙШИЕ РОССИЙСКИЕ ПРЕДПРИЯТИЯ И ФИНАНСОВЫЕ РЫНКИ
Аксенова Ю.В. 271

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОГО И ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОДДЕРЖКИ ВЫБОРА ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ТРАЕКТОРИИ
Захарова А.А., Лазарева А.Н., Останин В.В. 274

МОДЕЛЬ ФОРМАЛИЗАЦИИ ЭКСПЕРТНЫХ ЗНАНИЙ ОБ УРОВНЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ
Захарова А.А., Останин В.В. 279

ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ КОМПЛЕКСНОГО РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ФОРМИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ ОБУЧАЮЩИХСЯ
Захарова А.А., Молнина Е.В., Молнин С.А. 284

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ СТАНДАРТОВ ДЛЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ КАЧЕСТВА ПАССАЖИРСКИХ ТРАНСПОРТНЫХ УСЛУГ
Попова О.А. 288

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ВЕБ-СТУДИИ
Чернышева Т.Ю., Олейникова Т.С., Гнедаш Е.В. 291

ПРОБЛЕМЫ РОССИЙСКОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ И ПУТИ ИХ ПРЕОДОЛЕНИЯ
Есаулов В.Н. 295

БЕЗРАБОТИЦА В МОНОГОРОДАХ: НЕФОРМАЛЬНЫЙ ПУТЬ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ
Добрычева И.В. 298

ПОДДЕРЖКА МАЛОГО И СРЕДНЕГО БИЗНЕСА В КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ
Марчук И.В., Нестерук Д.Н., Pasquet Alona 301

АДАПТАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ В СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ КОНКУРЕНЦИИ В УСЛОВИЯХ ЭКОНОМИКИ, ОСНОВАННОЙ НА ЗНАНИЯХ
Медведева О.В. 303

ДЕМОГРАФИЧЕСКАЯ СТАТИСТИКА В РАМКАХ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
Момот М.В. 309

СТРАТЕГИЯ ЗАВОЕВАНИЯ КЛИЕНТОВ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ МЕТОДОМ ПОСТРОЕНИЯ КОЛЕСА БАЛАНСА
Полицинская Е.В., Сушко Н.А. 313

ИННОВАЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РОССИИ
Сушко Н.А., Полицинская Е.В. 315

ЭВОЛЮЦИЯ ПОНЯТИЯ «КРЕАТИВНОСТЬ» - КАК ПРОЦЕССУАЛЬНЫЙ ФАКТОР ЭКОНОМИКИ
Сушко А.В. 317

КАЧЕСТВО И КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬ ОБЩИЕ И ОТЛИЧИТЕЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ
Трифонов В.А., Дюпина А.С. 320

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ НЕЧЁТКОГО РЕГУЛЯТОРА ПРИ АНАЛИЗЕ СОСТОЯНИЯ РОБОТОСПОСОБНОСТИ БУРОВЫХ ПЛАТФОРМ
Жиленков А.А., Черный С.Г., Громов К.В. 322

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ТРУДОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ В МАШИНОСТРОЕНИИ
Осипов Ю.М., Трифонов В.А., Изоткина Н.Ю. 325

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ ДНОУГЛУБИТЕЛЬНЫМИ РАБОТАМИ
Соколов С.С., Мамунц Д.Г. 330

СЕКЦИЯ 4: ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ, БЕЗОПАСНОСТЬ И ОХРАНА ТРУДА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ

ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ПРЕССОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫХ ПРОИЗВОДСТВ И ТЕХНОЛОГИЙ
Аксютин В.А., Скотников А.А. 337

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПИРИТА ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДНЫХ СРЕД ОТ ИОНОВ CR^{6+}
Баталова А.Ю., Мартемьянова И.В., Мартемьянов Д.В. 341

ВОЗМОЖНОСТИ СНИЖЕНИЯ ШУМА НА ОТКРЫТЫХ ПЛОЩАДКАХ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ И СЕЛИТЕБНЫХ ЗОН
Булкин В.В., Калиниченко М.В. 343

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ АКУСТИЧЕСКОГО ШУМА НА ТЕРРИТОРИЯХ ПРОМЫШЛЕННЫХ И СЕЛИТЕБНЫХ ЗОН
Кириллов И.Н., Булкин В.В. 346

ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ПРОЦЕССА ОБРАЗОВАНИЯ СВАРОЧНОГО АЭРОЗОЛЯ
Гришагин В.М. 351

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНЫХ УСЛОВИЙ ТРУДА ПРИ СВАРОЧНЫХ РАБОТАХ В СТЕСНЁННЫХ УСЛОВИЯХ
Булыгин Ю.И., Корончик Д.А., Алексеенко Л.Н. 357

АВТОМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ОСВЕЩЕНИЯ ПЕРВОГО КОРПУСА ЮТИ ТПУ
Литовкин С.В., Мальчик А.Г. 361

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИРОДНОГО ЦЕОЛИТА В ПРОЦЕССЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ ФИЛЬТРАЦИИ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ
Мартемьянова И.В. 364

ПРОФИЛАКТИКА ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ООО «ЗАВОД ТЕХНОНИКОЛЬ-СИБИРЬ»
Луговцова Н.Ю., Ососова Н.А. 366

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФИЛЬТРОВАЛЬНОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ ВОДЫ С ЦЕЛЬЮ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ИОНОВ Fe^{2+} И Fe^{3+}
Мартемьянова И.В. 369

ПЕРЕРАБОТКА КУРИНОГО ПОМЁТА С ЦЕЛЬЮ РЕШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ
Никулин А.Н., Епифанцева О.А. 372

АНАЛИЗ СПОСОБОВ ПО ПРЕДОТВРАЩЕНИЮ И ТУШЕНИЮ ЭНДОГЕННЫХ ПОЖАРОВ НА ПОРОДНЫХ ОТВАЛАХ
Торосян Е.С., Филонов А.В. 377

УТОЧНЕННЫЙ МЕТОД ОЦЕНКИ ВИБРОАКУСТИЧЕСКОГО ПОЛЯ В ЦЕХАХ ПРИ МОДЕРНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА
Поболь О.Н., Фирсов Г.И. 380

ИЗУЧЕНИЕ СПОСОБОВ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩЕГО ПОЛУЧЕНИЯ МАГНИТНОЙ ЖИДКОСТИ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ ЕЕ В МАШИНОСТРОЕНИИ
Баглаева М.С., Ушаков А.Г. 385

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ ВЕРХОВЫХ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОТИВОПОЖАРНОГО РАЗРЫВА С ПОМОЩЬЮ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ
Фрянова К.О., Гербель Д.П. 387

ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТРОНЦИЯ-90 И ЦЕЗИЯ-137 В ПОЧВЕ
Заяц И.А., Федорова С.А. 391

ВЛИЯНИЕ ПЕСТИЦИДОВ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ И ИНДЕКС ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЕ КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ
Рудакова С.И., Куркина Л.В. 393

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ЗАТРАТЫ КАК ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ИНДИКАТОР ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОГО ДЕМОГРАФИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ
Лешуков Т.В., Лесин Ю.В. 398

МЕРОПРИЯТИЯ ПО СБОРУ, ИСПОЛЬЗОВАНИЮ, ОБЕЗВРЕЖИВАНИЮ, ТРАНСПОРТИРОВКЕ И РАЗМЕЩЕНИЮ ОПАСНЫХ ОТХОДОВ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ
Петькова Ю.Р., Орлова К.Н. 401

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ МЕСТО СПЕЦИАЛИСТА В ОБЛАСТИ СПЕЦИАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ УСЛОВИЙ ТРУДА НА ПРИМЕРЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ «ЭЛЕКТРОННОЕ РАБОЧЕЕ МЕСТО ИНЖЕНЕРА ПО ОХРАНЕ ТРУДА»
Фрянова К.О. 404

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ НА ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ РИСКИ ВРЕМЕННОГО ФАКТОРА ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПЛАМЕННОГО ГОРЕНИЯ ТВЕРДОФАЗНЫХ МАТЕРИАЛОВ
Фрянова К.О. 407

СЕКЦИЯ 5: ПЕРЕДОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНИКА ДЛЯ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА (АПК) И РАЗРАБОТКИ НЕДР

К ВОПРОСУ НОРМИРОВАНИЯ ПОТЕРЬ УГЛЯ ПРИ ОТКРЫТОЙ РАЗРАБОТКЕ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ В ЗОНАХ ТЕКТОНИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ
Битюков В.В., Гарина Е.А. 415

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ И ДЕФОРМАЦИЙ В СОПРЯГАЕМЫХ ЭЛЕМЕНТАХ ДИСКОВЫХ ИНСТРУМЕНТОВ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ ОРГАНОВ ПРОХОДЧЕСКИХ КОМБАЙНОВ
Хорешок А.А., Маметьев Л.Е., Борисов А.Ю., Воробьев А.В. 417

МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ МОДУЛЕЙ С ДИСКОВЫМ ИНСТРУМЕНТОМ ПРИ РАЗРУШЕНИИ ПРОХОДЧЕСКИХ ЗАБОЕВ
Хорешок А.А., Маметьев Л.Е., Борисов А.Ю., Воробьев А.В. 424

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАКСИМАЛЬНЫХ НОРМАЛЬНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ ОТ ДЕЙСТВИЯ ИЗГИБАЮЩИХ МОМЕНТОВ ДЛЯ АРМИРУЮЩЕЙ ЗАКОНТУРНОЙ КРЕПИ ФЕРМЕННОГО ТИПА
Аксенов В.В., Глазков Ю.Ф., Казанцев А.А. 430

СИСТЕМАТИЗАЦИЯ КОРПУСА ГЕОХОДА
Капустин А.Н. 434

СИНХРОНИЗАЦИЯ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ГЕОХОДА И СТАРТОВОГО УСТРОЙСТВА
Коперчук А.В., Бегляков В.Ю. 436

ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ РАЗРАБОТКИ СТАРТОВОГО УСТРОЙСТВА ГЕОХОДА
Коперчук А.В., Казанцев А.А. 439

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРА И ВЕЛИЧИНЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ КОЛЕБАНИЙ КРОВЛИ НА КРЕПЬ
Буялич Г.Д., Умрихина В.Ю. 441

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ВЫЕМОЧНО-ПОГРУЗОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА РАЗРЕЗЕ «БЕРЕЗОВСКИЙ»
Данилов С.Н., Обанин С.В. 444

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОВОЙ МОЩНОСТИ, ОТВОДИМОЙ ГИДРОБАКАМИ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ ГЕОХОДА
Чернухин Р.В., Блащук М.Ю., Аксенов В.В. 448

ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОЧИСТКИ И СОРТИРОВАНИЯ ЗЕРНА
Баракаев Н.Р., Бахадиров Г.А. 453

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОДОГРЕВА ПЕРЕД ПУСКОМ ДВИГАТЕЛЯ Д-240
Корчуганова М.А., Сырбаков А.П. 457

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ЭЛЕКТРОРАЗОГРЕВА КАРТЕРНОГО МАСЛА
Корчуганова М.А., Сырбаков А.П. 460

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО УДАРНОГО УЗЛА С ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ДВУХСЕКЦИОННОЙ ОБМОТКОЙ
Нейман Л.А. 463

ИМПУЛЬСНЫЕ ЛИНЕЙНЫЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ МАШИНЫ УДАРНОГО ТИПА ДЛЯ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ АПК
Нейман В.Ю., Шабанов А.С. 469

РАЗРАБОТКА ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЭНЕРГИИ НА ОСНОВЕ ЭЛЕМЕНТА ПЕЛЬТЬЕ ДЛЯ ЭЛЕКТРОХИМЗАЩИТЫ НЕФТЕ- И ГАЗОПРОВОДОВ
Федоровцев Д.И., Писарев П.В. 473

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СУХИЕ СИЛОВЫЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ И ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ЭНЕРГОПОТРЕБИТЕЛЕЙ АПК
Хуан А.П. 478

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ЗА СЧЁТ ПРИМЕНЕНИЯ НЕОДИМОВЫХ МАГНИТОВ В ВИБРОЗАЩИТНОМ УСТРОЙСТВЕ
Гурова Е.Г., Макаров С.В., Сергеев А.А. 481

ПОВЫШЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ МАШИН
Еремеев А.В. 484

ВЛИЯНИЕ РЕЦИПРКНОГО СКРЕЩИВАНИЯ НА ОТКОРМОЧНЫЕ И МЯСНЫЕ КАЧЕСТВА СВИНЕЙ
Барков Д.А., Демидкин А.А. 489

УЛУЧШЕНИЕ ПРОДУКТИВНЫХ КАЧЕСТВ СВИНЕЙ СКОРОСПЕЛОЙ МЯСНОЙ ПОРОДЫ СМ-1
Плешков В.А. 491

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ЭКОПРОДУКТОВ НА КАЧЕСТВО ЯИЦ
Ланцева Н.Н., Швыдков А.Н., Верещагин А.Л., Рябуха Л.А., Бычин Н.В., Барабошкин К.С., Мартыщенко А.Е., Чебаков В.П. 493

ВЛИЯНИЕ КОРМОВЫХ ДОБАВОК НА ОБМЕН ВЕЩЕСТВ ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ
Швыдков А.Н., Рябуха Л.А., Ланцева Н.Н., Мартыщенко А.Е., Шаронина М.Д. 497

АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ АВТОРОВ 501

СЕКЦИЯ 1

Инновационные технологии получения неразъемных соединений в машиностроении

ПЕРСПЕКТИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЗАЩИТНО-ДЕКОРАТИВНОГО ПОКРЫТИЯ НА ПОВЕРХНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ С ПОМОЩЬЮ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ПЛАЗМЫ

О.Г. Волокитин, к.т.н., доц., В.В. Шеховцов, студент гр. 340/1, М.Д. Белицкая, студент343/1
Томский государственный архитектурно-строительный университет
634003, г. Томск пл. Соляная, 2, тел. (3822) 65-04-78
E-mail: shehovcov2010@yandex.ru

Причиной, изменения внешнего вида древесины, нарушения целостности тканей, повреждения древесины, понижающие ее качество и ограничивающие возможность ее применения, является способность поглощать водяные пары из воздуха и, как следствие создания подходящей среды для формирования грибковых заболеваний. На сегодняшний день самой распространенной технологией является химическая обработка поверхности древесины, путем. Альтернативой химической обработке для защиты древесины от воздействия воды и биологических повреждений используются термическая обработка древесины. В качестве источника термической обработки поверхности древесины предлагается использовать высококонцентрированные потоки плазмы. Обработка древесины высокими температурами (3000-5000°C) приводит к изменению ряда химических и физических свойств материала [1-3].

Целью работы является проведение экспериментальных исследований по созданию защитно-декоративного покрытия на поверхности различных пород древесины с помощью потоков низкотемпературной плазмы и исследование его свойств.

В качестве исходных образцов для термообработки были выбраны четыре породы древесины: пихта, сосна, осина и береза. На рис. 1 представлена обобщенная схема установки для создания защитно-декоративного покрытия на древесине [4].

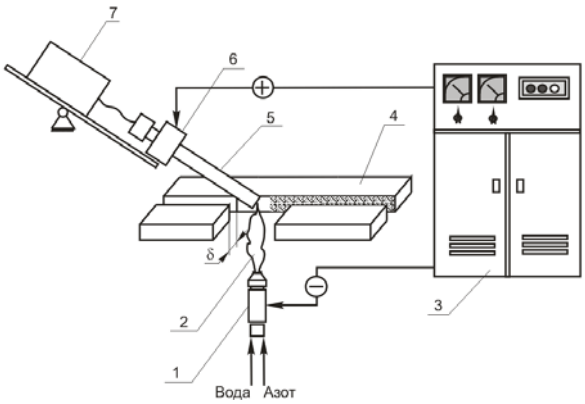


Рис. 1. Комплекс оборудования для плазменной обработки поверхности древесины:
1 – катодный узел; *2* – плазменная дуга; *3* – источник питания;
4 – обрабатываемые образцы; *5* – графитовый анод;
6 – водоохлаждаемый токоподвод; *7* – электропривод подачи электрода.

Конструктивно установка состоит из плазменного генератора *1*, графитового анода *5* и источника питания постоянного тока 3. Плазмогенератор с вынесенным анодом расположен в средней части конвейера, при этом катодный узел размещен по оси конвейера и расположен в вертикальном положении формообразующим соплом вверх, в непосредственной близости от стола конвейера. В качестве выносного анода используется графитовый стержень диаметром 70 мм, установленный под углом 20° относительно горизонтали. Электропривод обеспечивает в процессе работы вращение и поступательное перемещение графитового стержня. Для генерации плазменного шнура графитовый анод сближается с плазмотроном на расстояние, достаточное для возбуждения основной дуги. На конвейере установлены полозья, эти элементы обеспечивают постоянство зазора между оппозитно расположенными брусками древесины в процессе обработки (δ=15-20 мм).

Для обработки поверхности древесины использовался генератор низкотемпературной плазмы, а именно модернизированный плазмотрон типа ВПР-410. В процессе работы плазменного генератора были установлены оптимальные удельные тепловые потоки 1,8-2,6·10^{6} Вт/м^{2}, которые позволяют

добиться равномерного образования слоя на поверхности древесины и оставляют ее натуральный рисунок видимым [5,6].

Таблица 1

Теплофизические характеристики плазмотрона

Мощность плазмотрона, кВт	Сила тока, А	Напряжение, В	Удельный тепловой поток, Вт/м^2	Время воздействия плазмы, с	Характеристика оплавленной поверхности	Цвет поверхности
35,2	200	176	$1{,}8\cdot10^6$	1,0	Равномерный обжиг, глубина 1 мм	Светло-коричневый
35,2	200	176	$1{,}8\cdot10^6$	2,0	Равномерный обжиг, глубина 1 мм	Золотисто-коричневый
56	400	140	$2{,}6\cdot10^6$	1,0	Равномерный обжиг, глубина 2 мм	Золотисто-коричневый
56	400	140	$2{,}6\cdot10^6$	2,0	Равномерный обжиг, глубина 2 мм	Темно-коричневый

а) б)

Рис. 2. Блок-хаус в исходном состоянии (а) и после плазменной обработки (б)

После плазменной обработки поверхность древесины окрасилась и приобрела темный золотисто-коричневый цвет (рис. 2б), при этом очень хорошо проявилась текстура породы и стали более заметными годичные кольца. Поверхность после обработки стала более устойчивой к появлению грибков, плесени и других пороков древесины за счет удаления подходящей для их формирования среды.

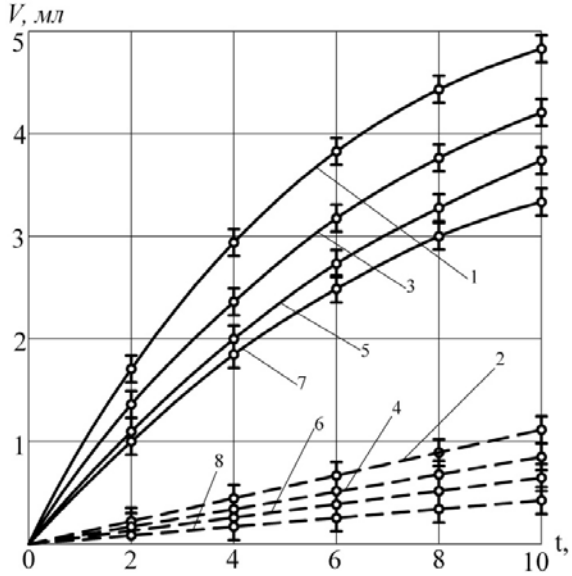


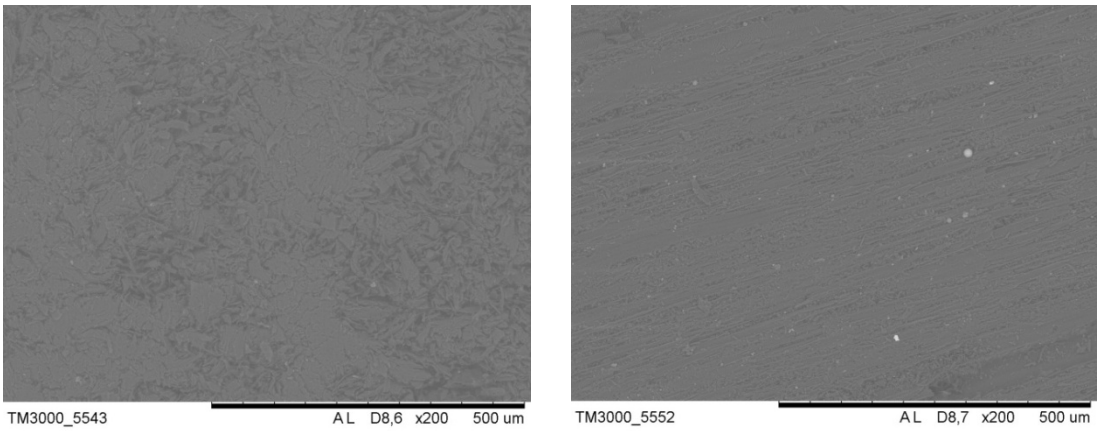
Рис. 3. График зависимости расхода (поглощения) воды от времени выдержки

Следующим этапом исследований явилось проведение экспериментов по определению водопроницаемости исследуемых образцов до и после плазменной обработки. Поглощение воды древесиной фиксировалось через каждые 2 часа. Полученные результаты представлены на рисунке 3.

На рис. 3: V – объем поглощенной древесиной воды; t – время выдержки колбы с водой на поверхности древесины. Зависимости *1,3,5,7* соответствуют осине, пихте, сосне и березе до их обработки высококонцентрированными потоками плазмы. Зависимости, 2,4,6,8 соответственно для осины, пихты, сосны и березы после обработки их потоками плазмы.

В качестве исследования анатомического строения поверхности древесины в исходном состоянии и после плазменной обработки

была выбрана береза, т.к. для Томской области является наиболее энергоэффективной породой. Анатомическое строение поверхности определяли с применением растровой электронной микроскопии (РЭМ) на приборе Hitachi TM – 3000 при ускоряющем напряжении 15 кВ, в условиях режима снятия зарядки с образца (электронная пушка: $5x10^{-2}$ Па; камера для образца: 30 – 50 Па).



а) б)

Рис. 4. Анатомическое строение поверхность древесины в исходном состоянии (а) и после плазменной обработки (б)

Изменение анатомического строения поверхности древесины, происходит главным образом, за счет процесса термодеструкции с образованием гемицеллюлозы под действием разрушения полисахаридов с меньшей, чем у целлюлозы молекулярной массой.

Анализ проведенных экспериментов позволяет сделать выводы о том, что технология плазменной обработки поверхностей древесины, за счет малого времени воздействия на обрабатываемые изделия, является значительно экономичней по сравнению с традиционными способами термического воздействия. Поверхность после обработки является более устойчивой к появлению грибков, плесени и других пороков древесины за счет удаления подходящей для их формирования среды, кроме того, образцы древесины после термической обработки впитывают воду в несколько раз медленнее, чем исходные породы. Это говорит о том, что обработанную с помощью высококонцентрированных потоков низкотемпературной плазмы древесину можно использовать в средах с повышенной влажностью. Плазменная обработка позволяет придать древесине уникальные влагоотталкивающие и эксплуатационные свойства, высокую формоустойчивость и стабильность геометрических размеров, при этом улучшается устойчивость древесины к сжатию и снижается уровень внутренних напряжений в материале.

Литература.

1. Онегин В.И., Удалов Ю.П., Корсаков Г.С., Лукин В.Г. Плазмохимическая обработка поверхности древесины для улучшения ее резонансных свойств // М.:ВИНИТИ, 28.04.97, № 1414-В97, 1997, 10 с.
2. Чухчин, Д.Г. Ресурсосберегающая переработка древесины с использованием плазмохимической технологии: Дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук: 05.21.03 / Д.Г. Чухчин; Арх. гос. тех. ун-т. Архангельск, 1998. -с.128.
3. Соколов О.М., Васильев М.Н., Чухчин Д.Г. Исследование изменения состава древесины при обработке низкоэнтальпийной электронно-пучковой плазмой // Лесн. журн. – 1999. № 2-3. С. 167–175. (Изв. высш. учеб. заведений).
4. Патент РФ №2484951. Способ получения защитно-декоративного покрытия на древесине. Волокитин О.Г., Черкашина Н.А., Волокитин Г.Г., Цветков Н.А.
5. Волокитин О.Г. Перспективы технологии создания защитно-декоративных покрытий на поверхности древесины с использованием плазменной технологии / О.Г. Волокитин, Н.А. Цветков, Г.Г. Волокитин // Вестник ТГАСУ. – 2012. – № 1. – С. 112–116.
6. Волокитин Г.Г. Распределение температурных полей при плазменной обработке поверхности древесины / Г.Г. Волокитин, О.Г. Волокитин, В.В. Шеховцов, Е.А. Маслов, Н.В. Малюга // Вестник ТГАСУ. – 2013. – № 3. – С. 120–127.

РАЗРАБОТКА НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ И ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ СВАРКИ И НАПЛАВКИ В УСЛОВИЯХ НПЦ « СВАРОЧНЫЕ ПРОЦЕССЫ И ТЕХНОЛОГИИ»[1]

Н.А. Козырев, д.т.н., проф., Р.Е. Крюков, асп., Г.В. Галевский, д.т.н., проф.,
Д.А. Титов, асп., В.М. Шурупов, асп.
ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет»,
Научно-производственный центр «Сварочные процессы и технологии»
654007, г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42
E-mail: kozyrexv_na@mtsp.sibsiu.ru

Введение. Обеспечение гарантированного уровня механических свойств сварного шва – основное требование промышленной безопасности. При этом механические свойства предопределены уровнем загрязненности неметаллическими включениями и общей газонасыщенностью сварного шва. Большинство неметаллических включений в сварных швах являются оксидными, независимо от того, экзогенные они или эндогенные, при этом количественный и качественный состав последних предопределен содержанием общего кислорода.

В настоящее время возросло внимание к вопросу разработки новых флюсов и добавок к ним, исследование их влияния на сварочно-технологические свойства сварного шва, а также на содержание кислорода и неметаллических включений в сварном шве [1-5].

Материалы и методы исследования. В основном, отечественные флюсы, применяемые для сварки низколегированных сталей, являются окислительными и построены на принципах кремне - марганцево - окислительно-восстановительных процессах. При этом продуктами данных реакций являются оксидные соединения кремния, марганца, железа, алюминия и др., которые в процессе сварки чаще всего не успевают всплыть и ассимилироваться образующимся из сварочного флюса шлаком, что в итоге и приводит к увеличению загрязненности металла сварного шва неметаллическими включениями и, как следствие, снижения комплекса физико-механических свойств. Для исключения загрязнения металла шва, по-видимому, целесообразно использование восстановителей, образующих газообразные продукты реакции. Таким восстановителем может быть углерод, образующий при взаимодействии с окислителями газообразные соединения CO_2 и CO.

Исходя из данных предпосылок проведен ряд исследовательских работ по изучению влияния добавок в различные плавленые и керамические флюсы на качественные характеристики сварных швов.

В последние годы в связи с освоением нефтяных месторождений в условиях севера возникла необходимость в изготовлении полотнищ стенок нефтеналивных резервуаров в северном исполнении. В условиях ОАО «Новокузнецкий завод резервуарных металлоконструкций» освоено производство резервуаров в северном исполнении в соответствии с «Правилами устройства вертикальных цилиндрических стальных резервуаров для нефти и нефтепродуктов» ПБ-03-605-03 и СНиП II – 23-81. Технологический процесс сборки, сварки, контроля и сворачивания в рулоны полотнищ стенок резервуаров производится на специальных установках для рулонирования. При изготовлении резервуаров применяется кремнемарганцовистая сталь 09Г2С (ГОСТ 6713-91). В результате проведенных работ разработана и освоена оптимальная технология сварки полотнищ стенок резервуаров, работающих в условиях низких отрицательных температур, - двусторонняя сварка: с внутренней стороны резервуара проволокой Св-08ГА (на верхнем ярусе) под смесью флюсов АН-67Б и АН-348А при соотношении 1:1, с наружной стороны проволокой Св-10НМА (на нижнем ярусе) под флюсом АН-60 и АН-348А при соотношении 1:1. Сварка осуществляется без разделки кромок до толщин листа 18 мм. На верхнем ярусе стыковые швы свариваются на пониженных режимах, обеспечивающих проплавление металла до 0,55 толщины листа. На нижнем ярусе сварка производится на большем токе, позволившем получить проплавление металла до 0,7 толщины листа.

Металл шва состоит в основном из металла, полученного переплавлением основного металла 09Г2С и электродного металла Св-10НМА. Механические свойства сварных соединений и швов определяли при температуре 20^0С, ударную вязкость металла шва и зоны термического влияния (ЗТВ) KCU определяли при температуре -50^0С. Механические свойства и ударная вязкость шва и зоны термического влияния превышали требуемые нормируемые значения.

Разработанная технология позволила получить весь спектр требуемых механические свойства и ударную вязкость при отрицательных температурах резервуарных металлоконструкций, исключить дефекты – трещины при изготовлении [6]. Технология защищена патентами РФ [7,8].

При изучении возможности использования углерода в качестве добавки в известные флюсы была проведена оценка термодинамической вероятности протекания окислительно-

восстановительных реакций оксидов (FeO), (MnO), (SiO_2), (Al_2O_3) с восстановителями [Mn], [Si], [Al], $C_{тв}$, $CO_г$, $CO_{2г}$, которая показала, что наиболее высокой восстановительной способностью отличаются Al, C, Si. При этом восстановительная способность кремния с увеличением температуры уменьшается, а углерода, наоборот, увеличивается. В результате углерод становится как восстановитель сильнее кремния при температурах выше T ≈ 1940 K, что соответствует нижнему пределу температурного интервала в сварочной ванне при автоматической сварке под флюсом (1973 – 2133 K). Марганец как восстановитель может быть эффективным лишь для оксида железа в интервале температуры до 1800 K. Выше этой температуры восстановительная способность углерода становится больше, чем у марганца. Алюминий является лучшим восстановителем для всех оксидов в системе, однако он может образоваться в металле шва лишь в небольших концентрациях, следовательно, концентрация образующегося оксида алюминия будет незначительной. Таким образом, проведенный термодинамический анализ показал, что введенный в систему углерод способен за счет высоких восстановительных свойств при T = 1950 – 2200 K существенным образом повлиять и снизить содержание неметаллических включений в металле шва.

Проведены исследования влияния введения углеродфторсодержащей добавки во флюсы АН-348, АН-60, АН-67 и импортный флюс ОК.10.71 на процесс рафинирования металла сварного шва [9,10]. В результате определено, что с увеличением содержания углеродфторсодержащей добавки в различных флюсах при допустимом незначительном увеличении концентрации углерода (рисунок 1) наблюдается снижение общего кислорода в сварном шве (рисунок 2), а так же значительное увеличение механических свойств и особенно ударной вязкости при отрицательных температурах (рисунок 3).

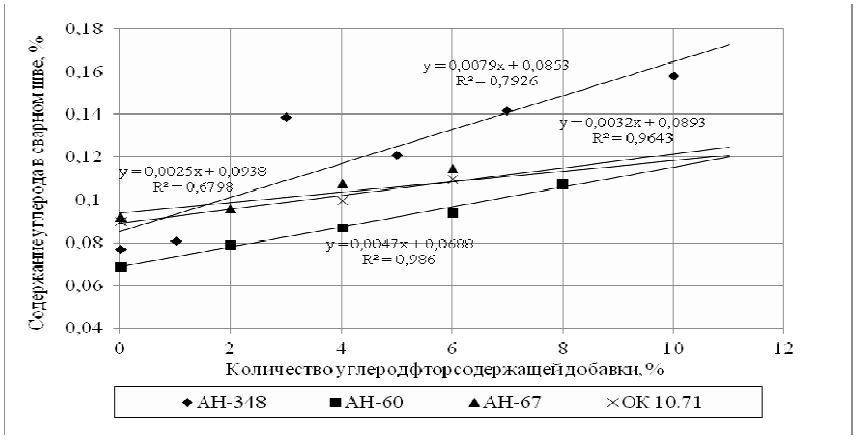


Рис. 1. Влияние углеродфторсодержащей добавки на содержание углерода в сварном шве

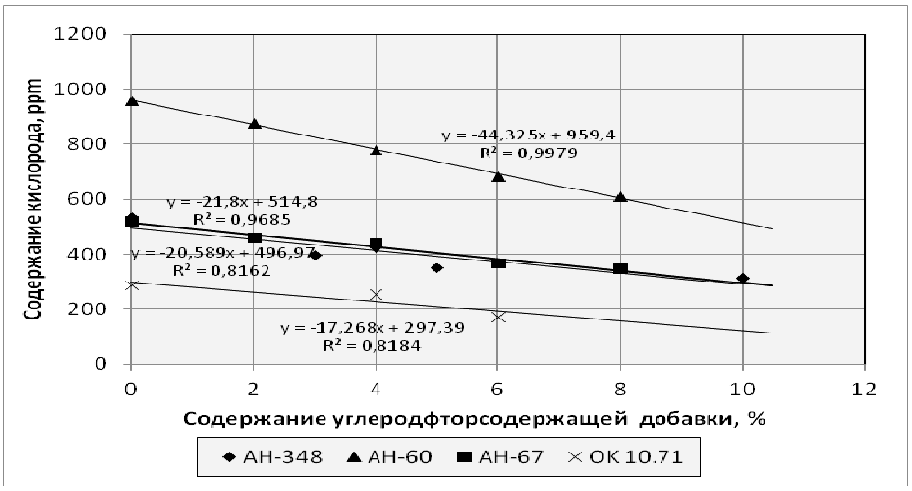


Рис. 2. Изменение общего кислорода во флюсах в зависимости от введения углеродфторсодержащей добавки

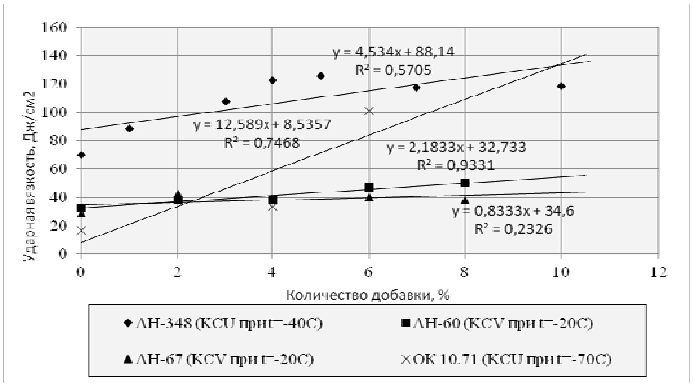


Рис. 3.Изменение ударной вязкости в зависимости от количества углеродфторсодержащей добавки

Фракционный газовый анализ, проведенный методом восстановительного плавления на газоанализаторе фирмы «LECO» TC-600 показал, что в зависимости от окисленности и основности шлаковой системы происходит перераспределение кислорода во включениях.

Теоретические предпосылки и практическое опробование технологии использования углеродфторсодержащей добавки положены в основу разработанной технологии сварки под флюсом металлоконструкций, эксплуатируемых в условиях экстремально низких температур. Изготовление флюса добавки марки ФД – УФС организовано в условиях ОАО «НЗРМК им. Н.Е. Крюкова». Разработанные технологии сварки металлоконструкций с использованием флюс-добавки защищены патентом РФ [11], состав нового основного сварочного флюса защищен патентом РФ [12].

Непрерывное совершенствование и развитие новых технологических процессов, стремление повысить эффективность использования оборудования, а также появление новых видов техники привели к необходимости изготовления и еще большего повышения надежности и долговечности деталей машин и инструмента с использованием высоколегированных инструментальных сталей высокой твердости. Одним из путей изготовления и восстановления изношенных деталей машин и инструмента является комплексное использование наплавки и последующей термической обработки высокоэнергетическими источниками тепла. Вопросы технологической свариваемости быстрорежущих инструментальных сталей высокой твердости и восстановление прокатных валков станов горячей прокатки - второе крупное направление работы.

На металлургических предприятиях России широко используется наплавка прокатных валков для восстановления и повышения стойкости. Несмотря на широкий спектр используемых систем для наплавки, широкое распространение получили две системы: **C—Si—Mn—Cr— W—V** и **C—Si—Mn—Cr— V—Mo**.

Первая система представлена порошковой проволокой типа ПП-Нп-35В9Х3СФ, содержащей до 10 % дорогого и дефицитного вольфрама, и используется для износостойкой наплавки стальных валков горячей прокатки различных станов. Наплавленный ею металл обладает высокой стойкостью против истирания при повышенных температурах, но его термическая выносливость относительно невысока, поэтому валки, наплавленные этой проволокой, часто выходят из строя из-за образования сетки трещин разгара и выкрашивания. Нередко имеет место полосчатый износ, причиной которого может быть наличие участков наплавленного металла с неоднородной структурой и твердостью. Такие участки наблюдаются при многослойной наплавке легированных сталей с перекрытием ранее наплавленного валика.

Хорошие результаты при восстановлении стальных валков горячей прокатки дает наплавленный металл типа экономнолегированных хромомолибденовых и хромовольфрамо-молибденовых сталей. По теплостойкости эти стали практически не уступают хромовольфрамовым, а по сопротивлению термической усталости существенно превосходят их. Для повышения теплостойкости и стойкости наплавленного металла против истирания применяют также легирование ванадием.

При наплавке валков со сложными калибрами возникают большие трудности с механической обработкой наплавленного слоя из-за его относительно высокой твердости. Для таких валков перспективно использование наплавочных материалов типа мартенситно-стареющих или дисперсионно-твердеющих сталей. После наплавки такие стали имеют твердость 28...35 $HRC_э$, их достаточно легко обрабатывать механически. После отпуска твердость возрастает до 48...55 $HRC_э$, и наплавленный

металл приобретает высокие служебные свойства. Однако, для проведения термообработки необходимо соответствующее оборудование.

Работа во второй системе позволяет получать наибольшее сопротивление термической усталости металла. Данная система, представленная порошковой проволокой типа ПП-Нп-25Х5ФМС, позволяет получать высокие значения ударной вязкости наплавленного металла при повышенных температурах.

В результате лабораторных и опытно-промышленных исследований рекомендуется для наплавки валков горячей прокатки использовать порошковые проволоки типа ПП-Нп-35В9Х3СФ на непрерывно-заготовочных, проволочных, трубопрокатных станах; а порошковую проволоку типа ПП-Нп-25Х5ФМС на обжимных (блюминг, слябинг), крупносортных и рельсобалочных, средне- и мелкосортных, листопрокатных станах.

В лабораторных условиях были изготовлены образцы стандартной порошковой проволоки марки ПП-Нп-25Х5ФМС. Многослойную наплавку образцов производили с предварительным подогревом пластин до 350^0С и последующим (после наплавки) замедленным охлаждением. Наплавку проводили сварочным трактором ASAW-1250 с использованием изготовленной порошковой проволоки на пластины из стали 09Г2С в 5 слоев, режим наплавки: сварочный ток $I_д$=400А, напряжение на дуге $U_д$= 32В, скорость сварки $\upsilon_н$=0,8 см/с.

При изготовлении проволоки содержание кремния, марганца, хрома, ванадия варьировалось гораздо шире значений для данных элементов, предусмотренных для проволоки ПП-Нп-25Х5ФМС в ГОСТ 26101-84. В состав ряда образцов проволоки ввели никель, а аморфный углерод заменили на углеродфторсодержащую пыль (отходы металлургического производства), со следующим химическим составом, масс. %: Al_2O_3 =21-46; F^+ =18-27; Na_2O = 8-15; K_2O=0,4 – 6%; CaO=0,7- 2,3; SiO_2=0,5-2,5; Fe_2O_3=2,1-3,3; $C_{общ}$=12,5-30,2; MnO=0,07-0,9; MgO=0,06-0,9; S=0,09-0,19; P=0,10-0,18. Дисперсность такого материала позволяет проводить хорошее смешение с металлической составляющей шихты порошковой проволоки. Проведенные ранее эксперименты по использованию данного материала в качестве добавки для сварочных флюсов показали, что углерод в составе углеродфторсодержащей пыли обладает повышенной активностью, раскисляет металл и восстанавливает оксиды, находящиеся в металле и шлаке с образованием оксидов углерода. Для имитации окислительно-восстановительных процессов при наплавке использовали слабоокислительный флюс марки АН–67 по ГОСТ Р 52222-2004. Марганец в состав проволоки не добавлялся в связи с его восстановлением из образующегося шлака. Происходило частично восстановление кремния из шлака. Как показали эксперименты, образующийся шлак практически не окисляет легирующие элементы в составе наплавленного металла.

Химический состав наплавленного металла определяли рентгенофлуоресцентным методом на спектрометре XRF-1800 и атомно-эмиссионным методом на спектрометре ДФС -71. Металлографическое исследование микрошлифов проводилось с помощью оптического микроскопа OLYMPUS GX-51 в светлом поле при различных увеличениях после травления в спиртовом растворе азотной кислоты, а также в растворе плавиковой кислоты. Замеры твердости проводили ультразвуковым твердомером УЗИТ -3. Составы исследуемых порошковых проволок, твердость наплавленного металла и объемная доля остаточного аустенита в наплавленном слое приведены в таблице 1.

При использовании в качестве добавки аморфного графита в структуре наплавленного металла (образцы 1 и 2) присутствует мартенсит и остаточный аустенит в межосевом пространстве. Наблюдается значительное количество строчечных кислородных включений. Точечные карбиды ванадия и хрома распределены по телу зерен. Следует отметить, что введение более 3% ванадия привело к значительному снижению твердости наплавленного металла.

Металлографический анализ показал, что структура металла, наплавленного опытной порошковой проволокой, представляет собой игольчатый троостит с мартенситом и сформированными по границам зерен отдельными тонкими аустенитными оторочками с незначительным количеством включений карбидов. Углеродфторсодержащая добавка в шихту проволоки способствовала удалению оксидных неметаллических включений, более равномерному распределению углерода в металле шва и образованию мелкодисперсных карбидов, что на практике должно привести к повышению термической стойкости.

Введенный в состав порошковой проволоки аустенитообразующий элемент – никель способствовал дополнительному измельчению зерна. Введение в состав проволоки системы C—Si—Mn—Cr— V—Mo углеродфторсодержащей добавки и никеля позволяет значительно снизить уровень загрязненности оксидными неметаллическими включениями наплавляемого металла, измельчению

зерна, а также способствует образованию мелкодисперсных карбидов, что на практике должно привести к повышению термической стойкости прокатных валков.

Таблица 1

Составы исследуемых порошковых проволок и твердость наплавленного металла системы C—Si—Mn—Cr— V—Mo

№	Массовая доля элементов, %											HRC (HB)	ОДА
	C	Si	Mn	Cu	Cr	Mo	Ni	Al	W	V	Ti		
1	0,16	1,77	2,25	0,26	3,51	1,51	0,16	0,044	0,107	3,25	0,018	(186,2)	-
2	0,15	1,59	1,67	0,18	0,35	1,11	0,16	0,032	0,06	0,35	0,006	43,2	4,3
3	0,20	1,33	2,16	0,17	3,52	1,51	0,13	0,04	0,09	0,36	0,020	48,1	5,6
4	0,24	0,93	2,11	0,15	3,18	1,31	0,21	0,054	0,071	0,46	0,021	51,8	15,6
5	0,31	1,19	2,13	0,20	3,50	1,34	0,32	0,064	0,074	0,47	0,022	53,4	14,7
6	0,24	0,92	1,93	0,22	3,00	1,85	0,38	0,034	0,081	0,43	0,014	54,14	8,4

Примечание: 1) ОДА –объемная доля остаточного аустенита,
2) образец 1 и 2 – изготовлены с использованием графита аморфного; 3-6 – с применением углеродфторсодержащей пыли и порошка никеля при различных концентрациях.

Как было показано выше, наиболее нагруженные валки горячей прокатки упрочняются наплавкой порошковой проволокой типа ПП-Нп-35В9Х3СФ по ГОСТ 26101-84 с большим содержание дорогостоящего вольфрама. Опыт эксплуатации наплавленных валков свидетельствует о том, что износ их поверхности происходит неравномерно. Валки в процессе работы подвергаются воздействию циклических термомеханических нагрузок, коррозии и абразивному изнашиванию. Нередко имеет место полосчатый износ, причиной которого может быть наличие участков наплавленного металла с различной структурой и твердостью. Такие участки наблюдаются при многослойной наплавке легированных сталей с перекрытием ранее наплавленного валика. Наплавленный металл типа 35В9Х3СФ обладает высокой стойкостью против истирания при повышенных температурах, но его термическая выносливость относительно невысока, поэтому валки, наплавленные этой проволокой, часто выходят из строя из-за образования сетки трещин разгара и выкрошивания.

Анализ причин выхода из строя валков станов горячей прокатки наплавленных порошковой проволокой ПП-Нп-35В9Х3СФ под флюсом свидетельствует о том, что возможности сплавов системы C—Si—Mn—Cr— W—V до конца не реализованы и в последнее время тщательно изучаются. Поэтому представляет интерес исследование влияние изменения химического состава дорогостоящих компонентов, входящих в данную систему, а также влияние добавок различных компонентов с целью получения новых свойств наплавленного металла и снижения себестоимости порошковой проволоки.

В процессе работы валка под воздействием высоких температур наблюдается коагуляция и укрупнение зерен карбидов по границам зерен, с последующим выкрошиванием и развитием трещин разгара. Образование трещин в наплавленном металле, по-видимому, предопределено химической неоднородностью, связанной с наличием различных структурных составляющих. Химическая неоднородность отдельных широких приграничных зон имеет место после наплавки вследствие воздействия термического цикла наплавки особенно тел вращения и сохраняется в процессе эксплуатации валков при термомеханическом воздействии со стороны горячего прокатываемого металла. Для снижения развития процессов коагуляции карбидов, уменьшения структурной неоднородности наплавленного металла необходимо изменить структурное состояние границ зерен, что возможно оптимизацией соотношения углерода и карбидообразующих элементов, повышением устойчивости аустенита и отработкой режимов наплавки, позволяющих увеличить скорость охлаждения наплавленного металла.

В лабораторных условиях были изготовлены образцы стандартной порошковой проволокой марки ПП-Нп-35В9Х3СФ, которая используется для наплавки валков горячей прокатки и роликов транспортирующих рольгангов. Многослойную наплавку образцов производили с предварительным подогревом пластин до 350 ^{0}С и последующим (после наплавки) замедленным охлаждением. Наплавку проводили сварочным трактором ASAW-1250 с использованием изготовленной порошковой проволоки на пластины из стали 09Г2С в 5 слоев, режим наплавки: сварочный ток $I_д$=400А, напряжение на дуге $U_д$ = 32В, скорость сварки $\upsilon_н$=0,8 см/с.

При изготовлении проволоки введение дорогостоящих вольфрама и хрома рассчитывались ниже значений для данных элементов, оговоренных для проволоки ПП-Нп-35В9Х3СФ по ГОСТ 26101-84. В состав ряда образцов проволоки ввели никель, а аморфный углерод заменили на углеродфторсодержащую Химический состав наплавленного металла определяли с использованием рентгенофлуоресцентного спектрометра XRF-1800 и атомно-эмиссионного спектрометра ДФС -71. Металлографическое исследование микрошлифов проводилось с помощью оптического микроскопа OLYMPUS GX-51 в светлом поле при различных увеличениях после травления в спиртовом растворе азотной кислоты, а также в растворе плавиковой кислоты. Замеры твердости проводили с использованием ультразвукового твердомера УЗИТ -3. Составы исследуемых порошковых проволок и твердость наплавленного металла приведены в таблице 2.

При использовании в качестве добавки аморфного графита (образец 1) наплавленный металл имеет дендритную структуру (мартенсит с остаточным аустенитом в межосевом пространстве). Присутствует значительное количество строчечных кислородных включений, являющихся концентраторами напряжений и местами зарождения хрупких трещин. Точечные карбиды вольфрама и хрома распределены по телу зерен.

Металлографический анализ показал, что структура металла, наплавленного опытной порошковой проволокой представляет собой игольчатый троостит с мартенситом и формированием по границам зерен отдельных тонких аустенитных оторочек с незначительным количеством включений карбидов. Углеродфторсодержащая добавка в шихту проволоки способствовала удалению оксидных неметаллических включений, более равномерному распределению углерода в металле шва и образованию мелкодисперсных карбидов, что на практике должно привести к повышению термической стойкости. Для повышения термостойкости металла путем стабилизации аустенита и измельчения зерна в состав порошковой проволоки вводили никель. Изменение объемной доли остаточного аустенита в наплавленном слое при различном соотношении никеля приведено в таблице 3.

Таким образом, исследование показало, что введение в состав проволоки системы C—Si—Mn—Cr— W—V углеродфторсодержащей добавки и никеля позволяет значительно снизить уровень загрязненности оксидными неметаллическими включениями наплавляемого металла, а также способствует образованию мелкодисперсных карбидов, что на практике должно привести к повышению термической стойкости прокатных валков. Составы данных порошковых проволок и их модификаций защищены патентами РФ [13, 14].

Таблица 2

Составы исследуемых порошковых проволок и твердость наплавленного металла системы C—Si—Mn—Cr— W—V *

№	Массовая доля элементов, %											
	C	Si	Mn	Cu	Cr	Mo	Ni	Al	W	V	Ti	HRC
1	0,27	1,62	1,42	0,19	2,93	0,14	0,14	0,04	11,39	0,47	0,02	49
2	0,23	0,69	1,04	0,21	1,92	0,09	0,16	0,039	5,58	0,15	0,019	50,8
3	0,24	0,83	1,83	0,24	2,16	0,09	0,29	0,054	7,49	0,27	0,019	53,3
4	0,26	0,77	1,72	0,26	2,17	0,09	0,33	0,042	6,12	0,29	0,016	53,0
5	0,33	1,37	1,06	0,22	2,80	0,10	0,61	0,07	10,71	0,42	0,04	54,8

* - образец 1 – изготовлен с использованием графита аморфного, 2-5 с применением углеродфторсодержащей пыли и порошка никеля при различных концентрациях.

Таблица 3

Объемная доля остаточного аустенита в наплавленном слое (среднее по трем полям)

№ пробы	2	3	4
Объемная доля аустенита, %	15.4	5.2	6.8

Основное количество брака при производстве сварочных работ связаны с низкой квалификацией сварщиков. Учитывая, что наиболее значимым фактором является длина дуги, а постоянное слежение очень быстро приводит к утомлению зрения и снижению эффективности обучения, на первом этапе подготовки сварщиков используются различные тренажёры.

Для обеспечения выработки правильных психомоторных навыков у обучаемого по поддержанию нормативных параметров (длины дугового промежутка, угла наклона сварочного электрода,

отклонения от центра разделки кромок свариваемых деталей, скорости сварки) в различных пространственных положениях, повышения эффективности обучения путем контроля нормативных параметров сварки и снижения затрат при обучении на кафедре в учебных целях используется тренажер (рисунок 4), состоящий из следующих элементов: 1 - экран; 2 - лампа; 3- имитатор электрододержателя; 4 - наушники; 5 - блок приёма сигнала.

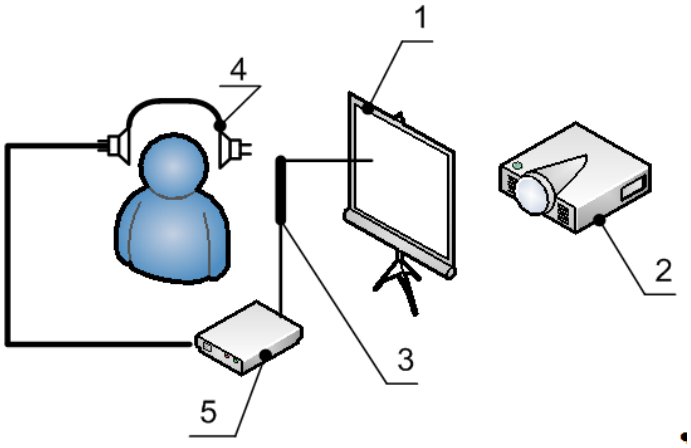


Рис. 4. Принципиальная схема тренажёра сварщика

Обучение сварщика с помощью тренажера производится по следующей методике. На экране нанесены светопроницаемые дорожки, имитирующие траекторию движения руки при различной технике сварки. При нахождении имитатора электрододержателя над светопроницаемой дорожкой свет от источника попадает в фотоприёмник, расположенный на конце модели электрода, при этом звуковой сигнал не подается, что означает правильную технику сварки. При уходе конца модели электрода в сторону от светопроницаемой дорожки на время, заданное от 0,5 - 1с, подается звуковое сообщение, сигнализирующее об отклонении от заданной траектории, и, соответственно, о совершенной ошибке. На светонепроницаемом экране нанесены различные светопроницаемые дорожки, имитирующие различные глубины проплавления основного металла и формирование шва в зависимости от вида поперечных колебаний электрода. После освоения сварщиком двигательных навыков, происходит их дальнейшее закрепление путём усложнения траектории светопроницаемой дорожки. Тренажёр позволяет закреплять и унифицировать технику манипулирования электродом и поставить правильный угол наклона электрода по отношению к изделию и направлению сварки, что и предопределяет качество формирования сварочного шва.

Практика применения тренажера в группах сварщиков при предварительной подготовке для аттестации сварщиков показала, что после проведения обучения сварщиков в группах без применения тренажёра количество стыков контрольных образцов сварных швов, удовлетворяющих качественным показателям, составляло 45-50 %, а при обучении с тренажёром - 87-95%. Тренажер защищен патентом РФ [15].

Выводы.

1. Разработаны технологии использования новых углеродсодержащих добавок для сварочных люсов позволяющих при использовании значительно снизить уровень загрязненности стали оксидными неметаллическими включениями, уменьшить газонасыщенность сварного шва, повысить спектр требуемых механических свойств. Технологии внедрены в производство и используются для сварки нефтеналивных резервуаров эксплуатируемых в условиях отрицательных температур. Организовано производство, защищенной патентом РФ, флюс-добавки марки ФД-УФС.
2. Разработаны, защищенные патентами РФ, порошковые проволоки систем C—Si—Mn—Cr—W—V и C—Si—Mn—Cr— V—Mo с добавкой углерод и никельсодержащих компонентов используемых для наплавки прокатных валков. Применение порошковых проволок при наплавке позволяет эффективно удалять оксидные неметаллические включения, получать равномерное распределение углерода в металле шва и повысить термическую стойкость наплавляемого изделия.
3. Для обучения и выработки правильных психомоторных навыков при ручной дуговой сварке разработан и внедрен в учебный процесс, защищенный патентом РФ, тренажер сварщика.

Литература.
1. The influence of the air occluded in the deposition layer of flux during automatic welding: a technological aspect to consider in the quality of the bead/Rafael Quintana Puchola, Jeily Rodríguez Blancoa, Lorenzo Perdomo Gonzaleza, Gilma Castellanos Hernándeza & Carlos Rene Gómez Péreza//Welding International.– 2009.- Volume 23. - №2. - p. 132-140.
2. Obtaining a submerged arc welding flux of the MnO–SiO2–CaO–Al2O3 – CaF2 system by fusion/A.C. Crespoa, R.Q. Puchola, L.P. Goncaleza, L.G. Sanchezb, C.R. Gomez Pereza, E.D. Cedrea, T.O. Mendeza & J.A. Pozola//Welding International.– 2007.- Volume 21. - №7. - p. 502-511.
3. Study of the relationship between the composition of a fused flux and its structure and properties/ Amado Cruz Crespoa, Rafael Quintana Puchola, Lorenzo Perdomo Gonzáleza, Carlos R. Gómez Péreza, Gilma Castellanosa, Eduardo Díaz Cedréa & Tamara Ortíza / Welding International. – 2009.- Volume 23. - №2. - p. 120-131
4. Using a new general-purpose ceramic flux SFM-101 in welding of beams/ Yu. S. Volobueva, O. S. Volobueva, A. G. Parkhomenkob, E. I. Dobrozhelac & O. S. Klimenchukd//Welding International.– 2012.- Volume 26. - №8. - p. 649-653
5. Special features of agglomerated (ceramic) fluxes in welding/V. V. Golovko & N. N. Potapov//Welding International.– 2011.- Volume 25. - №11. - p. 889-893.
6. Manufacture of vertical bulc –oil storage tanks for northern climates using special welding materials/ Kryukov N.E., Koval'skii I.N., Kozyrev N.A., Igushev V.F., Kryukov R.E.// Steel in Translation. -2012. - T. 42. -№ 2.-P. 118-120.
7. Пат. 2465108 РФ, МПК [8] B23 K9/18, B23 K35/362 Способ сварки под флюсом/ Крюков Н.Е., Ковальский И.Н., Козырев Н.А., Игушев В.Ф., Крюков Р.Е.; ОАО «Новокузнецкий завод резервуарных металлоконструкций» им. Н.Е. Крюкова.- № 2011123342/02(034573), Заявл. 08.06.2011.
8. Пат. 2467853 РФ, МПК [8] B23 K35/362 Керамический флюс-добавка/ Крюков Н.Е., Ковальский И.Н., Козырев Н.А., Игушев В.Ф., Крюков Р.Е.; ОАО «Новокузнецкий завод резервуарных металлоконструкций» им. Н.Е. Крюкова.- № 201112341602/02(034654), Заявл. 08.06.2011.
9. Effect of carbon- and fluorine-containing additions in the composition of fluxes on the content of nonmetallic inclusions and properties of welded joints / N.A. Kozyrev, V.F. Igushev, R. Ev. Krukov, Z.V. Goldun, I.N. Kovalsky // Welding International . – 2013. – Vol. 27. - № 12, p. 963 – 965.
10. New carbon-fluorine containing additive for the welding fluxes/ N.A. Kozyrev, R. E. Krukov, D.E. Kolmogorov// Mechanics and materials vol.682(2014) - P. 495-498.
11. Пат. 2484936 РФ, МПК [8] B23 K35/362 Керамический флюс-добавка/ Козырев Н.А., Игушев В.Ф., Крюков Р.Е., Голдун З.В.; ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет.- №2012104939/02(007484), Заявл. 13.02.2012.
12. Пат. 2492983 РФ, МПК [8] B23 K35/36 Флюс для сварки/ Козырев Н.А., Игушев В.Ф., Крюков Р.Е., Голдун З.В., Козырева О.Е.; ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет.- №2012108414/02 (012721), Заявл. 05.03.2012.
13. Пат. 2518211 РФ, МПК [8] B23 K35/368 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.
14. Пат. 2518035 РФ, МПК [8] B23 K35/368 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.
15. Пат. 2447515 РФ, МПК [7] G09B19/24 Тренажер для обучения электродуговой сварке/ Шурупов В.М., Козырев Н.А. -№ 2011104516/12 (006345), Заявл. 08.02.2011.

ВЛИЯНИЕ ЧАСТОТЫ И ИНДУКЦИИ ПРОДОЛЬНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ПОТЕРИ ЭЛЕКТРОДНОГО МЕТАЛЛА И ЕГО РАЗБРЫЗГИВАНИЕ ПРИ MAG-СВАРКЕ

Д.Г. Носов, к.т.н., В.В. Перемитько, д.т.н.
Днепродзержинский государственный технический университет, г. Днепродзержинск
51918, г. Днепродзержинск, Украина, ул. Днепростроевская, 2, тел. (+380569) 55-21-07
E-mail: ndweld@rambler.ru

Введение. Механизированный способ сварки в активном защитном газе проволокой сплошного сечения – MAG-сварка – несомненно, имеет ряд неоспоримых преимуществ перед ручным дуговым способом сварки. Однако наряду с достоинствами этот способ имеет и недостатки, снижающие эффективность его применения: невысокую производительность по сравнению с автоматическими

способами сварки; зависимость качества сварного соединения от квалификации сварщика; значительные потери металла на разбрызгивание, которые составляют до 10…20% массы сварочной проволоки.

Разбрызгивание сопровождается выбрасыванием из зоны дуги брызг жидкого металла различного размера, которые вступают в физико-химическое взаимодействие с поверхностными слоями свариваемого металла [1]. Защита поверхности металла от налипания брызг и/или ее зачистка приводит к необходимости выполнения дополнительных операций в объеме 20…40% от общей трудоемкости сварочных операций [2].

К основным причинам выброса капель металла из зоны сварки относятся: нестабильный характер переноса металла, когда сила, отрывающая каплю от электрода, направлена в сторону от ванны и капля выбрасывается за ее пределы; местные взрывные выделения газов в объеме металла сварной ванны, вызываемые металлургическими реакциями; разрушения мостика жидкого металла образующегося при переносе металла с короткими замыканиями в результате резкого увеличения плотности тока при сужении перемычки (пинч-эффект) [3].

Интенсивность разбрызгивания металла зависит от состава проволоки, компонентов защитной смеси и состояния поверхности кромок основного металла; величины и соотношения параметров режима сварки; характеристик источника питания (зависимость между динамическими характеристиками источника питания и потерями на разбрызгивание электродного металла) и др. [4,5].

Поэтому нами было сделано предположение о возможности управления процессом массопереноса электродного металла путем воздействия на дугу внешним магнитным полем. Однако точные данные о показателях разбрызгивания при MAG-сварке с использованием дополнительного воздействия на дугу внешним электромагнитным полем практически отсутствуют или носят противоречивый характер [4,6].

Постановка задачи. Объектом исследования является процесс электродуговой сварки плавящимся в среде активных защитных газов с дополнительным воздействием на дугу внешним электромагнитным полем.

Предметом исследования является влияние частоты и индукции продольного магнитного поля на процессы каплеобразования и массопереноса электродного металла при MAG-сварке.

Целью данной работы является исследование влияния индукции и частоты ПРМП на коэффициент потерь электродного металла на разбрызгивание ψ и распределение капель электродного металла по фракциям при MAG-сварке, а так же разработка технологических рекомендаций, которые позволят повысить технологическую и экономическую эффективность данного способа сварки.

Основными задачами исследования являются:

- определение диапазона частот и индукций ПРМП обеспечивающих снижение коэффициента ψ;
- определение характеристик их взаимного влияния на процесс массопереноса электродного металла;
- разработка математических моделей, связывающих частоту и индукцию ПРМП с коэффициентом расходов на разбрызгивание электродного металла.

Внедрение новых технологий в производственных условиях улучшит эффективность процесса MAG-сварки, приведет к снижению материало-, трудо- и энергоемкости.

Материалы и методы. При проведении экспериментов использовали модернизированную установку УД-209-УХЛ4, универсальный выпрямитель ВДУ-506; весы аналитические лабораторные. Валики наплавляли на листовую углеродистую сталь Ст3сп (ГОСТ 380), сварочной проволокой марки Св-08Г2С в среде двуокиси углерода высшего сорта (ГОСТ 8050). Для создания внешнего электромагнитного поля использовали специализированный мундштук сварочной головки со встроенным соленоидом, питание которого осуществляли от лабораторного устройства ЛАТР-1 и специализированного блока управления режимами БКРН-2 [7].

Распределение капель электродного металла по фракциям и оценку изменения их диаметров выполняли с помощью калибровочных ситечек (размер фракций: 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 3,5; 5 мм).

Компоненты индукции ПРМП B_Z, измеряли вблизи поверхности пластины при расстоянии от плоского торца электрода до пластины $5\cdot10^{-3}$м. Индукцию постоянного МП определяли тесламетром типа ЭМ-4305 с датчиком Холла и базой 1×1 мм, а переменного – тесламетром типа Ф-4356 с датчиком Холла и базой 4×4 мм.

Уровень разбрызгивания электродного металла оценивали коэффициентом, который численно равен процентному отношению масс проволоки, потраченной соответственно на разбрызгивание ($m_p = m_п - m_{шв}$) и на формирование 10^{-1} м валика ($m_n = \gamma_п \cdot l_п \cdot \pi \cdot d_п / 4$) где: $m_{шв}$ – масса шва, равная разности масс

образца до и после сварки, кг; γ_n – плотность материала проволоки, кг; l_n – длина проволоки, необходимая для формирования 10^{-1} м валика, м.

$$\psi = (m_р / m_п)\cdot 100\ \% \qquad (1)$$

Изменение параметров массопереноса электродного металла при сварке с дополнительным воздействием разночастотным внешним ПРМП исследовали по методике, основанной на наплавке на медный диск, который вращается с заданной угловой скоростью. В условиях проведения эксперимента угловая скорость составляла 0,185с$^{-1}$. Периодически на его верхнюю поверхность диаметром 0,5 м наносили слой противопригарной грунтовки. Для обеспечения одинакового времени горения дуги (15секунд), сварочный источник питания, генератор импульсов ПРМП и привод специализированной горелки включали с помощью устройства управления с электронным таймером. Обработку экспериментальных данных начинали с измерения расстояний между соседними каплями (ожогами) в том числе и для определения частоты переноса.

Результаты работы. При проведении исследований были назначены следующие режимы сварки: $I_{св}$= 220…250А; $U_д$=20…22В; $V_{п.п}$=0,085 м/с; ток постоянный обратной полярности. Толщина металла 10^{-2} м, диаметр электродной проволоки $2\cdot10^{-3}$ м.

При составлении матрицы эксперимента было принято два фактора, влияющие на результат – индукция ПРМП и его частота. Коэффициент потерь электродного металла, количество капель электродного металла были отзывами данной матрицы. Для определения математических моделей выбран ортогональный центральный композитный план второго порядка. Индукцию B_Z и частоту импульсов $f_{имп}$ меняли в пределах 0…80 мТл и 0…50 Гц соответственно (табл. 1).

Таблица 1

Матрица плана эксперимента и результаты исследований

Индукция МП B_Z, мТл	*Частота МП $f_{имп}$, Гц*	*Коэф. потерь, ψ, %*	*Кол-во капель, $n_{кп}$*	*Индукция МП B_Z, мТл*	*Частота МП $f_{имп}$, Гц*	*Коэф. потерь, ψ, %*	*Кол-во капель, $n_{кп}$*
+	+	15,3	212	+	0	14,9	200
-	+	12,6	172	-	0	10,9	162
+	-	14,2	189	0	+	11,2	168
-	-	14,0	78	0	-	10,6	168
0	0	10,1	181				

Обработку экспериментальных данных выполняли с помощью программного продукта StatSoft Statistica. Полученные зависимости между параметрами представлены в виде трехмерных графиков (рис.1 и 2).

Как показал анализ зависимости коэффициента потерь электродного металла от индукции и частоты ПРМП (рис. 1) большее влияние на ψ имеет величина индукции ПРМП, чем его частота. С увеличением индукции ПРМП от 0 до 18 мТл величина коэффициента потерь уменьшается в среднем на 25%; в абсолютных величинах (формула (1)) от 14 до 10%.

С увеличением частоты ПРМП от 0 до 36 Гц при значениях его индукции до 35 мТл также наблюдается уменьшение коэффициента потерь электродного металла. Дальнейшее увеличение частоты ПРМП имеет обратный эффект – коэффициент ψ увеличивался от минимума в 10% до 12,5%. То есть, дополнительное влияние на дугу внешним ПРМП имеет положительный характер, так как при сварке без применения ПРМП при равных режимных условиях коэффициент потерь равен 14,2% против 12,5%.

Влияние на сварочную дугу продольным магнитным полем индукцией более 40 мТл приводит к увеличению коэффициента потерь электродного металла. При значениях B_Z 40…70 мТл величина коэффициента ψ приближается к средним показателям для случая MAG-сварки без применения ПРМП. Дальнейшее увеличение B_Z вызывает резкое увеличение коэффициента потерь с 14 до 17,5%.

Таким образом, минимальные значения ψ принимает в условиях воздействия на дугу переменным ПРМП частотой 16…34 Гц индукцией 18…38 мТл.

Математически вышеизложенные зависимости можно выразить через следующее уравнение:

$$\Psi=13{,}414–0{,}1377\cdot B_Z–0{,}1043\cdot f_{имп}+0{,}0019\cdot B_Z^2+0{,}0006\cdot B_Z f_{имп}+0{,}0016\cdot f_{имп}^2 \qquad (4)$$

Экспериментальным путем установлено, что значительное влияние на количество капель электродного металла имеет как величина индукции ПРМП, так и его частота (рис. 2).

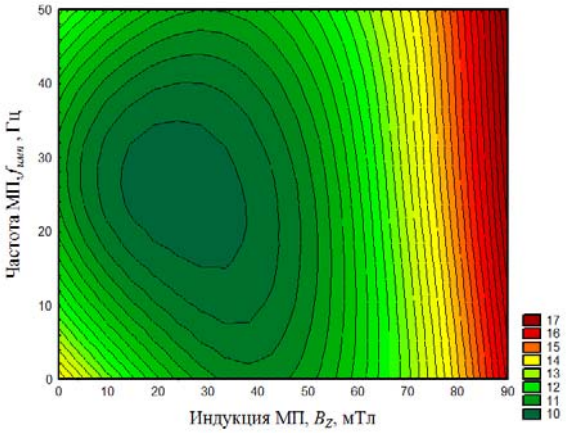


Рис. 1. График зависимости коэффициента потерь электродного металла ψ от индукции B_Z и частоты $f_{имп}$ ПРМП

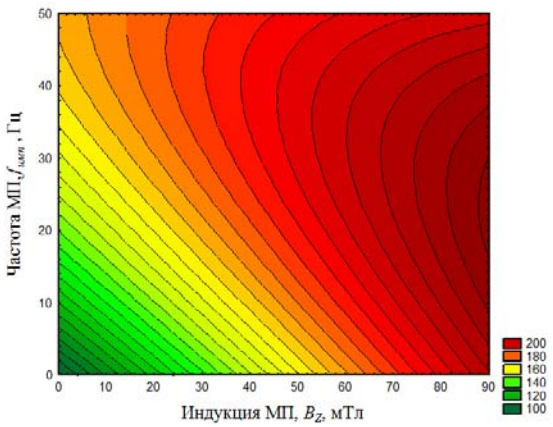


Рис. 2. График зависимости количества капель $n_{кп}$ электродного металла от индукции B_Z и частоты $f_{имп}$ ПРМП

С увеличением индукции ПРМП количество капель электродного металла увеличивается почти в два раза (от 100 до 200). При увеличении частоты ПРМП также наблюдается увеличение количества капель электродного металла. Однако, влияние частоты ПРМП на величину $n_{кп}$ менее значительно чем влияние индукции этого поля. Так, например, при показателях индукции ПРМП до 20 мТл прирост $n_{кп}$ составил 60%, при B_Z = 30…50 мТл прирост $n_{кп}$ составил 80%.

Максимальное количество капель образуется при следующих условиях: индукция ПРМП B_Z = 75…90 мТл, частота ПРМП $f_{имп}$ = 12…36 Гц. При этом массоперенос электродного металла приобретает струйный характер.

Математически данные зависимости можно выразить через уравнение:

$$n_{кп} = 94{,}5833 + 1{,}4063 \cdot B_Z + 2{,}81 \cdot f_{имп} + 0{,}0022 \cdot B_Z^2 - 0{,}0178 \cdot B_Z \cdot f_{имп} - 0{,}0264 \cdot f_{имп}^{\ 2} \quad (5)$$

В процессе MAG-сварки с точки зрения массопереноса электродного металла важно не только количество, но и размер образующихся капель. Известно, что с уменьшением величины капель увеличивается стабильность процесса электродуговой сварки и уменьшаются потери электродного металла на разбрызгивание.

С целью установления оптимального диапазона режимов ПРМП (частоты и индукции) при которых образуется минимальное количество крупных (>2d$_э$) капель при увеличении их общего количества была проведена серия экспериментов, результаты которых приведены в табл. 2 и 3.

Таблица 2

Зависимость распределения капель электродного металла по количеству и фракциям от частоты ПРМП

Частота, Гц	Размер фракций, мм						
	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	5	Σ
0	7	4	5	24	31	7	78
10	37	26	19	18	21	5	126
20	56	37	26	17	19	3	158
30	61	42	29	17	17	0	166
40	63	45	31	14	16	0	169
50	67	54	28	13	10	0	172

Таблица 3

Зависимость распределения капель электродного металла по количеству и фракциям от индукции ПРМП

Индукция, мТл	Размер фракций, мм						
	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	5	Σ
0	7	4	5	24	31	7	78
20	30	26	24	18	28	6	132
40	44	39	37	17	26	5	168
60	64	51	46	12	4	2	179
80	71	55	52	8	3	0	189

Построены гистограммы распределения капель электродного металла при MAG-сварке с дополнительным воздействием ПРМП (рис. 3).

На рис. 3,а приведена зависимость количества электродного металла от частоты ПРМП, где столбцам 1-6 соответствуют значения частот ПРМП от 0 до 50 Гц с шагом 10. Как видно при увели-

чении частоты ПРМП от 0 до 10 Гц количество капель увеличивается почти в два раза. Причем значительно увеличивается количество капель малой фракции – 1,5 и 2,0 мм в 5 раз; 2,5 мм – в 4 раза. А количество капель большей фракции уменьшается: 3,0 и 3,5 мм на 30%.

При увеличении частоты ПРМП от 10 до 20 Гц количество капель также увеличивается и достигает 158 единиц, то есть в 2,15 раза. Причем, как и в предыдущем случае, значительно увеличивается количество капель малой фракции – 1,5 мм в 8 раз; 2,0 мм в 9,2 раза; 2,5 мм в 5 раз. Количество капель большей фракции также уменьшается в среднем на 30%.

При дальнейшем увеличении частоты ПРМП (от 30 до 50 Гц) наблюдали стабильные высокие показатели образования капель малой фракции, уменьшение количества капель фракции 3,5 мм в три раза и отсутствие капель диаметром от 5 мм.

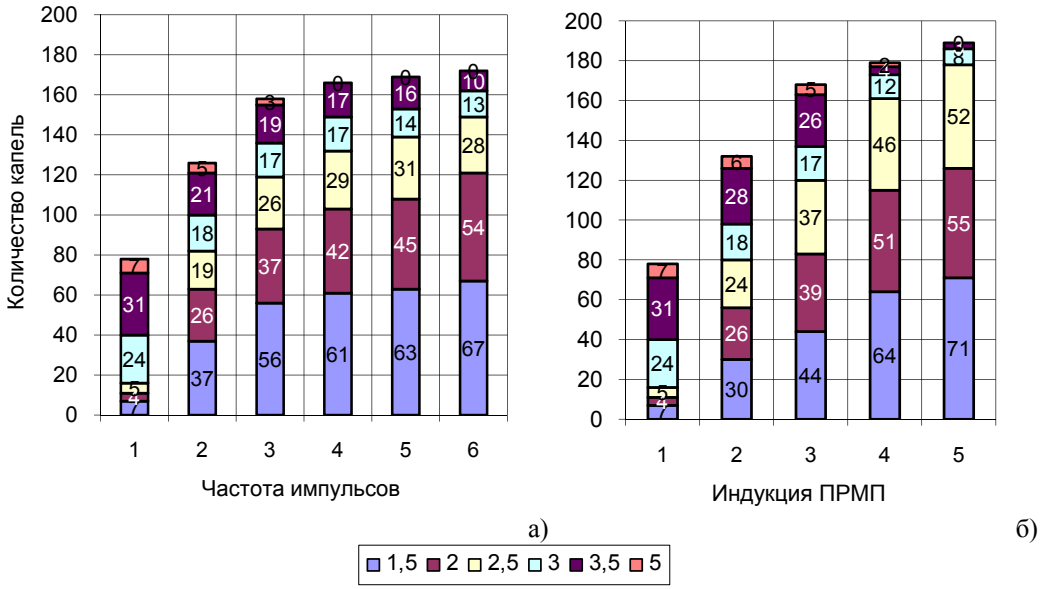


Рис. 3. Распределение капель электродного металла при MAG-сварке
с дополнительным воздействием ПРМП (объяснение в тексте)

На рис. 3,б приведена зависимость количества электродного металла от индукции ПРМП, где столбцам 1-5 соответствуют значения индукций ПРМП от 0 до 80 мТл с шагом 20. Как видно при увеличении индукции ПРМП от 0 до 20 мТл количество капель увеличивается в 1,7 раза. Причем значительно увеличивается количество капель малой фракции – 1,5 в 4,3 раза; 2,0 мм в 6,5 раза; 2,5 мм в 5 раз. А количество капель фракции 3,0; 3,5 и 5,0 мм уменьшается в среднем на 12…16%.

При значениях индукции ПРМП 40 мТл количество капель также увеличивается в 2,15 раза и достигает 168 единиц. Причем, как и в предыдущем случае, значительно увеличивается количество капель малой фракции – 1,5 мм в 6,3 раза; 2,0 мм в 10 раз; 2,5 мм в 7,4 раза. Количество капель большей фракции также уменьшается в среднем на 15%.

При дальнейшем увеличении индукции ПРМП (от 40 до 60 Гц) наблюдали стабильно высокие показатели образования капель малой фракции и уменьшение количества капель фракции 3,0 мм в два раза. Капли диаметром более 5 мм отсутствуют при воздействии на дугу магнитным полем индукцией от 60 мТл.

В ходе анализа влияния частоты и индукции ПРМП установлено, что большее влияние на измельчение капель электродного металла оказывает частота электромагнитного импульса, чем его (магнитного поля) амплитудные значения.

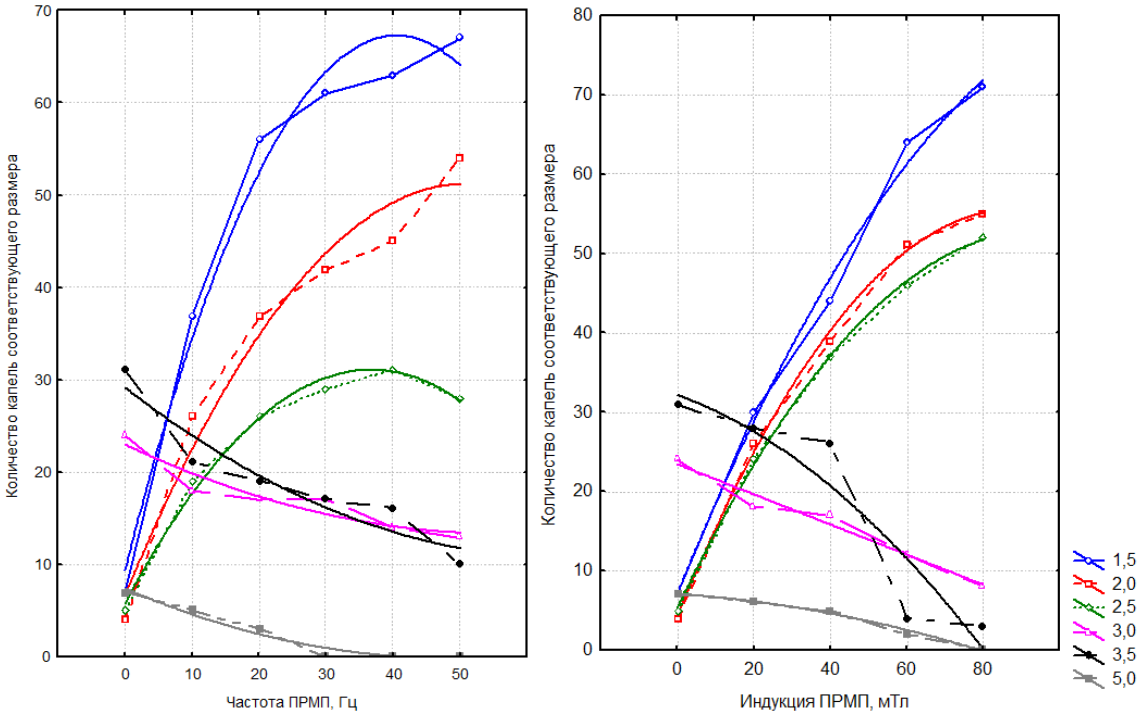


Рис. 4. Количество капель электродного металла при MAG-сварке с воздействием ПРМП

Построены графики зависимости количества капель электродного металла при MAG-сварке с дополнительным воздействием ПРМП (рис. 4) и получены математические зависимости (табл. 4) позволяющие определить количество образующихся капель ($n_{фр}$) по отдельным фракциям (индекс *фр* указывает на размер капель), где $f_{имп}$ – частота электромагнитного импульса, Гц; B_Z – индукция ПРМП, мТл.

Таблица 4

Зависимость количества капель электродного металла по фракциям от частоты ПРМП	Зависимость количества капель электродного металла по фракциям от индукции ПРМП
$n_{1,5} = -22,8+35,7\cdot f_{имп} - 3,54\cdot f_{имп}^2$	$n_{1,5} = -18,4+1,37\cdot B_Z - 0,0045\cdot B_Z^2$
$n_{2,0} = -12,7+2,1\cdot f_{имп} - 0,017\cdot f_{имп}^2$	$n_{2,0} = -21,6+1,43\cdot B_Z - 0,006\cdot B_Z^2$
$n_{2,5} = -9,9+1,75\cdot f_{имп} - 0,02\cdot f_{имп}^2$	$n_{2,5} = -17+1,23\cdot B_Z - 0,005\cdot B_Z^2$
$n_{3,0} = 26,7 - 0,4\cdot f_{имп} + 0,003\cdot f_{имп}^2$	$n_{3,0} = 27,2 - 0,19\cdot B_Z$
$n_{3,5} = 35,2 - 0,65\cdot f_{имп} + 0,004\cdot f_{имп}^2$	$n_{3,5} = 34,4 - 0,06\cdot B_Z - 0,003\cdot B_Z^2$
$n_{5,0} = 10,8 - 0,37\cdot f_{имп} + 0,003\cdot f_{имп}^2$	$n_{5,0} = 7,4 - 0,004\cdot B_Z - 0,0007\cdot B_Z^2$

Таким образом, установлено, что:

- коэффициент потерь электродного металла минимален при условии воздействия на дугу переменным ПРМП частотой 16…34 Гц индукцией 18…38 мТл;
- максимальное количество капель образуется при воздействии на дугу переменным ПРМП частотой 12…36 Гц индукцией 70…90 мТл, при этом наблюдается переход к струйному переносу электродного металла, а общее количество капель увеличивается в два раза по сравнению с процессом сварки без применения ПРМП;
- большее влияние на измельчение капель электродного металла оказывает частота электромагнитного импульса, чем его (магнитного поля) амплитудные значения.

Однако следует отметить, что дополнительное воздействие на дугу внешней ПРМП величиной B_Z = 70…90 мТл носит негативный характер, так как значительно увеличивается коэффициент потерь электродного металла. Оптимизацию режимов ПРМП по показателям наименьших значений коэффициента потерь и наибольшего количества капель электродного металла выполнили графическим способом. Результаты оптимизации приведены на рис. 5.

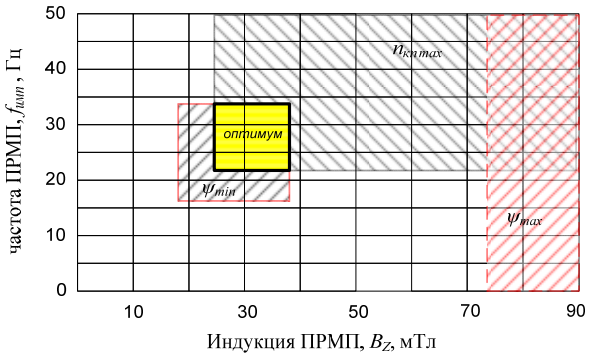


Рис. 5. Карта оптимизации частоты и индукции ПРМП по коэффициенту потерь ψ и количеству капель $n_{кп}$ электродного металла

Как видно из рисунка 3 достичь при MAG-сварке струйного переноса электродного металла с его минимальными потерями можно воздействуя на дугу продольным магнитным полем индукцией 26…38 мТл частотой 22…34 Гц. Применять ПРМП индукцией более 75 мТл не рекомендуется вследствие значительных потерь электродного металла.

Таким образом, предложенные модели могут быть использованы для определения режимов ПРМП при электродуговой MAG-сварке стальной проволокой сплошного сечения диаметром до $2{\cdot}10^{-3}$ м с целью минимизации потерь сварочных материалов.

Выводы

Установлено, что повысить эффективность процесса MAG-сварки можно путем достижения струйного переноса электродного металла при минимизации его потерь на разбрызгивание с помощью дополнительного влияния на дугу продольным магнитным полем. Получены математические зависимости позволяющие определить количество капель, образующихся по отдельным фракциям, и построена карта оптимизации режимов ПРМП. Разработаны рекомендации позволяющие достичь наилучших результатов экономии сварочных материалов при MAG-сварке низкоуглеродистых низколегированных сталей с применением внешнего ПРМП, а именно:

- диаметр электродной проволоки 1,2…2,0 мм;
- сила тока $I_{св}$ = 240…280 А;
- напряжение дуги $U_д$ = 20…24 В;
- скорость подачи проволоки $V_{п.п.}$ = 0,065…0,085 м / с;
- ток постоянный обратной полярности;
- индукция ПРМП B_Z, 26…38 мТл;
- частот импульсов $f_{имп}$ 22…34 Гц.

Воздействовать на дугу продольным магнитным полем индукцией более 75 мТл не рекомендуется вследствие значительных потерь электродного металла при разбрызгивании.

Литература.

1. Потапьевский А.Г. Разбрызгивание при сварке СО2 проволокой Св-08Г2С/А.Г. Потапьевский, В.Я.Лаврищев //Автоматическая сварка. – 1972. – № 8. – С. 39–42.
2. Chinakhov D.A. Calculation of Gas-dynamic Impact of the Active Shielding Gas on the Electrode Metal Drop in Gas Jet Shielded Welding. Applied Mechanics and Materials. Vol. 379 (2013). Pp. 188-194.
3. Chinakhov D.A., Zuev A.V., Filimonenko A.G. Gas-dynamic Impact of a Shielding Gas Jet on the Drop Transfer When Welding with a Consumable Electrode. Advanced Materials Research Vol. 1040 (2014) pp. 850-853.
4. Размышляев А.Д. Магнитное управление формированием валиков и швов при дуговой наплавке и сварке / А.Д. Размышляев, М.В. Миронова. – Мариуполь : Изд-во ПГТУ, 2009. – 242 с.
5. 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.
6. Пацкевич И.Р. Влияние продольного магнитного поля на плавление и перенос электродного металла / И.Р. Пацкевич, А.В.Зернов, В.С.Серафимов // Сварочное производство. – 1973. – № 7. – С. 8–10.
7. Носов Д.Г. Источник питания электромагнитной системы для дуговой наплавки[1] с применением внешних управляющих магнитных полей / Д.Г.Носов // Сварщик. –2010. –№ 4. – С.18–19.

НОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИХ ДОБАВОК ДЛЯ СВАРОЧНЫХ ФЛЮСОВ [1]

Н.А. Козырев, д.т.н., проф., Р.Е. Крюков, асп., О.А. Козырева, к.п.н., доцент
ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет»,
Научно-производственный центр «Сварочные процессы и технологии»
654007, г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42
E-mail: kozyrev_na@mtsp.sibsiu.ru

Введение. В настоящее время возросло внимание к вопросу разработки новых флюсов и добавок к ним, исследование их влияния на сварочно-технологические свойства сварного шва, а также на содержание кислорода и неметаллических включений в сварном шве [1-5].

Сварка под флюсом сопровождается интенсивными процессами массообмена между жидким расплавленным металлом и шлаком, сформированным из сварочного флюса. Процесс сопровождается реакциями восстановления и окисления марганца, железа и кремния, т.е. обменными процессами с участием кислорода. Большинство марок отечественных флюсов, применяемых для сварки низколегированных сталей, являются окислительными и построены на принципах кремне – марганцево окислительно - восстановительных процессов. При этом продуктами данных реакций являются оксидные соединения кремния, марганца, железа, алюминия и др., которые в процессе сварки чаще всего не успевают всплыть и ассимилироваться образующимся из сварочных флюсов шлаком, что приводит к увеличению уровня загрязненности металла сварного шва неметаллическими включениями, в результате чего значительно снижается комплекс физико-механических свойств. Для исключения загрязнения металла шва, по-видимому, целесообразно использование восстановителей, образующих газообразные продукты реакции. Таким восстановителем может быть углерод, образующий при взаимодействии с окислителями газообразные соединения CO_2 и CO.

Материалы и методы исследования. Обычно защита может осуществляется оттеснением атмосферных газов из области сварного шва образующимися газами CO_2 (CO), что позволяет снизить (или исключить) вероятность насыщения расплавленного металла кислородом, азотом и водородом атмосферы. Обычно для этого используют газообразующие соединения карбонатов типа $CaCO_3$, $MgCO_3$, $FeCO_3$, $MnCO_3$ и их производные. При этом газовая защита осуществляется за счет CO_2 вследствие высокотемпературного разложения карбонатов по реакциям при температурах [6]:

$$CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2 \text{ (900-1200 ºC)}, \quad (1)$$

$$MgCO_3 \rightarrow MgO + CO_2 \text{ (>650 ºC)}, \quad (2)$$

$$FeCO_3 \rightarrow FeO + CO_2 \text{ (280-490 ºC)}, \quad (3)$$

$$MnCO_3 \rightarrow MnO + CO_2 \text{ (330-500 ºC)} \quad (4)$$

Стехиометрические расчеты показывают, что при разложении 1 кг $CaCO_3$ образуется 0,224 м^3 CO_2 , 1 кг $MgCO_3$ - 0,267 м^3, 1 кг $FeCO_3$ - 0,192 м^3, 1 кг $MnCO_3$ - 0,194 м^3.

При этом выделение объемов CO_2будет осуществляться при высоком давлении отходящих газов.

Исходя из уравнения Менделеева – Клапейрона при 1600 ºC (1873К)
давление CO_2 составит

$$p = \frac{m}{M} \cdot \frac{RT}{V} \quad (5)$$

Тогда согласно уравнению (5) для $CaCO_3$ давление CO_2 составит 694,84 кПа, для $MgCO_3$ - 688,93 кПа, для $FeCO_3$ - 698,26 кПа, для $MnCO_3$ - 696,54 кПа.

Без учета затрат разложения карбонатов, наиболее оптимальным является использование $MgCO_3$ и $CaCO_3$ как компонентов позволяющих получать наибольшее количество CO_2 при разложении 1 кг материала, затем следуют $MnCO_3$ и $FeCO_3$.

Кроме того, при разложении $CaCO_3$ и $MgCO_3$ образуются основные оксиды CaO и MgO, участвующие в повышении основности сварочного флюса и соответственно образующегося шлака, а при разложении $MnCO_3$ и $FeCO_3$ образуются оксиды FeO и MnO, участвующие в повышении окисленности шлаковых систем и соответственно увеличивающие концентрацию кислорода в сварном шве со всеми отрицательными последствиями - повышение уровня загрязненности сварного шва оксидными неметаллическими включениями и снижение комплекса механических свойств .

Используя вышеперечисленные предпосылки, нами разработана, защищенная патентом РФ флюс – добавка АНК, успешно внедренная в производство в условиях ОАО «НЗРМК им. Н.Е. Крюкова»[7]. Для изготовления использовали ферросилиций марки ФС75 ГОСТ 1415-78, мрамор марки М92- М97 ГОСТ 4416-73 (92-97% $CaCO_3$) и жидкое стекло по ГОСТ 13078-81. Технология произ-

водства включает в себя. Размол мрамора и ферросилиция проводится до фракции менее 1 мм. Смешение молотого мрамора и ферросилиция проводится в процентном соотношении 50-50% по массе. Сушку проводится при температуре 100-200 ^{0}С в течение 10-20 мин, после чего осуществляется размол и рассев на фракции до 2,5 мм. Введение добавки во флюсы осуществлялось в количестве 3-5%. Перед использование флюса с добавкой рекомендуется прокалить флюс в печи при температуре в течение 250-350 ^{0}С в течение 40-60 мин.

Данная добавка используется в технологии сварки резервуаров методом рулонирования. В технологии процесс сборки, сварки, контроля и сворачивания в рулоны полотнищ стенок резервуаров производится на специальных установках для рулонирования с верхним и нижним сворачиванием. В процессе применяется двусторонняя сварка стыковых швов полотнищ стенок автоматическим способом под флюсом сначала на верхнем ярусе, затем, после протягивания полотнища с помощью барабана, на нижнем ярусе. Добавка позволила исключить порообразование и повысить качество сварных швов.

Однако, образование защитных газов CO и CO_2 возможно и с использованием углерода введенного в состав флюсов по реакциям:

$$(C) + [O_2] = \{CO_2\}\ , \quad (6)$$

$$(C) + ½[O_2] = \{CO\} \quad (7)$$

При этом на 1 кг углерода выделится 1,863 м^3 CO_2 и 1,864 м^3 CO (при нормальных условиях), а расчетное давление газов при 1600 ºС составит для CO_2 - 311,66 кПа, для CO - 694,84 кПа.

Вторым немаловажным вопросом является вопрос удаления водорода из металла сварного шва. Обычно процесс удаления осуществляется введением фторсодержащих добавок (обычно флюорита или криолита) позволяющих в результате соединения водорода со фтором проводить удаление водорода в виде соединения HF.

В качестве вероятных реакции удаления могут рассматриваться превращения:

$$1/2\ (CaF_2)+ [H]+ 1/2\ [O] = (CaO) + HF_г\ , \quad (8)$$

$$1/6(Na_3AlF_6)+ [H]+ 1/2\ [O] = 1/6NaAlO_{2\ тв} + HF_г + (Na_2O)\ , \quad (9)$$

А также реакции:

$$2(CaF_2) + 3(SiO_2) = 2CaSiO_{3\ тв} + SiF_{4г}\ , \quad (10)$$

$$2/3(Na_3AlF_6) + 5/3(SiO_2) = SiF_{4г} + 2/3NaAlO_{2\ тв} + 2/3\ (Na_2SiO_3), \quad (11)$$

с последующими реакциями удаления водорода с участием SiF_4:

$$1/2\ SiF_{4г} + [H] = 1/2SiF_{2\ г} + HF_г \quad (12)$$

$$1/4\ SiF_{4г} + [H]+ 1/2\ [O] = 1/4\ (SiO_2) + HF_г \quad (13)$$

$$1/3\ SiF_{4г} + [H] = 1/3SiF_г + HF_г \quad (14)$$

$$1/2\ SiF_{4г} + [H] = 1/2\ SiF_2г + HF_г \quad (15)$$

Необходимые для оценки вероятности протекания реакций термодинамические характеристики в стандартных условиях [$\Delta_rH°(T)$, $\Delta_rS°(T)$, $\Delta_rG°(T)$] рассчитывали известными методами [8] в интервале температуры сварочных процессов 1700 – 2200 К [9] по термодинамическим свойствам реагентов [[H°(T)- H°(298,15 K)], S°(T), $\Delta_fH°(298,15\ K)$] [10,11]. При этом, в качестве стандартных для веществ – реагентов в интервале 1700 – 2200 К были выбраны состояния: $Na_3AlF_{6ж}$, $SiO_{2ж}$, $SiF_{4г}$, $NaAlO_{2\ тв}$,$Na_2SiO_{3ж}$, $CaF_{2ж,}$ $CaSiO_{3\ тв}$, $H_{2г}$, $SiF_{2г}$, $HF_г$, $O_{2г}$, $SiF_г$, $H_г$ в соответствии с реальным агрегатным состоянием фаз в изучаемой системе.

Результаты расчетов приведены в таблице. Графики стандартных энергий Гиббса реакций (8)-(11) в зависимости от температуры приведены на рисунке 1, реакций (12)-(15) на рисунке 2.

Таблица

Стандартная энергия Гиббса реакций (8) – (15) в зависимости от температуры

Реакция	$\Delta_rG°(T)$, кДж					
	1700К	1800К	1900К	2000К	2100К	2200К
8	-16,22	-18,61	-20,93	-23,17	-25,36	-27,47
9	-32,32	-33,82	-35,20	-36,46	-37,62	-38,68
10	41,80	35,98	30,62	25,71	21,22	17,18
11	82,41	76,11	70,40	65,22	60,56	56,38
12	86,62	78,13	69,68	61,27	52,90	44,57
13	-90,16	-89,83	-89,51	-89,21	-88,91	-88,63
14	113,04	104,93	96,86	88,82	80,80	72,82
15	-38,07	-40,60	-43,08	-45,49	-47,84	-50,14

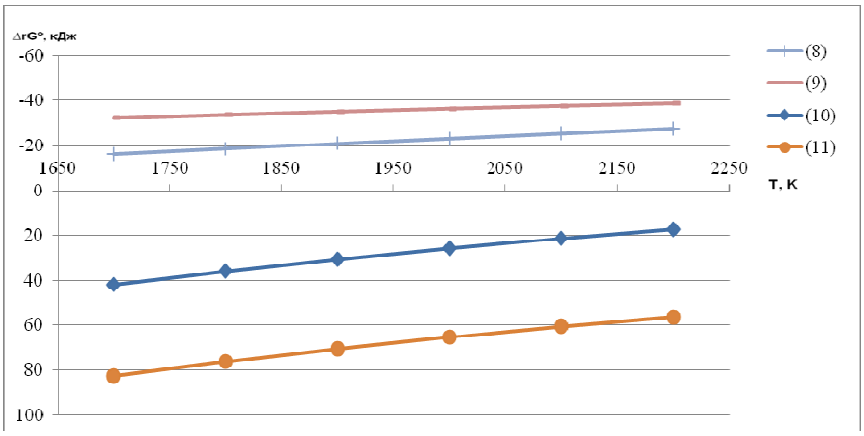


Рис. 1. Стандартные энергии Гиббса реакций (8)-(11)

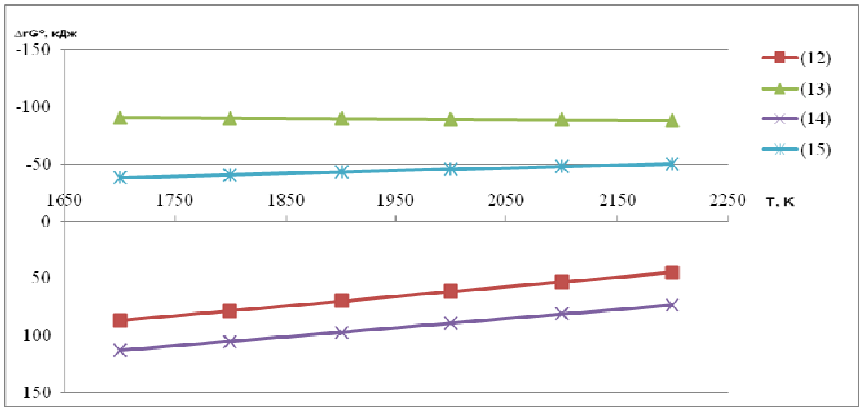


Рис. 2. Стандартные энергии Гиббса реакций (12)-(15)

Из рисунка 1 следует, что наиболее термодинамически вероятной является реакция (9) (удаление водорода с участием криолита), затем реакция (8) (удаление водорода с участием флюорита), затем следуют реакции (10, 11) с образованием тетрафторида кремния как промежуточного продукта для последующих реакций (12)-(15) в которых происходит образование газообразного соединения HF. При этом наиболее термодинамически вероятной из них является реакция (13) (взаимодействия SiF_4 с водородом и кислородом). Затем стехиометрические реакции (15), (12), (14).

Таким образом, использование соединения Na_3AlF_6 наиболее целесообразно в сравнении с флюоритом для удаления водорода при сварке под флюсом.

Исходя из данных предпосылок, нами разработана технология сварки под флюсом с использованием углеродсодержащих добавок. За основу углеродфторсодержащей добавки были взяты отходы металлургического производства в виде пыли с химическим составом масс. %: Al_2O_3 = 21-46,23; F = 18-27; Na_2O = 8-15; K_2O =0,4 – 6; CaO= 0,7- 2,3; SiO_2 = 0,5-2,48; Fe_2O_3 = 2,1-3,27; $C_{общ}$ = 12,5-30,2; MnO=0,07-0,9; MgO = 0,06-0,9; S= 0,09-0,19; P=0,1-0,18.

Минералогический состав пыли определен на основе данных рентгеноструктурного анализа, проведенного на дифрактометре ДРОН-2 в режиме: Fe-Kα излучение, напряжение 26кВ, ток 30 мА.

Исследования пыли электрофильтров показало, что материал состоит из двухмерноупорядоченного углерода (d_{002}=3,47Å, L_c=45,8Å), рентгеноаморфного вещества, криолита, корунда, хиолита и различных примесей. При 700°С анализ дифрактограмм обожженного продукта свидетельствует об отсутствии отражений минерала графита, что связано с практически полным выгоранием в данном температурном интервале углеродистой массы, а также о значительном сглаживании кривой на дифрактограмме и уменьшению рентгеноаморфного вещества, что возможно связано с тем, что рентгеноаморфное вещество возможно состоит в основном из соединений углерода. При температуре 700°С зафиксировано изменение интенсивности отражений минерализирующих компонентов в виде криолита, корунда, рентгеноаморфного вещества, флюорита, гематита и различных примесей

Теоретически данная добавка должна позволять: 1) проводить удаление водорода за счет фторсодержащих соединений (типа Na_3AlF_6,), разлагающихся при температурах сварочных процессов с выделением фтора, который в свою очередь взаимодействует с водородом, растворенным в стали, с образованием газообразного соединения HF; 2) осуществлять интенсивный углеродный «кип» за счет CO и CO_2 образующихся при взаимодействии фтористого углерода CF_x ($1 \geq x > 0$) с растворенным в стали кислородом, при этом в связи с тем, что углерод находится в связанном состоянии, науглероживание стали практически не должно происходить; 3) повышать устойчивость дуги за счет элементов, облегчающих ионизацию в столбе дуги - калия и натрия.

Добавку к флюсу готовили смешением углеродфторсодержащего компонента с жидким стеклом, после чего осуществляли сушку, охлаждение и дробление. Затем добавку перемешивали с флюсом в специальном смесителе в определенном, строго заданном соотношении. Для исследования были взяты флюсы марок АН-348А, АН-60,АН-67 как базовые варианты и их смеси с добавлением флюса-добавки.

Эксперименты проводились на образцах из стали 09Г2С толщиной 16 мм размером 200×500 мм. Сварка стыковых швов без разделки кромок проводилась с двух сторон, как при сварке полотнищ стенок резервуаров на стенде для рулонирования. В качестве присадочного металла использовалась проволока Св-08ГА диаметром 5 мм.

Сварку образцов под флюсами проводили на одинаковых режимах. Из сваренных пластин были вырезаны образцы и выполнены следующие исследования: рентгеноспектральный анализ состава металла швов, металлографические исследования сварных швов, определение содержания общего кислорода в швах, механических свойств, твердости сварных соединений и ударной вязкости швов при температурах 20^0C и минус 40^0C. Определение химического состава металла сварных швов на содержание углерода, серы и фосфора проводили химическими методами по ГОСТ 12344-2003, ГОСТ 12345-2001, ГОСТ 12347-77 соответственно. Содержание легирующих элементов в металле шва, оксидов кальция, кремния, магния, алюминия, марганца, железа, калия, натрия и фтористых соединений во флюсах с добавками и в полученных после сварки шлаках определяли на рентгенофлюорисцентном спектрометре XRF -1800 фирмы SHIMADZU.

Опыты показали, что при использовании углеродфторсодержащей добавки в количестве до 6 % обеспечивается концентрация углерода в шве, соответствующая концентрации углерода в исходном металле (рисунок 3), при этом снижается концентрация кислорода, водорода и азота (рисунки 4,5,6).

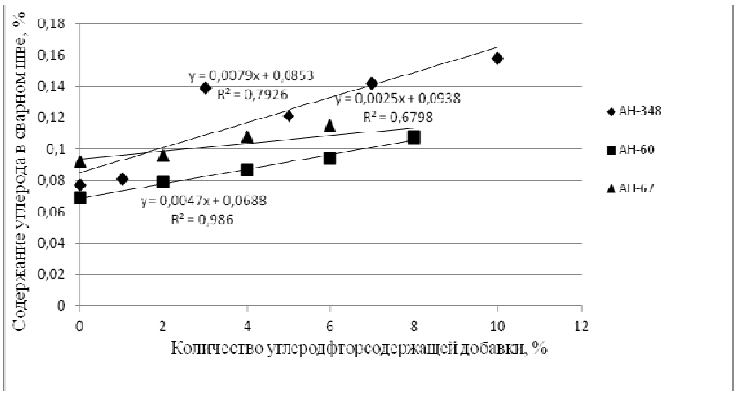


Рис. 3. Влияние углеродфторсодержащей добавки на содержание углерода в сварном шве

Металлографические исследования полированных микрошлифов сварных соединений проводились с помощью оптического микроскопа OLYMPUS GX-51 в светлом поле при увеличениях ×100, ×500. Микроструктура металла выявлялась травлением в растворе 4 % HNO_3 в этиловом спирте. Структура основного металла всех проб состоит из зерен феррита и пластинчатого перлита (4-5 мкм). В переходной зоне от основного металла к наплавленному наблюдается мелкозернистая структура (1-2 мкм), образовавшаяся в результате рекристаллизации при нагреве в процессе сварки. В микроструктуре сварного шва присутствуют ферритные зерна, вытянутые в направлении отвода тепла вследствие нагрева и ускоренного охлаждения. Заметного отличия структуры швов, выполненных под разными флюсами, не обнаружено. В образцах, сваренных под флюсами с углеродфторсодержащими добавками, наблюдалось снижение уровня загрязненности неметаллическими включениями, связанное с уменьшением общего содержания кислорода.

Изучение механических свойств (предела текучести, прочности, относительного удлинения и ударной вязкости при отрицательных температурах) на образцах, вырезанных по ГОСТ 6996-66, показало, что уровень свойств значительно превышает требуемые значения ГОСТ 31385-2008 и возрастает с увеличением углеродфторсодержащей добавки. Особо следует отметить увеличение значений ударной вязкости KCV и KCU при температурах минус 20°С и минус 40°С соответственно (рисунки 7,8). Разработанные флюс-добавки защищены патентами РФ [12,13].

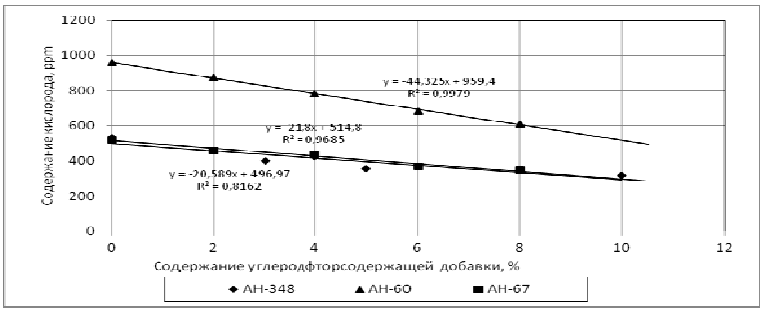


Рис. 4. Изменение кислорода в зависимости от количества углеродфторсодержащей добавки

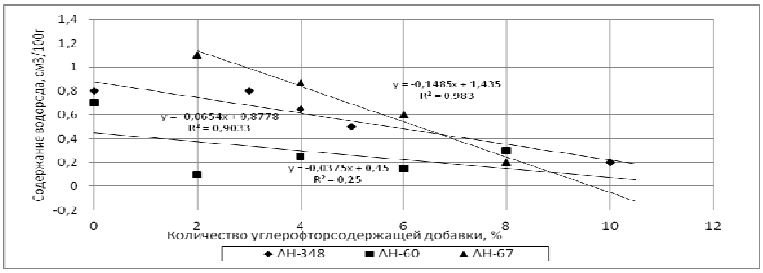


Рис. 5. Изменение водорода в зависимости от количества углеродфторсодержащей добавки

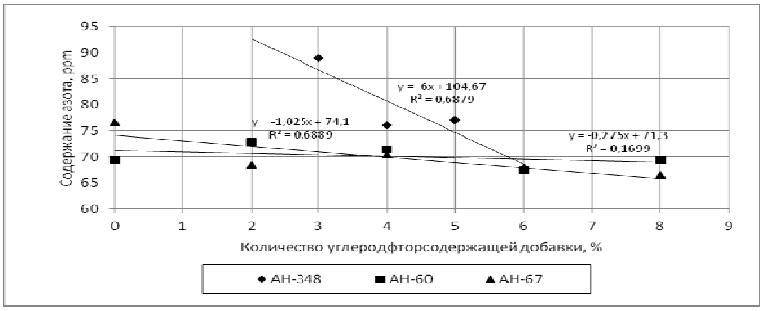


Рис. 6. Изменение азота в зависимости от количества углеродфторсодержащей добавки

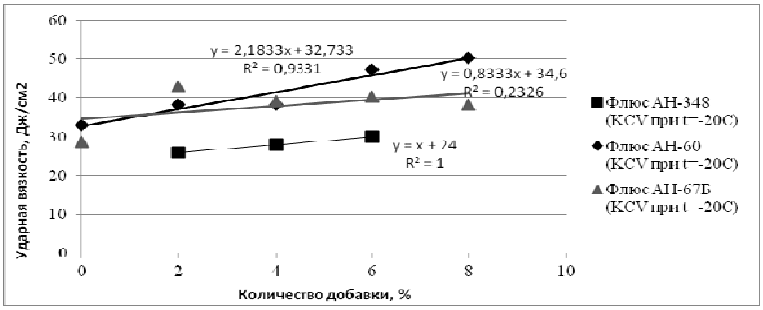


Рис. 7. Изменение ударной вязкости KCV при температуре минус 20°С от количества углеродфторсодержащей добавки

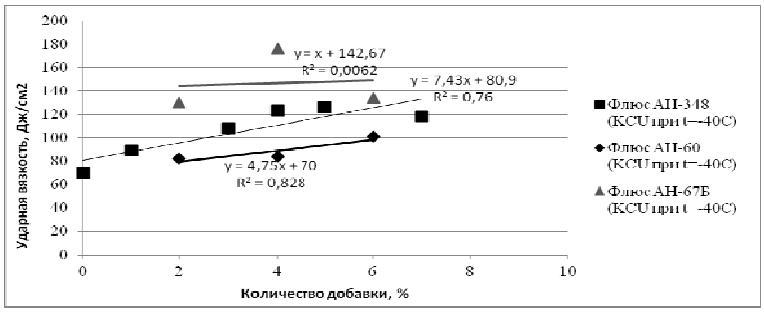


Рис. 8. Изменение ударной вязкости KCU при температуре минус 40°С от количества углеродфторсодержащей добавки

Выводы 1. Проведенные расчеты и эксперименты показали возможность и перспективность использования углеродсодержащих добавок для сварочных флюсов с целью повышения сварочно-технологических свойств сварных металлоконструкций.

2. Проведена термодинамическая оценка вероятности протекания процессов удаления водорода из сварного шва при сварке под фторсодержащим флюсом в интервале температур 1700 – 2200 К. При этом, в качестве стандартных состояний для веществ – реагентов были выбраны: $Na_3AlF_{6ж}$, $SiO_{2ж}$, $SiF_{4г}$, $NaAlO_{2тв}$, $Na_2SiO_{3ж}$, $CaF_{2ж}$, $CaSiO_{3\ тв}$, $H_{2г}$, $SiF_{2г}$, $HF_г$, $O_{2г}$, $SiF_г$, $H_г$. В результате расчетов стандартной энергии Гиббса реакций определено, что наиболее термодинамически вероятной является реакция прямого образования газообразного фтороводорода с использованием криолита, затем реакция с использованием флюорита, далее следует группа реакций с образованием тетрафторида кремния как промежуточного продукта с последующим образованием HF. В этой группе наиболее термодинамически вероятной является реакция SiF_4 с водородом и кислородом. Расчеты показали целесообразность использования соединения Na_3AlF_6 в сравнении с флюоритом для удаления водорода при сварке под флюсом

3. При введении разработанной углеродфторсодержащей добавки во флюсы АН-348А, АН-60 и АН-67 снижается газонасыщенность сварного шва, уменьшается загрязненность оксидными неметаллическими включениями, увеличивается комплекс требуемых механических свойств и ударной вязкости (особенно при отрицательных температурах).

Литература.

1. Study of the relationship between the composition of a fused flux and its structure and properties/ Amado Cruz Crespoa, Rafael Quintana Puchola, Lorenzo Perdomo Gonzáleza, Carlos R. Gómez Péreza, Gilma Castellanosa, Eduardo Díaz Cedréa & Tamara Ortíza / Welding International. – 2009.- Volume 23. - №2. - p. 120-131
2. Using a new general-purpose ceramic flux SFM-101 in welding of beams/ Yu. S. Volobueva, O. S. Volobueva, A. G. Parkhomenkob, E. I. Dobrozhelac & O. S. Klimenchukd//Welding International.– 2012.- Volume 26. - №8. - p. 649-653
3. Special features of agglomerated (ceramic) fluxes in welding/V. V. Golovko & N. N. Potapov//Welding International.– 2011.- Volume 25. - №11. - p. 889-893.
4. The influence of the air occluded in the deposition layer of flux during automatic welding: a technological aspect to consider in the quality of the bead/Rafael Quintana Puchola, Jeily Rodríguez Blancoa, Lorenzo Perdomo Gonzaleza, Gilma Castellanos Hernándeza & Carlos Rene Gómez Péreza//Welding International.– 2009.- Volume 23. - №2. - p. 132-140.
5. Obtaining a submerged arc welding flux of the MnO–SiO2–CaO–Al2O3 – CaF2 system by fusion/A.C. Crespoa, R.Q. Puchola, L.P. Goncaleza, L.G. Sanchezb, C.R. Gomez Pereza, E.D. Cedrea, T.O. Mendeza & J.A. Pozola//Welding International.– 2007.- Volume 21. - №7. - p. 502-511.
6. Реакция неорганических веществ / Р.А. Лидин, В.А. Молочко, Л.Л. Андреева – М.: Дрофа, 2007. – 637с.
7. Manufacture of vertical bulc –oil storage tanks for northern climates using special welding materials/ Kryukov N.E., Koval'skii I.N., Kozyrev N.A., Igushev V.F., Kryukov R.E.// Steel in Translation. -2012. - Т. 42. -№ 2.-Р. 118-120.
8. Термодинамические свойства индивидуальных веществ : Справ. Т.1. Кн. 1 / Под ред. В.П. Глушко, Л.В. Гурвича и др. М. : Наука, 1978. С. 22.

9. Сварочные материалы для дуговой сварки: Справочное пособие в 2т. Т.1. Защитные газы и сварочные флюсы: Конищев Б.П., Курланов С.А., Потапов Н.Н. и др. / Под общ. ред. Потапова Н.Н.- М : Машиностроение, 1989 – С. 104.
10. John L. Haas, Jr., Gilpin R. Robinson, Jr., and Bruse S. Hemingway // J. Phys. Chem. Ref. Data. – 1981. – Vol. 10. – № 3. – P. 575 – 669.
11. NIST-JANAF Thermochemical Tables 1985. Version 1.0 [Электронный ресурс] : data compiled and evaluated by M.W. Chase, Jr., C.A. Davies, J.R. Dawney, Jr., D.J. Frurip, R.A. Mc Donald, and A.N. Syvernd. – Режим доступа : http://kinetics.nist.gov/janaf.
12. Пат. 2467853 РФ, МПК [8] B23 K35/362 Керамический флюс-добавка/ Крюков Н.Е., Ковальский И.Н., Козырев Н.А., Игушев В.Ф., Крюков Р.Е.; ОАО «Новокузнецкий завод резервуарных металлоконструкций» им. Н.Е. Крюкова.- № 201112341602/02(034654), Заявл. 08.06.2011.
13. Пат. 2484936 РФ, МПК [8] B23 K35/362 Керамический флюс-добавка/ Козырев Н.А., Игушев В.Ф., Крюков Р.Е., Голдун З.В.; ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет.- №2012104939/02(007484), Заявл. 13.02.2012.

ВЛИЯНИЕ СОСТАВА ЗАЩИТНОГО ГАЗА НА КАЧЕСТВО СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ ПРИ СВАРКЕ СРЕДНЕЛЕГИРОВАННЫХ МАРТЕНСИТНО-БЕЙНИТНЫХ СТАЛЕЙ

Н.В. Павлов, ст. преподаватель, А.В. Крюков к.т.н., доц., В.В. Гриценко, ст. гр. 10А22
Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского Томского политехнического университета
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел. (38451) 5-09-06
E-mail: pavlin123@rambler.ru

Введение

Среднелегированные мартенситно-бейнитные стали обладают высоким комплексом эксплуатационных свойств и используются для производства ответственных конструкций [1,2]. В частности сосудов высокого давления, тяжело нагруженных машиностроительных изделий и других ответственных конструкций, так как после соответствующей термообработки они обеспечивают высокую прочность конструкции при одновременном снижении металлоемкости. Для сталей этой группы характерно содержание углерода до 0,5% при комплексном легировании в сумме 5...9 %. В связи с весьма высокой чувствительностью к термическому циклу сварки, стали с таким высоким содержанием углерода, склонности к образованию закалочных структур и холодных трещин.

Получение надежных сварных соединений осложняется также повышенной чувствительностью к концентраторам напряжений при статических и, особенно, при динамических нагрузках. Такая опасность тем больше, чем выше легирование стали углеродом [2].

Необходимый уровень прочности при сохранении высокой пластичности достигается комплексным легированием стали различными элементами, главные из которых хром, никель, молибден и др. Эти элементы упрочняют феррит и повышают прокаливаемость стали. Увеличение степени легирования при повышенном содержании углерода повышает устойчивость аустенита, и практически при всех скоростях охлаждения околошовной зоны и режимах сварки, обеспечивающих удовлетворительное формирование шва, распад аустенита происходит в мартенситной области [1].

Находят широкое применения и различные технологические решения: применение теплоотводов, разного рода формирующих подложек, двуструйной газовой защиты, использование при сварке наноструктурированных порошков модификаторов[3,4].

В последние годы активно развивается направление, связанное с применением импульсно-дуговых методов сварки, реализуемое:

1) по средствам управления переносом электродного металла, за счет импульсного питания сварочной дуги [5,6];

2) механическое программирование перехода капли в сварочную ванну при помощи импульсной подачи сварочной проволоки[7,8,9].

Разнообразие способов реализации первого направления дает возможность получить практически любые алгоритмы изменения энергетических характеристик сварочной дуги.

Однако данное направление имеет ряд недостатков:

- сложность схемотехнических решений;
- более высокая стоимость по сравнению со стандартным оборудованием;

- невозможность использования в комплектации с серийными источниками питания.

Второе направление, обеспечивает управляемый перенос электродного металла в сварочную ванну за счет использования механизмов импульсной подачи электродной проволоки (ИПЭП).

При реализации данного направления, рационально использовать механизмы тянущего типа, т.к. позволяют обеспечить не только портативность системы, но и что более важно, точнее передает форму импульса[7,8,9].

Вследствие этого сварка с импульсной подачей электродной проволоки (ИПЭП) с использование механизмов тянущего типа является актуальной задачей, данный процесс как обеспечивает преимущества импульсно-дуговых способов сварки, так и не имеет существенных недостатков.

Также не маловажным фактором, влияющим на качество сварного соединения, является защитная газовая среда.

Проанализировав существующие и применяемые защитные газы и смеси на их основе, рационально использовать смесь Ar+CO_2 [10]. Данная смесь активно применяется на производстве, положительно сказывается на технологических свойствах сварочной дуги (повышая стабильность ее горения), происходит снижение размеров брызг и уменьшение потерь на разбрызгивание, уменьшается выпуклость шва, с резким переходом к основному металлу [11].

На основе проведенных экспериментов было установлено, что применение смеси Ar(70%±3%)+CO_2(30%±3%) при сварке сталей обыкновенного качества (Ст3пс) снижают величину потерь электродного металла на угар и разбрызгивание до 2% [12] (рисунок 1).

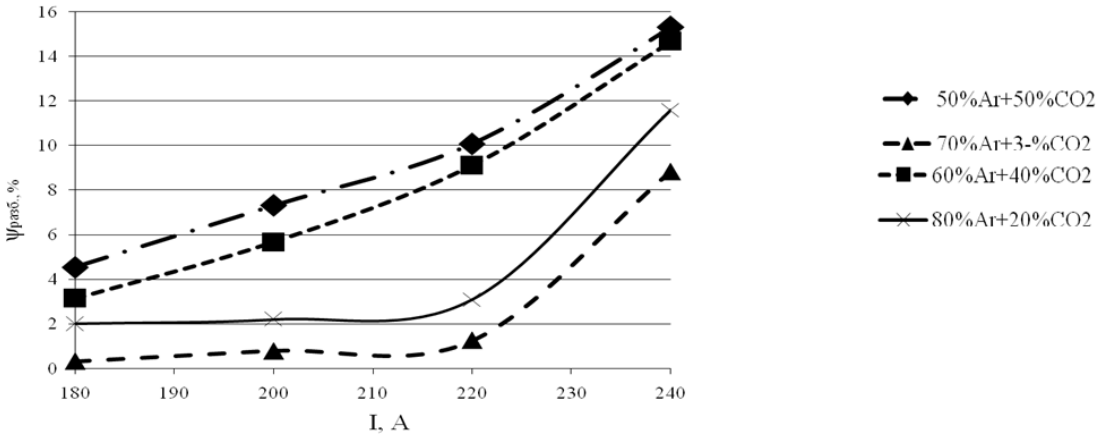


Рис. 1. График зависимости величины потерь электродного металла на угар и разбрызгивание ($\psi_{разб.}$) от величины сварочного тока (I)

Основываясь на данных описанных в работе Новожилова Н.М. [13] полученное соотношение обусловлено тем, что добавление к аргону углекислого газа до 70 % Ar + 30 % CO_2 сопровождается уменьшением размера электродных капель и соответствующим увеличением их количества. Повышение содержания углекислого газа в аргоне сверх этого предела при одних условиях сопровождается резким, а при других условиях плавным уменьшением количества капель, образующихся в единицу времени.

Однако вопросы применяемости способа сварки с импульсной подачей электродной проволоки в смеси газов Ar(70%±3%)+CO_2(30%±3%), при сварке среднелегированные мартенситно-бейнитных сталей, мало изучены.

В результате была поставлена цель: повышение прочностных характеристик сварного соединения выполненного из среднелегированной мартенситно-бейнитной стали, за счет использования смеси защитных газов в соотношении 70 % Ar + 30 % CO_2 при сварке с импульсной подачей электродной проволоки.

Методы исследования

Для исследования влияния состава защитной газовой среды на структуру и эксплуатационные свойства сварных соединений из среднелегированной мартенситно-бейнитный стали, были проведено рад экспериментальных исследований:

1) традиционный способ – сварка с ИПЭП в CO_2(100%);

2) предлагаемый способ – сварка с ИПЭП в смеси газов Ar(70%±3%)+CO_2(30%±3%).

В обоих случаях в состав экспериментальной установки входили: автоматическая сварочная головка ГСП-2, укомплектованная механизмом импульсной подачи электродной проволоки [14], источник питания ВС-300Б, смесительное оборудование, состоящее из трех ротаметров и смесительной камеры. Сварку производили пластин из стали 30ХГСА толщиной 10мм, в Х-образную разделку сварочной проволокой Св-08ГСМТ-О (диаметром 1,2 мм).

Режимы сварки образцов представлены в таблице 1.

Таблица 1

Режимы сварки образцов

Способ сварки	I, А	$U_д$, В	$V_{св}$, мм/с	f, Гц
традиционный способ	200-210	23-24	3.6	64
предлагаемый способ	220-230	24-25	3.7	64

Различие в значениях энергетических параметров связано с тем, что для достижения одинаковых геометрических параметров необходимо увеличить режимы сварки с ИПЭП в смеси газов $Ar+CO_2$ на 5-10% по сравнению с ИПЭП в CO_2, так как добавление аргона приводит к ее уменьшению [12].

Результаты исследования и их обсуждение

В ходе проведенных исследований полученные сварные образцы, подвергли количественной оценки химического состава, механическим испытаниям и структурному анализу сварного соединения (таблица 2,3).

Таблица 2

Химический состав наплавленного металла

Способ сварки	Химические элементы				
	C, %	Si, %	Mn, %	S, %	P, %
традиционный способ	0,24-0,26	0,72-0,74	0,61-0,63	0,013	0,017
предлагаемый способ	0,22-0,23	0,78-0,8	0,66-0,68	0,011	0,015

Таблица 3

Результаты механических испытаний сварных образцов

Способ сварки	Ударная вязкость, KCU, Дж/см^2		
	T=0ºC	T=20ºC	T=-20ºC
традиционный способ	62…66	72…76	52..56
предлагаемый способ	71…75	82…86	60…64

Как видно из таблицы 2 при сварке в смеси газов повышение коэффициент перехода химических элементов раскислителей (кремний и марганец) в сварочную ванну на 4-6%. Данное изменение происходит вследствие изменения величины удельной скорости окисления металла $\omega_{уд}$.

Согласно методике описанной в работе Новожилова Н.М. удельная скорость окисления металла рассчитывается согласно представленной формуле[13]:

$$\omega_{уд} = \frac{\sum O_{св}}{100 t_{ср}} г / гмет \cdot с, \quad (1)$$

где $t_{ср}$ – среднее время пребывания металла в жидком состоянии в с;

$\Sigma O_{св}$ – удельное окисление металла, г/100 г мет.

Ввиду небольшого времени существования электродных капель данная величина принимается как время пребывания металла в жидком состоянии равным пребыванию металла в сварочной ванне [13]:

$$t_{ср} = \frac{G_в}{g} сек, \quad (2)$$

где $G_в$ – количество жидкого металла в сварочной ванне, г;

g – количество металла, переплавляемого дугой в 1 с. в г/с.

Количество жидкого металла в сварочной ванне определяется по приближенной формуле, основанной на допущении, что объем сварочной ванны равен половине объема эллипсоида [13]:

$$G_в = 0{,}523 K_з LBh\gamma_t, гмет, \quad (3)$$

где $K_з$ – коэффициент заполнения сварочной ванны жидким металлом, принимаем равным 0,8-0,9;
L – длина сварочной ванны, принятая равной длине кратера, мм;
B, h – ширина шва и глубина проплавления основного металла, мм;
γ_t – плотность жидкого металла в сварочной ванне;

Количество металла, переплавляемого дугой в 1с., определяется по формуле[13]:

$$g = F_{об} v\gamma, гмет / сек, \quad (4)$$

где $F_{об}$ – площадь поперечного сечения металла шва, мм^2;
v – скорость сварки, мм/с;
γ – плотность жидкого металла.

Проведенные согласно данной методике расчеты (таблица 4), показали увеличение удельной скорости окисления металла на 5-6% и снижение удельного количества окисленного металла до 10%.

Таблица 4

Оценка интенсивности окисления металла

Способ сварки	g, гмет/сек	$G_в$ гмет	$t_{ср}$, с	$W_{уд}$
традиционный способ	0,262	0,327	1,248	0,03
предлагаемый способ	0,279	0,327	1,172	0,028

Также сохранению элементов раскислителей в сварном соединении способствует снижение величины тепловложения в каплю электродного металла, т.к. тепловая мощность сварочной дуги различна из-за значения эффективного нагрева изделий.

Совокупность данных факторов позволяет кремню, растворяясь в феррите повышать предел текучести и уменьшать склонность к хладноломкости, марганец же образует твердый раствор с железом немного повышает твердость и прочность, что способствует повышению величины ударной вязкости на 10-15% (таблица 3) по сравнению со сваркой в CO_2.

Стоит отметить, что сварные соединения не подвергались термообработке. Устранение подогрева и послесварочной термообработки из технологического процесса сварки стали 30ХГСА и уменьшение времени на зачистку изделия, позволит увеличить производительность труда по сравнению с традиционным способом на 5-10%.

Вывод:

В результате проведенных экспериментальных исследований установлено, что применение защитной газовой среды Ar(70%±3%)+CO_2(30%±3%) в сравнении с CO_2(100%), позволяет увеличить прочностные характеристики сварного соединения на 10-15% и повысить коэффициент перехода химических элементов.

Работа выполнена в рамках гранта РФФИ 14_08_31036

Литература.

1. Лахтин Ю.М., Леонтьева В.П. Материаловедеение. – М.: Машиностроение, 1990. – 528с.
2. Чинахов Д.А., Брунов О.Г. Сварка с импульсной подачей электродной проволоки кольцевых соединений из стали 30ХГСА // Известия Томского политехнического университета. – 2006.Т.309. – №1. – С. 136 – 138.
3. Chinakhov D.A., Vorobyov A.V., Tomchik A.A. Simulation of active shielding gas impact on heat distribution in the weld zone // Materials Science Forum. Volume 762, 2013, Pages 717-721.
4. Kuznetsov M. A. , Zhuravkov S. P. , Zernin E. A. , Kolmogorov D. E. , Yavorovsky N. A. Influence of Nanostructured Powder Modifiers on the Structure of a Welding Bead // Advanced Materials Research. - 2014 - Vol. 872. - p. 118-122
5. Krampit A.G., Krampit N.Y. Method for the determination of the geometrical dimensions and area of the welded joint // Welding International. Volume 27, Issue 10,October 2013, Pages 834-836.
6. Патон Б.Е., Лебедев В.А., Полосков С.И. Использование механических импульсов для управления процессами автоматической и механизированной сварки плавящимся электродом //Сварка и диагностика. –2013. –№6. –С. 16 – 20.
7. Дюргеров Н. Г., Сагиров Х. Н., Ленивкин В. А. Оборудование для импульсно-дуговой сварки плавящимся электродом. М.: Энергоиздат, 1985, 80 с.

8. Лебедев, В.А. Механизированная дуговая сварка в CO_2 с регулируемой импульсной подачей сварочной проволоки [Текст] / В.А. Лебедев, В.Г. Пичак // Сварочное производство. –1998. –№5. –С. 30 – 33.
9. Брунов, О.Г. Механизмы импульсной подачи сварочной проволоки [Текст] / О.Г. Брунов, В.Т. Федько, А.П. Слистин // Технология металлов. –1999. –№11. –С. 7 – 10.
10. Аснис А.Е., Гутман Л.М., Покладий В.Р. «Сварка в смеси активных газов».- Киев: Наукова думка, 1982.- 216с.
11. Языков Ю.Ф.. Алексина И.В. Преимущества сварки в защитных газовых смесях // Сварочное производство. – 2008.– №9. – С. 29 – 30.
12. Павлов Н.В., Крюков А.В., Зернин Е.А. Сварка с импульсной подачей проволоки в смеси газов // Сварочное производство. –2010. –№4. –С. 27 – 28.
13. Патент РФ на изобретение №2254969 Механизм импульсной подачи сварочной проволоки / Брунов О.Г., Федько В.Т., Крюков А.В. и др. Опуб. 27.06.2005. Бюл. №18.
14. Новожилов Н.М., Основы металлургии дуговой сварки в активных защитных газах. «Машиностроение», 1972, 167с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОЙ ВАННЫ ПОПЕРЕЧНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ, ГЕНЕРИРУЕМОГО УСТРОЙСТВАМИ ВВОДА ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ДУГОВОЙ СВАРКЕ

А.Д. Размышляев, д.т.н., проф., М.В. Агеева, к.т.н., доц., С.В. Ярмонов,аспирант,
П.А. Выдмыш, аспирант
ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь, Украина
87500, Украина, г. Мариуполь, ул. Апатова, 115. Тел. 38 (0629) -333941
**Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск, Украина*
84313, Украина, Донецкая обл., г. Краматорск, ул. Шкадинова, 72, +38 (097) -2174719
E-mail: marinamykyta@rambler.ru

Особенности процесса дуговой сварки и наплавки с использованием поперечного магнитного поля (ПОМП) изучались в работах [1-11]. Показано, что при дуговой сварке и наплавке под флюсом с воздействием ПОМП коэффициент расплавления проволоки повышается на 20…30 %, и значительно уменьшается глубина и площадь зоны проплавления основного металла, измельчается структура шва. Во всех указанных работах применяли устройства ввода (УВ) ПОМП в виде П – образного магнитопровода с обмотками. Однако, оптимальность схем магнитопроводов и их размеров в указанных работах не обсуждались. Магнитное поле, которое генерирует П-образные электромагниты, представляет собой поле в воздушном зазоре. В имеющихся литературных источниках, например, в работе [12], приведены методики определения только интегральных характеристик магнитного поля в воздушном зазоре. Для устройств ввода ПОМП для процессов дуговой сварки и наплавки необходимы локальные характеристики магнитного поля в зазоре, т.е. значения компонент индукции в зоне ниже полюсов электромагнитов. Также необходима оптимизация конструкции УВ ПОМП применительно к процессу дуговой сварки проволокой под флюсом для достижения максимального уровня поперечной компоненты индукции B_x в зонах электродной капли, сварочной дуги и жидкого металла ванны при минимальной величине продольной компоненты индукции B_z в этих зонах.

Для выполнения исследований были изготовлены стержни сечением 26×16 мм из пластин из малоуглеродистой стали, а также четырехслойные катушки из медного провода диаметром 1,0 мм высотой 30 мм. Длина стержней составляла 130 мм. Возможна была регулировка расстояния H от торцов стержней до катушек, а также - h - расстояния от нижних торцов стержней до изделия - поверхности пластины из немагнитной стали типа 12Х18Н10Т – (на рис. 1 изделие не приведено, а ось OX расположена на его поверхности). В конструкциях УВ ПОМП с перемычкой 3 (рис. 1,б, в) угол наклона стержней к вертикали составлял $\alpha = 22^0$. Ширина стержней (в плане) составляла b = 26 мм, толщина стержней составляла 16 мм, расстояние между стержнями А и В у их нижних торцов – a = 40 мм. Катушки с числом витков 100 соединяли последовательно. В катушках пропускали постоянный ток величиной 16 А.

На рис. 1,б,в приведены конструкции УВ ПОМП с перемычкой, а на рис. 1,а –конструкция УВ ПОМП без перемычки.

Индукцию измеряли универсальным тесламетром 43205 с датчиком Холла, имевшим базу 0,9 х 0,9 мм. Индукцию измеряли с шагом 10 мм вдоль оси ОХ, распложенной на расстоянии h = 15мм от нижних торцов стержней электромагнитов (рис. 1).

Установлено, что для всех схем УВ ПОМП (по рис. 1) распределение компонент индукции B_x, B_z имеет одинаковый характер (рис. 2). Однако при наличии перемычки из малоуглеродистой стали такого же поперечного сечения, как и стержни, уровень индукции B_x в точке X = 0, а индукции B_z под стержнями А и В (при X = 20…30 мм) приблизительно на 20…25% больше, чем в схеме из двух стержней без перемычки (по рис. 1,а). Неизменностью строения магнитного поля при изменении ряда факторов (в том числе намагничивающей силы катушек, наличия или отсутствия перемычки) может служить только неизменность относительных значений индукций в определенных точках пространства, например, вдоль оси ОХ (как это показано на рис. 2). Поэтому результаты измерений, приведенные на рис. 2, были обработаны. Данные показали, что распределение вдоль оси ОХ относительных значений индукций $B_x/B_{x\ max}$ и $B_z/B_{z\ max}$ укладываются на одни и те же линии (рис. 3). Отсюда следует важный вывод о том, что независимо от наличия или отсутствия перемычки и места расположения катушек строение магнитного поля ниже торцев стержней УВ ПОМП имеет одинаковый характер.

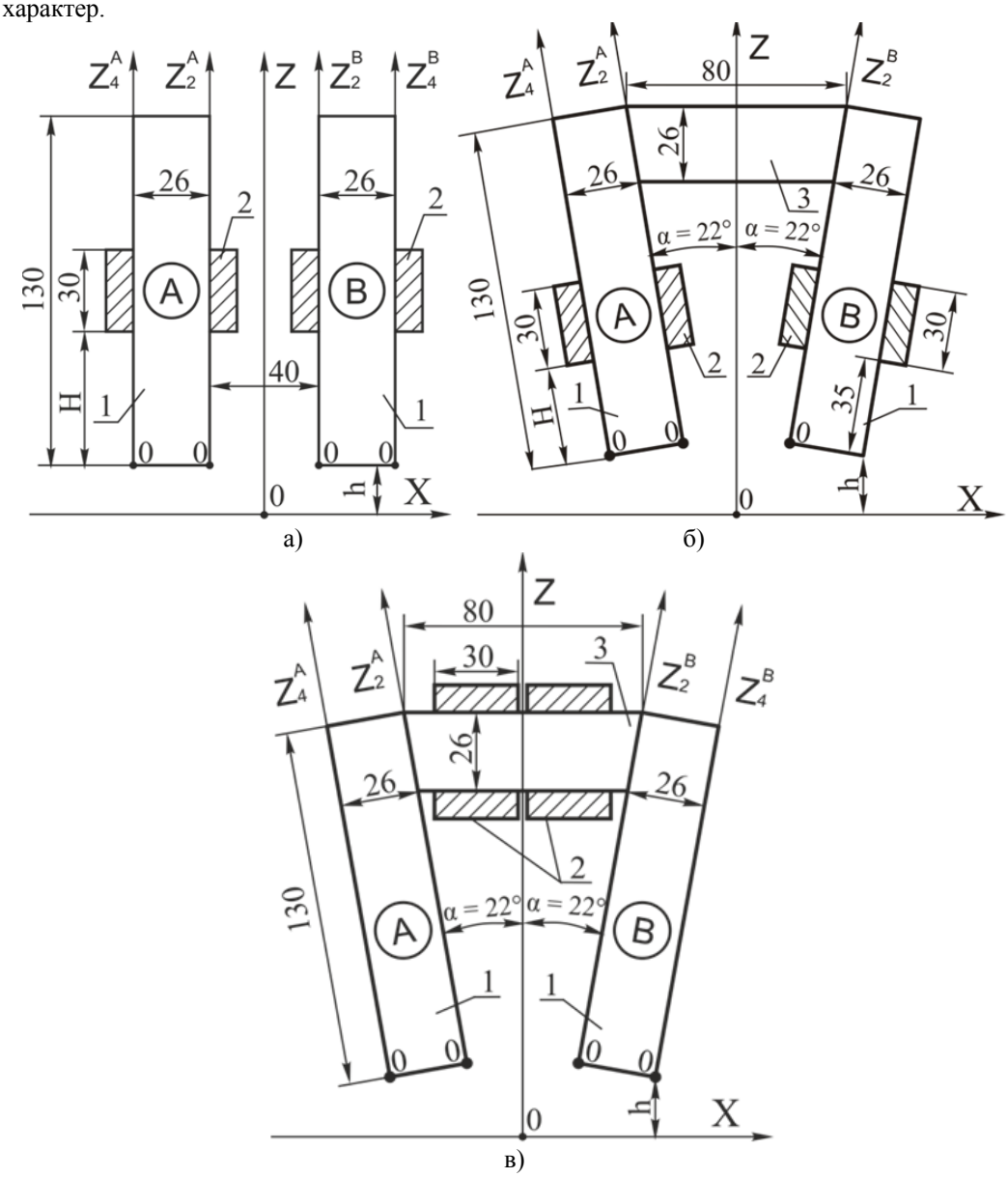
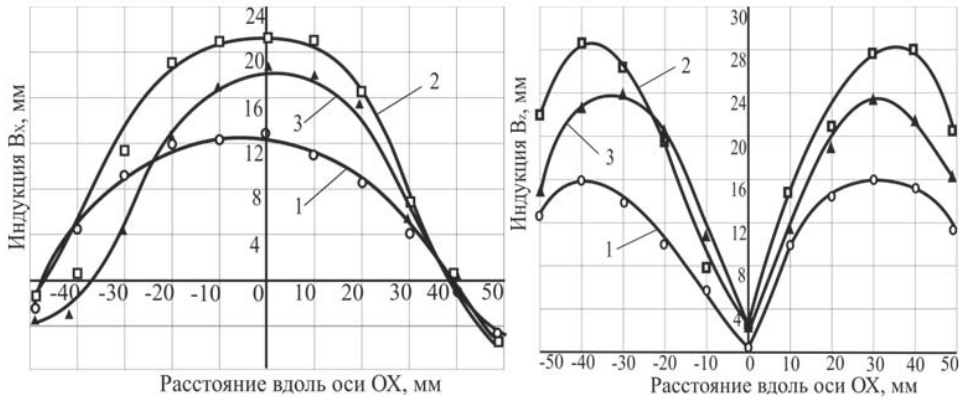
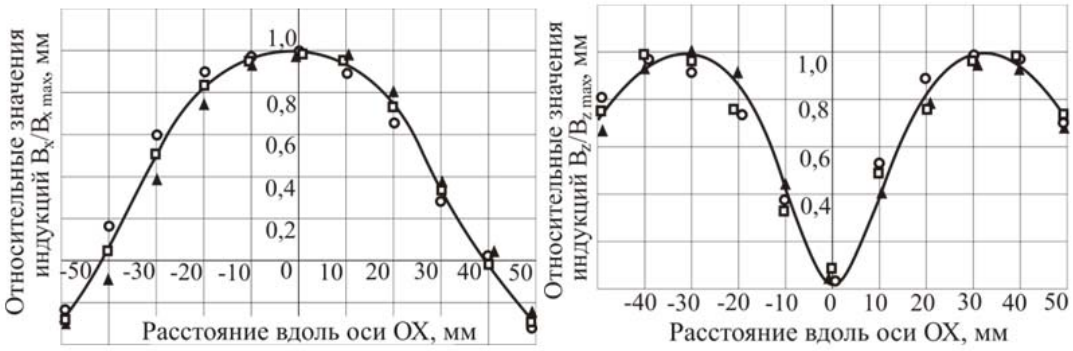


Рис. 1. Схемы конструкций УВ ПОМП: без перемычки (а); с перемычкой (б); с катушками на перемычке (в): 1 – стержень; 2 – катушка; 3 – перемычка



а) б)

Рис. 2. Распределение индукций B_x (а) и B_z (б) вдоль оси OX (h = 15 мм; *a* = 40 мм; H = 35 мм): 1 - с перемычкой по рис. 1,в; 2 - с перемычкой по рис. 1,б; 3 - без перемычки по рис. 1, а



а) б)

Рис. 3. Распределение относительных значений индукций $B_x/B_{x\,max}$ (а), $B_z/B_{z\,max}$ (б) вдоль оси OX (условные обозначения приведены на рис. 2)

При уменьшении расстояния H от катушек до нижних торцов стержней A и B в нижней части (ниже катушек) возрастает намагниченность этих участков стержней. Интенсивность поля (B_x, B_y, B_z) во всех точках ниже торцов стержней A и B возрастает. Во всех точках этого участка пространства величины компонент индукции B_x, B_y, B_z, адекватно (пропорционально, а точнее по одной и той же зависимости) возрастают. Поэтому как бы ни изменяли расстояние H относительные величины $B_x/B_{x\,max}$, $B_z/B_{z\,max}$ в одной и той же точке остаются неизменными (в том числе в точках вдоль оси OX).

Именно независимость значений $B_x/B_{x\,max}$, $B_z/B_{z\,max}$ в точках на оси OX от параметра H, независимость их от наличия перемычки и места расположения катушек позволяет сделать важный вывод о том, что характер распределения индукции вдоль оси OX у изделия не зависит от того, как замыкаются силовые линии магнитного поля в верхней части схемы УВ ПОМП: через перемычку (как в схемах по рис. 1, б, в), или по воздуху (как в схеме по рис. 1,а). Это обстоятельство предопределяет возможность в дальнейшем моделировать магнитное поле таких схем УВ ПОМП с использованием метода электролитической ванны и других методов моделирования [12]. При этом возможно использовать при моделировании систему из двух стержней без перемычки (по рис. 1,а) как наиболее простую.

Возможность моделирования строения магнитных полей с использованием метода электролитической ванны высказана в работе [13], однако, применительно к таким конструкциям, как УВ ПОМП, конкретных рекомендаций нет, и это потребовало выполнения исследований, результаты которых приведены ниже.

Для получения картины распределения компонент напряженности электрического поля в проводящей среде (в электролите) предложена (рис. 4) схема размещения модельных стержней, в которой указана такая же система осей, как и для схемы по рис. 1,а.

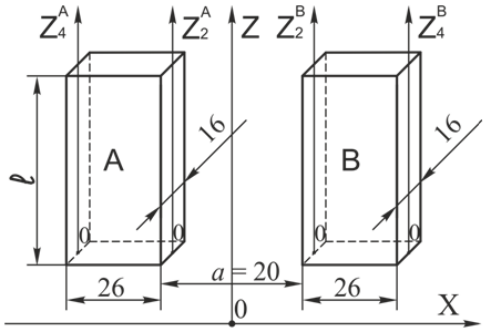


Рис. 4. Схема модельных стержней, размещаемых в электролитической ванне

В этом случае при одинаковых геометрических размерах систем в сходственных точках будет картина линий электрической напряженности (*E*) такой же, как и картина линий индукции B в схеме УВ ПОМП по рис. 1, а. Модельные стержни *A* и *B* имеют сечение F_c = 26×16 мм, как и сечения электромагнита (см. рис. 1,а). Измерения необходимо выполнять вдоль оси OX на расстоянии h = 15 мм от нижних торцов модельных стержней.

Для проверки возможностей моделирования магнитного поля методом электролитической ванны использовали схему размещения стержней из припоя ПОС-40 сечением F_c = 26×16 мм, приведенную на рис 4. Схема экспериментальной установки приведена на рис. 5. Модельной жидкостью являлась вода. Стержни *A* и *B* помещали в ванну с водой, которая имела емкость V = 15,5 л. Все стержни и их торцы находились на расстоянии от стенки ванны не менее, чем 100 мм. К торцам стержней *A* и *B* (см. рис. 5) подводили напряжение от источника частотой 50 Гц.

Через стержни *A* и *B* и жидкость (воду) пропускали ток *I* = 100 *мА*, который контролировали прибором М920, а разность потенциалов между проволочками зонда измеряли милливольтметром типа ДТ92. Зонд (3) представлял собой две изолированные медные проволочки диаметром 0,5 мм, которые выступали из изоляции на 0,5…1 мм. Расстояние между осями этих проволочек составляло d = 3,6 мм. Размещая зонд в исследуемые точки, измеряли падение напряжения от протекания тока в данной точке жидкости соответственно: вдоль оси OX: ΔU_x, и вдоль оси OZ: ΔU_z. Напряженности электрического поля $E_x = \Delta U_x / d$, (В/мм); $E_z = \Delta U_z / d$, (В/мм) являются аналогами (по величине и направлению) компонент индукции B_x, B_z в сходственных точках для электромагнитов, которые генерировали ПОМП.

Измеряли значения ΔU_x, ΔU_z у поверхности стержней *A* и *B* (на расстоянии 2 мм от поверхностей) в направлении длины стержней (осей $OZ^A{}_2$, $OZ^A{}_4$, $OZ^B{}_2$, $OZ^B{}_4$). Было установлено, что компонента нормальная компонента ΔU_x значительно (на порядок) больше, чем продольная (касательная) компонента ΔU_z, т.е. поверхности стержней из припоя ПОС-40 практически являлись эквипотенциальными поверхностями.

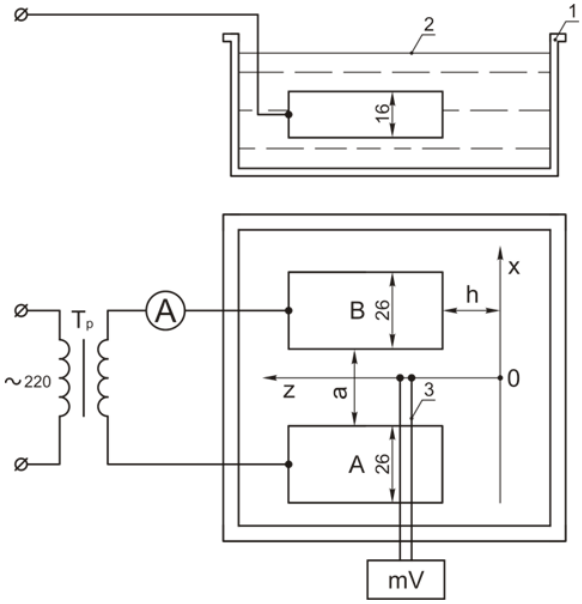


Рис. 5. Схема экспериментальной установки: *1* – сосуд; *2* – вода; *3* – зонд

Компонента ΔU_x (нормальная к поверхностям стержней) имела практически неизменную величину вдоль оси OZ. Во внутренней зоне между стержнями *A* и *B* компонента ΔU_x в 1,5…3 раза больше, чем у наружных поверхностей этих стержней. Таким образом, такая система стержней в электролитической ванне по характеру электрического поля в ванне полностью соответствует строению магнитного поля, полученного для УВ ПОМП – электромагнита, приведенного на рис. 1,а. Выполнялись все необходимые условия для моделирования магнитных полей методом электролитической ванны, указанные в работе [13].

Исследовали распределение компонент ΔU_x, ΔU_z вдоль оси OX, расположенной на расстоянии h = 15мм от нижних торцов стержней A и B. Данные измерений приведены на рис. 6.

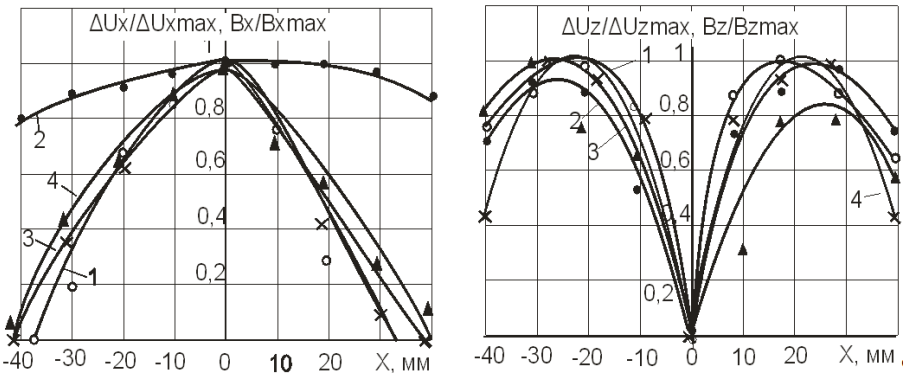


Рис. 6. Распределение относительных значений компонент ΔU_x,(а) и ΔU_z (б) вдоль оси OX (условные обозначения расшифрованы в тексте)

Данные показали, что при использовании стержней длиной l = 100мм имеет место «пологое» распределение относительных значений ΔU_x вдоль оси OX (кривая 2 на рис. 6), которое не соответствует реальным значениям распределения индукции Bx для системы из двух стержней (кривая 1 на рис. 6). При уменьшении длины стержней до 50 мм и 30 мм распределение относительных значений ΔU_x, ΔU_z (кривые 3,4 на рис. 6) полностью совпадает с распределением, установленным для реальных электромагнитов (кривая 1 на рис. 6).

Таким образом, при моделировании строения магнитных полей с помощью электролитической ванны целесообразно использовать стержни длиной 30…50 мм. При этом целесообразно выполнять стержни методом литья из припоя типа ПОС-40. Этот метод моделирования можно рекомендовать для анализа влияния формы нижних торцов стержней *A* и *B*, угла наклона стержней к вертикали на характер распределения компонент ΔU_x ΔU_z, (а, следовательно, распределение компонент индукции B_x, B_z) вдоль оси OX (под стержнями *A* и *B*), т.е. для оптимизации конструкций УВ ПОМП.

Выводы

1. Показано, что данные о распределении электрического потенциала у поверхности изделия в модельной электролитической ванне удовлетворительно совпадают с данными о распределении индукции поперечного магнитного поля, которое генерирует УВ ПОМП из двух электромагнитов.

2. Целесообразно в дальнейшем выполнение исследований по оптимизации конструкций УВ ПОМП с использованием моделирования методом электролитической ванны.

Литература.

1. Акулов А. И., Копаев Б. В. Магнитное управление дугой при сварке плавящимся электродом в аргоне. //Автоматическая сварка. – 1972. – №7. – С. 39-42.
2. Измельчение структуры металла шва при сварке дугой, колеблющейся в поперечном магнитном поле. / А. М. Болдырев, Ю. С. Ткаченко, Н. П. Толоконников и др.// Автоматическая сварка. - 1975. - №7.- С. 70-71.
3. Магнитное управление формированием шва при автоматической сварке под флюсом /Ю.Г. Гаген, И.В. Перун, С.Т. Добровольский и др. //Автоматическая сварка. – 1975. – №11. – С. 73-74.
4. Размышляев А.Д. Управление геометрическими размерами шва при дуговой сварке и наплавке воздействием магнитных полей (обзор) // Сварочное производство. – 1994. – №9. – С. 28 – 31.
5. Шейнкин М.З., Шмелева И.А., Варяхов Н.Ф. Применение магнитных колебаний при сварке под флюсом // Сварочное производство. – 1969. – № 6. – С. 24 – 25.

6. Пацкевич И.Р. А.В. Зернов, Иванцов В.Я. Распределение индукции наведенного магнитного поля в зоне горения сварочной дуги // Сварочное производство. – 1970. – № 2. – С. 9 – 10.
7. Влияние внешнего электромагнитного поля на скорость плавления электродной проволоки при автоматической наплавке под флюсом / П.А. Иофинов, В.С. Ибрагимов, А.К. Дмитриенко и др. // Сварочное производство. – 1991. – № 1. – С. 34 – 35.
8. Размышляев А.Д., Маевский В.Р. Влияние управляющих магнитных полей на геометрические размеры шва при дуговой сварке под флюсом // Автоматическая сварка. – 1996. – № 2. – С. 17 – 19.
9. Размышляев А.Д., Миронова М.В. Производительность расплавления электродной проволоки при дуговой наплавке под флюсом с воздействием поперечного магнитного поля // Автоматическая сварка. – 2011. – № 5. – С. 48 – 51.
10. Размышляев А.Д. О строении поперечного магнитного поля, генерирумого устройствами ввода применительно к дуговой сварке и наплавке / А.Д. Размышляев и др. // Вісник Приазовського державного технічного університету: Зб. наук. прац. – Маіуполь: ПДТУ, 2013. – Випуск № 1(25).
11. Размышляев А.Д. Особенности проплавления основного металла при дуговой сварке и наплавке под флюсом с воздействием поперечного магнитного поля / А.Д. Размышляев и др. // Вісник Приазовського державного технічного університету: Зб. наук. прац. – Маріуполь: ПДТУ, 2012. – Випуск № 1(24). – С. 185-187.
12. Сливинская А.Г. Электромагниты и постоянные магниты. / А.Г. Сливинская. – М.: Энергия, 1972. – 248 с.
13. Бессонов А.А. Теоретические основы электротехники. Электро- магнитное поле. -М.: Высшая школа, 1986. - 263с.

ПРИМЕНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ СХЕМ РАСЧЕТА ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ ПРИ СВАРКЕ

В.П. Сидоров, д.т.н., проф., Д.Е. Корсун, студент, М.А. Абрамова, студент
Тольяттинский государственный университет
445020, г. Тольятти, ул. Белорусская, 14, тел. (8482)-53-92-45
E-mail: otsp@tltsu.ru

В связи со сложностью процессов при формировании сварочной ванны для тепловых расчетов все больше применяют экспериментально-расчетные методы. Сущность этих методов заключается в том, что опираясь на результаты измерений температур в сварочном теле, с помощью какой–либо математической модели предсказать другие результаты в интересующей области. Одним из направлений является применение так называемых эквивалентных источников теплоты [1]. Определение эквивалентного источника теплоты не представляется удачным, так как предполагается априори, что он должен давать адекватное описание температурного поля в широкой области. Однако доказать такую адекватность весьма сложно. Целесообразнее такой подход называть методом приведения математической модели по имеющимся экспериментальным данным [2]. Поскольку ни одна математическая модель не может быть абсолютно адекватной, процедуры ее приведения являются универсальными. То есть, какой бы сложной и приближенной к реальности не была математическая модель, она не исключает ее уточнения с помощью метода приведения.

Одним из вопросов применения математических моделей распространения тепла при сварке является, например, учет теплоотдачи с поверхности свариваемого изделия. Теплоотдача играет тем большую роль, чем меньше толщина свариваемого металла. Теплоотдачу при сварке следует воспринимать не только в традиционном смысле, но под ней следует понимать и передачу мощности в сварочную оснастку: прижимы, подкладки и т.д. При этом сложно представить создание математических моделей, учитывающих специфику каждого конкретного случая сварочного процесса.

В связи с этим пришло уточненное понимание эффективной мощности сварочного источника тепла. Если ранее под эффективной мощностью понималась мощность, вносимая в свариваемое изделие, то в настоящее время предложено не включать в нее т.н. мощности уноса [3]. Одним из видов мощностей уноса и является теплопередача с поверхности изделия. Сварочный процесс проходит обычно в установившемся тепловом состоянии, когда теплопередача с поверхности практически не изменяется. Именно поэтому ее можно отнести к потерям уноса и не включать в эффективную мощность сварочного источника тепла.

Метод приведения, основанный на измерении температур в изделии, как раз позволяет не учитывать в расчетах теплоотдачу с поверхности изделия.

Поэтому значительный интерес представляет сравнение результатов применения метода приведения (эквивалентных источников) для различных математических моделей.

В работе [1] приведены результаты построения математической модели на основе объемного полуэллипсоидного источника тепла. Размеры полуосей источника примерно равны полученному провару и половине ширины шва. При расчетах учитывался коэффициент поверхностной теплоотдачи, причем отыскивалось его значение, обеспечивающее максимальную сходимость расчетных и опытных термических циклов. Мощность сварочного источника, используемую в расчете можно оценить в 20-22 кВт. Скорость сварки Vc = 0,67 см/с. Номинальные значения теплофизических коэффициентов приняты теплопроводность λ=0,32 Вт/(см ºС), объемная теплоемкость $c\rho$= 4,5 Дж/(см^3 ºС). Тогда коэффициент температуропроводности a = 0,071 см^2/с.

В качестве альтернативного источника теплоты в данной работе вначале приняли нормально круговой источник (НКИ) на поверхности плоского слоя, адекватность применения которого в широком диапазоне режимов и условий сварки применительно к аргонодуговой сварке неплавящимся электродом стыковых соединений без разделки кромок показана в работе [4].

Необходимо отметить, что для сварки под флюсом, математическая модель, должна учитывать основную особенность процесса, а именно заглубление источника тепла в металл. Подобная модель применялась для описания процесса сварки алюминиевого сплава погруженной дугой, и она дала хорошее описание наблюдаемой на практике бочкообразной формы поперечного сечения шва [5]. Применение модели поверхностного НКИ для оценки осевого теплового потока приводит к его значениям порядка 50 000 Вт/см^2 [6].

Совпадение расчетного и опытного проваров получили при мощности источника 19 000 Вт, что близко к мощности полуэллипсоидного источника. Максимальный провар имеет место при координате X источника -2…3 см. Важно также, что получили практическое совпадение и для ширины шва B= 20,1 мм.

Расчет по схеме точечного источника, движущегося на поверхности полубесконечного тела с ограниченной скоростью, дал значение провара 9,65 мм, что также близко к опытному провару 9,5 мм. Радиус изотермы 500 градусов для точечного источника составила 31,3 мм, что близко к значению, полученному в [1]. Сравнительные данные приведены в табл. 1.

Таблица 1

Параметр	Расчетная схема			
	Опыт	Эквивалентный	Точечный	НКИ
Мощность, кВт	22	20	19	19
Провар, мм	9,5	9	9,65	9,68
Ширина шва, мм	20,0	20	19,3	20,1
Ширина зона 500 ºС, мм	30	30	31,3	36,5
Длина зоны 500 ºС, мм	335	335	180	190
Время 850-500 (ºС)	0	30	0	6
ΔT_1 z =16 мм, y=0,	650	690	566	1108
ΔT_2 z =16 мм, y=15 мм,	470	460	303	618
ΔT_3 z= 0 y=19 мм	340	350	403	498
T_4 z= 0 y=33 мм	250	230	134	171

Примечания: 1) Значения максимальных температур; 2) z=0 – лицевая поверхность установки термопар, z= 16 мм – обратная сторона; 3) Время охлаждения от 850-500 ºС определялось при z=1,6см, y=0 см

При сравнении температур в точках опытных измерений термических циклов с расчетными пришлось учесть, что только небольшая часть была снята в процессе наплавки, а более значительная после выключения дуги. Температуры начали рост примерно через 40 секунд после начала сварки, т.е. когда дуга прошла примерно 270 мм при длине образца 450 мм. Поэтому выбирались значения температур для момента времени 60 секунд, т.е. в сечении пластины на расстоянии 134 мм позади

оси дуги. Начальная температура пластины в опытах приведена 50 градусов. Это значение вычиталось из значений, приведенных на графике. При расчетах по разным моделям также определялось приращение температур.

Расчетные параметры для двух классических схем достаточно близки между собой. Между результатами по схеме НКИ и эквивалентным источником расхождения в температурах достигают десятков процентов.

Можно отметить, что коэффициент поверхностной теплоотдачи, полученный в работе [1] и равный 0,025 Вт/(см^2 ºС) слишком велик. Составив уравнение баланса, легко установить, что при таком значении средний перепад температур между пластиной и окружающей средой в процессе опыта или расчета должен составлять примерно 50 градусов. В то же время по средним температурам эта разница составляет порядка 200 градусов.

Различие температур при использовании классических схем и полуэллипсоидным источником теплоты можно объяснить слишком низкой концентрацией энергии в выбранном эквивалентном источнике. Объем полуэллипсоида с источником теплоты составляет 2 см^3. При мощности источника 19 000 Вт, получаем среднее теплосодержание стали внутри источника 9500 Дж/см^3. Теплосодержание стали при температуре плавления 7800 Дж/см^3. Т.о. перегрев металла в источнике составляет 1,22, что приводит к занижению температур вне пределов сварочной ванны.

Выводы.

Введение источника теплоты в виде полу эллипсоида с геометрическими характеристиками провара не является достаточно обоснованным для определения температурного поля вне зоны этого источника.

При введении приведенных источников теплоты и определении их характеристик по размерам провара нет необходимости учитывать в решении теплоотдачу с поверхности металла, так как ее действие уже учтено в уменьшении размеров шва.

В качестве математической модели, для которой можно использовать метод приведения источника тепла вполне подходит классическая схема НКИ на поверхности плоского слоя, параметры которого могут быть определены по ширине шва и провару.

Литература.

1. Цвелев, Р.А. Оценка погрешностей воспроизведения температурного поля при сварке под флюсом на основе эквивалентного источника теплоты / Р.А. Цвелев // Сварочное производство, 2013, № . С.11-15.
2. Сидоров, В.П. Математическое моделирование геометрии шва при сварке конструкционных сплавов и биметаллов / В.П. Сидоров, Д.А. Семистенов // Тольятти, ТГУ, 2009.- 175 с.
3. Теория сварочных процессов / А.В. Коновалов, А.С. Куркин, Э.Л. Макаров и др.; Под ред. В.М. Неровного.- М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007.- 752 с.
4. Сидоров, В.П., Хурин С.А. Моделирование провара при дуговой сварке стыковых соединений без разделки кромок / В.П. Сидоров, С.А. Хурин // Сварка и диагностика, 2011, № 6, С.36-42.
5. Столбов, В.И. Распределение температуры при сварке глубоким проплавлением толстых листов из алюминиевых сплавов / В.И. Столбов, В.А. Иевлев, Г.В. Осянкин и др. // Физика и химия обработки материалов. - 1980. - № 6.- С.134-137.

КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ РЕСУРСА ДЛИТЕЛЬНО РАБОТАЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА НА ОСНОВЕ СТРУКТУРНЫХ КРИТЕРИЕВ

*А.Н. Смирнов***, д.т.н., проф., Н.В. Абабков*, к.т.н.*
**Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева*
***Институт угля Сибирского отделения РАН*
650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28, т. (3842) 39-69-60
E-mail: n.ababkov@rambler.ru

В настоящее время в России более 80% промышленного оборудования отработало свой расчетный срок, для топливно-энергетического комплекса (ТЭК) – более 90%. Причем разрушения технических устройств, либо их элементов могут привести, и приводят к крупным техногенным катастрофам с человеческими жертвами. Поэтому особенно актуальной является задача обеспечения (управления) безопасной эксплуатации потенциально опасного оборудования [1–3].

В процессе длительной эксплуатации оборудования ТЭК при высоких температурах и давлениях в металле происходят сложные физико-химические процессы, связанные в первую очередь с

распадом перлитной составляющей микроструктуры, коагуляцией и сфероидизацией карбидов, образованием микропор, либо клиновидных микротрещин.

Скорость распада микроструктуры, образования и роста микроповрежденности зависит как от температуры, так и от рабочего давления, кроме того, существенную роль оказывает число пусков и остановов оборудования.

Весьма актуальным становится вопрос разработки новых эффективных методов оценки ресурса элементов технических устройств на основе оценки структурно-фазового состояния и прочностных характеристик металла энергетического оборудования после длительной эксплуатации. Все более широкое распространение получает концепция, основанная на «прогнозировании и предупреждении» вместо используемой концепции «обнаружение и устранение» [4].

В настоящее время существует большое число теоретических и экспериментальных работ по оценке ресурса работоспособности, надежности, долговечности и других характеристик длительно работающего металла потенциально-опасного оборудования. Среди них, особо следует отметить фундаментальные работы школ академиков Махутова Н. А. [5] и Митенкова Ф. М. [6].

Махутов Н. А. и Гаденин М. М. рассматривают вопросы технической диагностики остаточного ресурса и безопасности с точки зрения оценки рисков возникновения опасных состояний, которые определяются как произведение вероятностей их возникновения на соответствующие ущербы, связанные с запасами по прочности, устойчивости, ресурсу, живучести в статистической или детерминированной постановке [5]. Другими словами анализу методами математической статистики и теории вероятности подвергается большой объем данных по тому или иному оборудованию. К расчету прибавляется анализ возможных ущербов от аварий оборудования. В соответствии с этими расчетами осуществляется ранжирование объектов по классам опасности.

Митенковым Ф.М. и соавторами [6] разработана концепция оценки остаточного ресурса оборудования и систем ядерных энергетических установок. В основе данной концепции лежит определение фактической модели эксплуатации (ФМЭ) и физического закона накопления повреждений ω:

$$\omega = \sum \frac{\Delta V}{V_f}; \qquad (1)$$

где V – объемная доля дефектов, V_f – критическая объемная доля дефектов.

Из формулы (1) следует, использование физического закона накопления повреждений учитывает лишь долю дефектов, которую позволяют обнаружить современные методы и средства неразрушающего контроля. В концепции оценки остаточного ресурса оборудования и систем ядерных энергетических установок речь не идет об изменении структурно-фазового состояния металла в процессе длительной эксплуатации.

Как известно, ни одна методика, ни один алгоритм расчета остаточного ресурса не учитывают изменения, которые происходят в структуре металла в процессе длительной эксплуатации технического устройства опасного производственного объекта. В качестве примера рассмотрен расчет ресурса барабанов котлов высокого давления. Согласно нормативной документации [7] ресурс барабанов котлов высокого давления определяется по величине накопленной поврежденности металла (2):

$$A = 2\frac{n_{\text{по}}}{N_{\text{по}}} + 0,08\frac{n_{\text{по}}}{N_{\text{ту}}} + \frac{n_{\text{по}}}{N_{\text{ги}}} + \frac{40n_{\text{по}} + \omega\tau}{N_{\text{т}}}, \qquad (2)$$

где $n_{\text{по}}$ – число пусков-остановов барабана; $N_{\text{по}}$, $N_{\text{ту}}$, $N_{\text{ги}}$, $N_{\text{т}}$ – число циклов для режимов пусков-остановов, тепловых ударов, гидроиспытаний и температурных колебаний соответственно; ω – частота термоциклирования барабана в период работы котла на стационарном режиме; τ – наработка барабана.

Из выражения (2) видно, что при продлении ресурса барабанов котлов высокого давления учитывается только факторы, относящиеся к режимам эксплуатации оборудования. Структурные изменения в металле при длительной эксплуатации не учитываются.

Авторами предлагается несколько иной подход к оценке ресурса оборудования, основанный на структурном факторе.

Очевидно, что общее время безопасной эксплуатации любого оборудования (3) складывается из времени наработки оборудования до момента обследования (текущего состояния) $\tau_{\text{тек}}$ и дальнейшего времени работы оборудования до достижения предельного состояния $\tau_{\text{ост}}$ (остаточный ресурс):

$$\tau_{п.с} = \tau_{тек} + \tau_{ост}, \quad (3)$$

В металле оборудования, отработавшего длительное время в сложных напряженных условиях, зачастую, в агрессивных средах (до момента обследования), происходят сложные физико-химические и структурные изменения. Структура является важнейшим показателем металла, характеризующим его работоспособность. В памяти металла на момент диагностирования зафиксированы все виды тепловых воздействий и нагрузок, которым был подвержен металл, начиная с его изготовления и кончая определенным сроком эксплуатации (в нашем случае □ $\tau_{тек.}$).

Главное, правильно понять и оценить эти изменения. Однако структурно-фазовое состояние металла после наработки($\tau_{тек.}$) это одна сторона вопроса. С другой стороны, для оценки реального ресурса необходимо еще учитывать макродефекты (иногда они являются допустимыми, чаще их не устранили, а просто пропустили), возникшие при изготовлении, ремонте, эксплуатации оборудования в течении $\tau_{тек}$. Эти дефекты оказывают существенное влияние на достоверность оценки ресурса.

При этом текущее состояние оборудования в момент диагностирования характеризует коэффициент его текущего технического состояния $K_{т,}$ который можно представить, как

$$K_{т} \to f(K_{стр.т}, K_{реж}, K_{деф}) \to \tau_{тек}, \quad (4)$$

где $K_{стр.т}$ структурный коэффициент металла в текущем состоянии, $K_{реж}$ – коэффициент, учитывающий режимы эксплуатации (температуру, давление (нагрузку), цикличность, среду), $K_{деф}$ – коэффициент, учитывающий наличие дефектов изготовления, монтажа и ремонта в основном металле и сварных соединениях. $K_{стр.т}$ определяется характером изменения структурно-фазового состояния и полей внутренних напряжений, перераспределением источников полей напряжений и их плотности. $K_{стр.т}$ можно выразить как функцию параметров структуры в виде

$$K_{стр} \to f(\sigma_{вн}, \tau, \rho_{\pm}, \rho, \mu, d_{з}, \gamma_{к}), \quad (5)$$

где $\sigma_{вн}$ – амплитуда внутренних напряжений, МПа; τ – касательные напряжения; $\rho\pm$ – избыточная плотность дислокаций; ρ – скалярная плотность дислокаций; μ – плотность источников полей внутренних напряжений; $d_з$ – величина зерна, мкм; $\gamma_к$ – коэффициент, учитывающий размеры и характер распределения карбидных фаз в металле.

Для каждого класса материалов мы разрабатываем инженерные методы расчета структурного коэффициента.

Для ранее [8] изученных авторами сталей предложен структурный коэффициент, который отрабатывается на длительно работающих теплоустойчивых сталях оборудования топливно-энергетического комплекса на всех стадиях жизненного цикла (от исходного состояния до достижения предельного состояния и разрушения, который имеет следующий вид

$$K_{стр} = (\frac{\sigma_{вн}}{\mu} + \frac{\tau}{\mu}) Ч \frac{\rho}{\rho\pm} \gamma_{к} \cdot d_{з}^{-1/2}, \quad (6)$$

Структурный коэффициент необходимо определять на оборудовании, эксплуатируемом в сложных напряженных условиях при высоких напряжениях и температурах, при циклических и ударных нагрузках, в агрессивных средах, в периоды проведения регламентных работ (указан срок проведения диагностики, выработан определенный срок).

Для оценки реального состояния оборудования, кроме структурного коэффициента, необходимо учитывать и режимы, и монтажные, ремонтные и металлургические дефекты, и накопленные эксплуатационных дефекты, и уже на их основе оценивать коэффициенты. Следовательно, для определения $K_т$ необходимо определиться с $K_{деф}$ и с $K_{реж}$.

Из условий эксплуатации оборудования, $K_{реж}$ можно представить, как коэффициент, зависящий от числа циклов работы (N), давления, либо нагрузки (P), температуры (T), агрессивности среды (L).

Отсюда, $K_{реж} = K_N \cdot K_P\, K_T\, K_L$, числовые значения коэффициентов представлены в таблице.

$K_{деф} = K_{мет} \cdot K_{рем} \cdot K_{мон}$, числовые значения коэффициентов представлены в таблице. Значения получены экспериментально.

Таблица

Обозначения коэффициентов и их значения

№ п/п	Обозначение коэффициента	Значение коэффициента	Условия
1.	K_T – температура среды	1,0	Эксплуатация в стационарных режимах при расчетных параметрах
		1,2…1,4	Значительные нарушения температурных режимов, перегревы
		1,1	Незначительные температурные перепады
2.	K_N – цикличность	1,0	Расчетные режимы, пуски-остановы
		1,2…1,3	Нарушения режимов цикличности
		1,05…1,1	Незначительные нарушения
3.	K_L – агрессивность среды	1,0	Расчетная среда
		1,2…1,4	Агрессивная (значительные изменения) нерасчетная среда
		1,1	Незначительные нарушения параметров среды
4.	K_P – давление, либо нагрузка	1,0	Расчетные режимы эксплуатации
		1,2…1,4	Значительные перепады давления, либо нагрузки
		1,05…1,1	Незначительные перепады давления, либо нагрузки
5.	$K_{мон}$ – дефекты монтажа	1,0	Нет визуальных дефектов, твердость сварных швов нормирована
		1,3	Неустраненные дефекты монтажа, форма сварных швов, твердость, изломы, перегибы (на грани допуска)
		1,05	Незначительные дефекты (допустимые), небольшие вмятины, царапины, допустимые дефекты сварки
6.	$K_{мет}$ – дефекты металлургии	1,0	Рекомендованная структура, нормальный режим ТО, твердость в норме
		1,1	Крупные металлургические дефекты, расслоения, неметаллические включения, полосы, дефекты шлифовки и т.д.
		1,05	Незначительные дефекты
7.	$K_{рем}$ – дефекты ремонтов	1,0	нет дефектов
		1,1	Устранимые дефекты ремонта, форма шва, твердость, изгибы.
		1,05	Устранимые, допустимые дефекты

Как ранее сказано – $K_т$, коэффициент, характеризующий техническое состояние объекта контроля в момент контроля. При условии сохранения хотя бы относительного постоянства $K_{реж}$ и $K_{деф}$ на всем протяжении срока эксплуатации оборудования и в первом приближении можно записать

$$\frac{\tau_{ост}}{\tau_{тек}} \approx \frac{K_{п.с.} - K_т}{K_т}, \qquad (7)$$

где $K_{п.с.}$ – коэффициент, характеризующий техническое состояние оборудования в момент достижения предельного состояния. Здесь подход необходим сугубо индивидуальный, но с учетом уровня эксплуатации и накопления дефектности в аналогичном оборудовании при близких сроках эксплуатации. Определение этого коэффициента проводили на основе анализа условий эксплуатации (подсчитывали коэффициенты $K_{реж}$ и $K_{деф}$).

Структурный коэффициент предельного состояния оценивали по результатам исследования основного металла и сварных соединений оборудования, выработавшего свой ресурс. Из формулы (7), проведя небольшие математические преобразования и подставляя в формулу результаты расчетов и исследований, получим искомый результат – остаточное время эксплуатации оборудования.

$$\tau_{\text{ост}} = \frac{\tau_{\text{тек}}(K_{\text{п.с.}} - K_{\text{т}})}{K_{\text{т}}}, \qquad (8)$$

В настоящее время авторами создается банк данных по оборудованию ТЭК Кузбасса, предстоит большая исследовательская работа по изучению горнодобывающего оборудования (ГДО). Предлагаемая методология имеет существенный недостаток, заключающийся в сложности определения структурных критериев. Необходимо выполнение дорогостоящих электронно-микроскопических исследований.

Освободиться от данного недостатка существует несколько путей. Самым перспективным является разработка неразрушающих физических методов оценки структурных изменений. Для ряда сталей (типа хромомолибденованадиевых) нами разработаны акустические и магнитные структурные критерии оценки поврежденности [8–10]. Но в любом случае (для исключения больших погрешностей измерений) существует необходимость выполнения эталонных электронно-микроскопических исследований для каждой марки стали.

Для инженеров-практиков разрабатывается атлас гистограмм, с помощью которых, при знании структурного коэффициента, условий эксплуатации оборудования (после проведение анализа ремонтной и эксплуатационной документации) специалист найдет по гистограмме срок эксплуатации (ресурс) данного технического устройства.

Данная методология совсем не исключает проведение стандартных методов НК, они дополняют результаты наших испытаний, за их счет вводятся уточняющие поправки в соответствующие коэффициенты.

ВЫВОДЫ

1. Рассмотрены основные подходы к технической диагностике и оценке остаточного ресурса потенциально-опасного оборудования ТЭК, применяемые в настоящее время. Показано, что существующие методы и методики оценки ресурса не учитывают характер изменения структурно-фазового состояния, метала (распад структуры, изменения локальных полей внутренних напряжений) как основного, так и наплавленного металла в процессе длительной эксплуатации в сложных напряженных условиях и в агрессивных средах.

2. Предложена концептуальная модель оценки ресурса длительно работающего металла объектов ТЭК, основанная на изучении эволюции структурно-фазового состояния метала. Разработан структурный коэффициент, учитывающий характер изменения основных параметров структуры метала в процессе длительной эксплуатации, который совместно с режимным коэффициентом и коэффициентом дефектности дает возможность с достаточной степенью достоверности оценивать ресурс теплоэнергетического оборудования.

3. Для различного оборудования ТЭК проводится комплекс дополнительных исследований, включающих неразрушающие методы исследования, разрабатываются коэффициенты и гистограммы с применением которых повысится достоверность оценки ресурса.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РНФ, соглашение № 14-19-00724.

Литература.

1. Клюев В.В. Деградация диагностики безопасности. – М.: Издательский дом «Спектр», 2012. – 128 с.
2. Смирнов, А. Н. Оценка степени поврежденности длительно работающего металла энергооборудования акустическим методом / А.Н. Смирнов, А.Г. Васильев, Е.В. Шевелев // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2000. – № 5. – С. 46.
3. Смирнов, А. Н. Комплексный подход к оценке работоспособности элементов энергетического оборудования / А. Н. Смирнов, Н. В. Абабков // Известия Самарского научного центра РАН, 2010. – Т. 12. – №1 (2). – С.520–524.
4. Смирнов, А. Н. Структурная поврежденность сталей и ее оценка спектрально-акустическим и электронно-микроскопическим методами // Контроль. Диагностика. – 2004. – № 4. – С. 13–18.
5. Махутов, Н. А. Техническая диагностика остаточного ресурса и безопасности / Н. А. Махутов, М. М. Гаденин. – учеб. пособие под общ. ред. В. В. Клюева. – М.: Изд. дом «Спектр», 2011. – 187 с.

6. Митенков, Ф. М. Методы обоснования ресурса ядерных энергетических установок / Ф. М. Митенков, В. Б. Кайдалов, Ю. Г. Коротких и др. – М.: Машиностроение, 2007. – 448 с.
7. СО 153-34.17.442-2003. Инструкция по порядку продления срока службы барабанов котлов высокого давления.
8. Углов, А.Л. Акустический контроль оборудования при изготовлении и эксплуатации / А. Л. Углов, В. И. Ерофеев, А. Н. Смирнов / М.: Наука, – 2009. – 278 с.
9. Абабков, Н.В. Диагностика, повреждаемость и ремонт барабанов котлов высокого давления / Абабков Н.В., Кашубский Н.И., Князьков В.Л., Князьков А.Ф., Козлов Э.В., Конева Н.А., Макаров Н.М., Муравьев В.В., Попова Н.А., Смирнов А.Н., Фольмер С.В. – М.: Машиностроение. – 2011. – 256 с.
10. Смирнов, А.Н. Критерии оценки состояния и ресурса длительно работающих барабанов котлов высокого давления / А.Н. Смирнов, Н.В. Абабков // Сварка и диагностика. – 2013. – № 4. – С. 55–58.

МЕТОДИКА РАСЧЕТА СОСТАВЛЯЮЩИХ ЭФФЕКТИВНОЙ МОЩНОСТИ ДУГИ ПОД ФЛЮСОМ С УЧЕТОМ ПОЛЯРНОСТИ ТОКА

В.П. Сидоров, д.т.н., проф., Д.Е. Корсун, студент, М.А. Абрамова, студент
Тольяттинский государственный университет
445020, г. Тольятти, ул. Белорусская, 14, тел. (8482)-53-92-45
E-mail: otsp@tltsu.ru

В работе [1] предложена система компьютерного проектирования доли участия основного металла в металле шва при дуговой наплавке на массивное тело. Расчет доли участия позволяет, в свою очередь, определять химический состав шва при известных исходных составах электродной проволоки и основного металла

Вследствие быстродействия ЭВМ задача проектирования химического состава шва может эффективно решаться перебором параметров процесса. Однако предложенная в работе [1] методика расчета не учитывала ряд факторов. В частности, не учитывался такой существенный параметр процесса дуговой наплавки, как вылет электродной проволоки. Проблема заключается в том, что в специальной литературе приводятся зависимости и значения коэффициента расплавления электродной проволоки от тока дуги, но обычно нет сведений о вылете электрода. Поэтому при работе с компьютерной программой приходилось вводить связанные с током значения коэффициента расплавления. В модифицированном варианте программы эта проблема была решена следующим образом. Известно, что коэффициент расплавления электродной проволоки в дуге обратной полярности под флюсом при нулевом вылете практически не зависит от тока [2]. Следовательно, весь прирост коэффициента расплавления дуги обратной полярности с увеличением тока обусловлен нагревом электрода в вылете.

В связи с этим для дуги обратной полярности были проанализированы зависимости приращения коэффициента расплавления от тока дуги для нескольких диаметров электродной проволоки. В результате аппроксимации данных с помощью компьютерной программы, приведенной в [3] была получена формула 1:

$$\Delta\alpha_p = I_д/(74+36d) \qquad (1)$$

где $I_д$- ток дуги, А; d –диаметр электрода, мм. Размерность $\Delta\alpha_р$ – г/(А·час).

Использование этой формулы предполагает однозначную связь вылета с диаметром электрода и током дуги. Формула позволяет в каждом конкретном случае оценить вклад нагрева электрода в вылете в скорости расплавления электрода.

Поскольку нагрев вылета напрямую не зависит от полярности дуги, формула (1) может использоваться для любой полярности тока. Так как формулы для расчета коэффициента расплавления от действия дуги известны [2], то полный коэффициент расплавления может быть получен для любого режима расчетным путем.

Расчетные данные превышают экспериментальные на граничных участках диапазона токов при прямой полярности для всех диаметров на +13%. Такое систематическое отклонение возможно связано с тем, что на обратной полярности в связи с увеличением катодной мощности, вводимой в электрод, повышается скорость его подачи и, следовательно, происходит относительное снижение мощности в вылете. Иначе говоря, вылет меньше времени находится под действием тока. Поэтому в расчет определения полного $\alpha_р$ для обратной полярности был введен коэффициент 0,87, а для переменного тока 0,94.

Другой частью модификации программы являлось уточнение провара основного металла в зависимости от полярности дуги. Известно, что при расчете эффективной мощности сварочной дуги с плавящимися электродами полярность тока не рассматривается. В то же время провар основного металла при сварке под флюсом выше в дуге обратной полярности, на которой в большинстве случаев и ведется сварка. В расчетах провара это учитывается с помощью эмпирических коэффициентов, зависящих от полярности [2]. В работах [4,5] было показано, что разница в проварах обусловлена различным влиянием мощности, передаваемой изделию с электродного металла, на провар по сравнению с мощностью от приэлектродной области дуги. Поэтому провар при сварке плавящимся электродом целесообразно представлять как сумму проваров от двух источников тепла с различными параметрами распределения. Однако такая физическая модель ранее аналитически не исследовалась.

Были проанализированы коэффициенты пропорциональности между токами и проварами на различных полярностях, приведенные в работе [2], путем расчета их отношений. Эти соотношения справедливы для способа двухсторонней сварки пластин. Результаты приведены в табл. 1.

Таблица 1

Соотношение эмпирических коэффициентов пропорциональности между током и проваром

Диаметр электрода, мм	$К_о/К_\sim$	$К_п/К_\sim$	$К_о/К_п$
	Флюс ОСЦ-45		
2	1,116	0,885	1,261
3	1,130	0,826	1,368
4	1,095	0,81	1,353
5	1,158	0,789	1,47
Среднее для ОСЦ-45	1,125	0,828	1,363
Флюс АН-348А			
2	1,12	0,92	1,217
3	1,136	0,864	1,316
4	1,1	0,9	1,22
5	1,105	0,895	1,235
Среднее для АН-348А	1,115	0,895	1,247
Среднее для 2-х флюсов	1,12	0,862	1,305

Примечание: $К_о/К_\sim$ - соотношение проваров на обратной полярности и переменном токе; $К_п/К_\sim$ тоже для прямой полярности; $К_о/К_п$ – соотношение проваров на обратной и прямой полярности.

Таким образом, на обратной полярности обеспечивается провар в среднем на 30% больший, чем на прямой. Примерно такое соотношение должна обеспечивать методика расчета эффективных мощностей для прямой и обратной полярностей.

Для реализации был предложен следующий подход. Известно, что вольтов эквивалент эффективной анодной мощности, определенный по коэффициенту плавления электрода при нулевом вылете близок к $U_{эа}$ = 6 Вт/А и практически не зависит от тока. В то же время суммарный вольтов эквивалент приэлектродных областей дуги составляет примерно 22 Вт/А и равен сумме приэлектродных падений напряжения [6]. Эта сумма сравнительно легко определяется с помощью опыта короткого замыкания дуги. Следовательно, вольтов эквивалент катодной области может быть принят $U_{эк}$= 16 Вт/А. Далее было сделано допущение, что изделию передается 100 % мощности его приэлектродной области. Доля мощности, вносимая остальными областями должна определяться расчетным путем на основе экспериментальных данных. В результате получили простые формулы для определения вольтова эквивалента эффективной мощности дуги под флюсом.

На обратной полярности

$$U_o = U_{эк} + \varphi(U_д - U_{эк})$$

На прямой полярности

$$U_п = U_{эа} + \varphi(U_д - U_{эа})$$

Коэффициент φ оценивается на основе экспериментальных данных.

Результаты расчетов эффективных мощностей и их соотношений при φ = 0,4 приведены в табл. 2.

Таблица 2

Расчетные соотношения эффективных мощностей прямой (ПП)
и обратной (ОП) полярностей

d, мм	$I_д$, А	Полярность	$q_и$,Вт	$q_о/q_п$
2	300	ОП	6553	1,38
		ПП	4752	
3	500	ОП	8888	1,37
		ПП	6487	
4	700	ОП	17220	1,32
		ПП	13020	
5	900	ОП	23084	1,31
		ПП	17684	

Из табл. 2 следует, что данный подход вполне работоспособен, отношение эффективных мощностей соответствует соотношению проваров при двухсторонней сварке пластин. Для дальнейшего уточнения методики необходима математическая модель проплавления изделия при двухсторонней сварке.

Данный подход был использован при выполнении компьютерной лабораторной работы со студентами, обучающимися по дисциплине «Специальные вопросы сварки плавлением» магистерской программы «Сварка и пайка новых органических и неорганических материалов». В актуализированной лабораторной работе [7] наглядно показывается, что полярность дуги является важным технологическим фактором, влияющим на долю участия основного металла в металле шва и, следовательно, на химический состав шва.

Выводы:

1. Провар от дуги под флюсом обратной полярности в среднем на 30% выше провара от дуги прямой полярности.

2. Предложена методика расчета доли эффективной мощности, вносимой в изделие приэлектродной областью по вольтовым эквивалентам электрода, обеспечивающая учет разницы проваров при различных полярностях дуги.

3. Коэффициент полезного действия общей мощности электродных капель и столба дуги, дающий удовлетворительное совпадение отношения опытных значений проваров и эффективных мощностей составляет примерно 40%.

Литература.

1. Сидоров В.П. Математическое моделирование проплавления металла при наплавке шва на массивное тело. Тольятти, Изд-во ТолПИ. - 1987.- 34 с.
2. Акулов, А.И., Технология и оборудование сварки плавлением / А.И. Акулов, Г.А. Бельчук, В.П. Демянцевич. – М.: Машиностроение, 1977.- 432 с.
3. Дьяконов, В.П. Справочник по алгоритмам и программам на языке Бейсик для персональных ЭВМ / В.П. Дьяконов. - М.: Наука, 1987. - 240 с.
4. Сидоров, В.П. Влияние рода и полярности тока на плавление основного и электродного металла при сварке под флюсом / В.П. Сидоров // Сварка и диагностика, 1913, № 3- С.20-23
5. Сидоров, В.П. Вклад в проплавление изделия мощности электродного металла при сварке под флюсом / В.П. Сидоров, Н.А. Борисов // Пайка -2013 : сборник материалов международной научно-технической конференции (Тольятти, 10-12 сентября 2013 года) / редкол. : А.Ю. Краснопевцев (отв. ред.) [и др.]- Тольятти : Изд-во ТГУ, 2013 359 с. С. 232-239.
6. Технологические свойства сварочной дуги в защитных газах / В.А. Ленивкин, Н.Г. Дюргеров, Х.Н. Сагиров. – М.: Машиностроение, 1989.- 264 с.
7. Сидоров, В.П. Математическое моделирование энергетических процессов сварки. Лабораторный практикум. Тольятти: Изд-во ТГУ, 2014. - 193 с.

ОСНОВНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ВИХРЕВОЙ МОДЕЛИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ДУГИ

А.П. Степанов, ст. преп.
Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского Томского политехнического университета
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26 тел. (38451)-7-77-65
E-mail: apsuti@rambler.ru

При исследовании высокочастотного дугового разряда в вакуумном сферическом конденсаторе (рис. 1) визуально обнаружено вращение токовых нитей электрической дуги и активных пятен дуги. При этом отчетливо видны анодное и катодное пятна, непрерывное вращательное движение этих пятен и токовых нитей. Таким образом, при горении разряда происходит эффективное вращательное (вихревое) движение столба и пятен дуги.

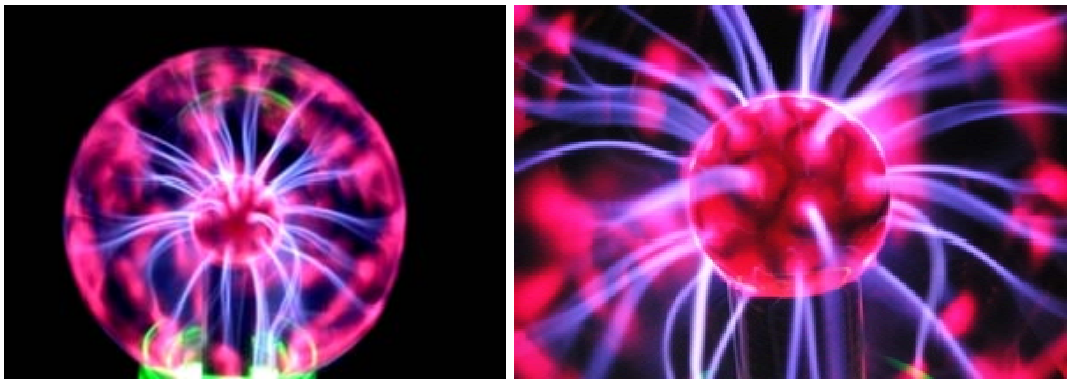
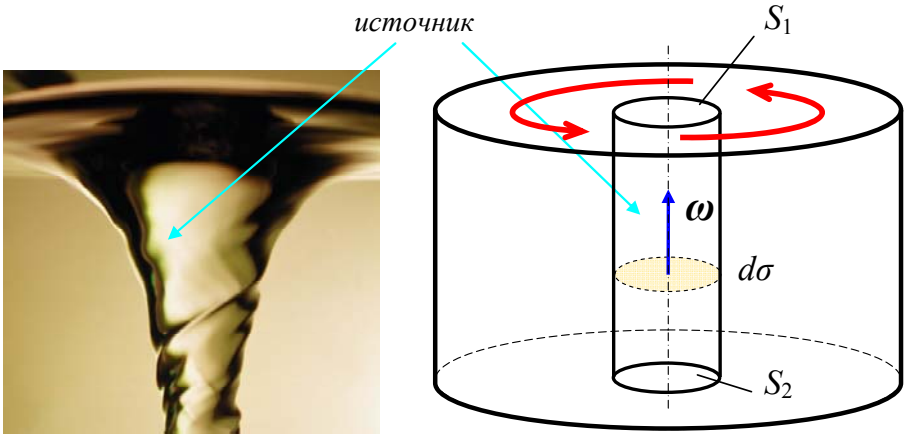


Рис. 1. Высокочастотный дуговой разряд в сферическом вакуумном конденсаторе (плазменная лампа Теслы)

Из теории вихрей известно, что вихревое движение – это движение жидкости или газа, при котором их малые элементы (частицы) перемещаются не только поступательно, но и вращаются около некоторой мгновенной оси [1]. Как следует из проведенных экспериментов, при горении электрической дуги существует вращательное движение заряженных частиц столба вокруг своей оси. При этом происходит также поступательное движение частиц по направлению к электродам. Значит, при горении электрической дуги происходит вихревое движение заряженных частиц и, следовательно, дуга является физическим объектом с вихревой структурой, короче – вихрем заряженных частиц.

Если электрическая дуга есть вихрь, значит, ее основные свойства подобны свойствам вихревых физических объектов в жидкости или газе: воронка, смерч, торнадо и т.п. (рис. 2, а), и значит, она должна подчиняться универсальным основным закономерностям вихревой теории.



а) б)

Рис. 2. Вихревое движение жидкости (газа)

По аналогии с вихревой теорией сформулируем основные понятия и положения, которым должна удовлетворять вихревая модель электрической дуги.

Основными понятиями вихревой теории являются понятия вихревого движения, вихревая линия, вихревая нить и теоремы Гельмгольца о вихревых нитях. Под вихревым движением плазменного столба дуги будем называть движение, при котором частицы столба перемещаются не только поступательно, но и вращаются около некоторой мгновенной оси. Количественно вихревое движение характеризуют вектором ***w*** угловой скорости вращения заряженных частиц. В общем случае вектор ***w*** зависит от координат в плазменном столбе и от времени.

Согласно Гельмгольцу [2], линию, касательные к которой совпадают направлениями мгновенных осей вращения частиц, называют вихревой линией. По аналогии с теорией вихрей [1] можно сделать вывод, что в плазменном столбе электрической дуги должен существовать источник вихревого движения – вихревая нить (рис. 4, б), в результате чего плазменный столб вращается вокруг вихревой линии. При этом для вихревых нитей должны выполняться четыре теоремы Гельмгольца.

По первой теореме Гельмгольца вихревое движение слагается из поступательного движения, вращательного и движения деформации. Движение деформации имеет потенциал скоростей. Бесконечно малый вихревой шарик, деформируясь, обращается в бесконечно малый вихревой эллипсоид, причем оси его направлены по осям деформации.

Произведение площади сечения вихревой нити $d\sigma$ на угловую скорость вращения частиц w в этой нити называется напряжением вихревой нити. По второй теореме Гельмгольца напряжение вдоль всей вихревой нити остается величиной постоянной. Она устанавливает понятие о вихревых нитях и показывает, что они не могут иметь внутри столба дуги ни начала, ни конца. Вихревая нить (трубка) имеет начало и конец только на поверхности электродов.

По третьей теореме Гельмгольца вихревая нить всегда остается нитью. Четвертая теорема Гельмгольца – теорема о неразрушимости и неизменности напряжения вихревой нити во все время ее движения. Напряжение вихревой нити во все время движения одинаково. Хотя площадь сечения вихревой нити и угловая скорость могут меняться, но напряжение вихревой нити будет одно и то же. Она не может ни разорваться, ни исчезнуть.

Таким образом, на основании вихревой теории и теорем Гельмгольца можно утверждать: 1) вихревая нить и вихревой канал проводимости дуги должны быть геометрически и физически подобны; 2) вихревой канал проводимости (вихревой шнур) не может ни разорваться, ни исчезнуть; 3) напряжение вихревого шнура всегда одно и то же; 4) на концах вихревого шнура всегда будет пониженное давление, поэтому он своими концами будет «прилипать» к электродам.

Существует множество моделей дуги, в которых детально рассмотрены процессы в столбе дуги и в приэлектродных областях [3]. Однако в этих моделях дуги не постулируются физические условия для возникновения вихревого вращательного движения – нет силы вращения.

Рассмотрим произвольный объем в среде, в которой имеется вихревое движение. Среда состоит из определенных тел (частиц). Значит, на произвольную частицу этой среды должна действовать сила ***F***, которая является причиной вихревого движения.

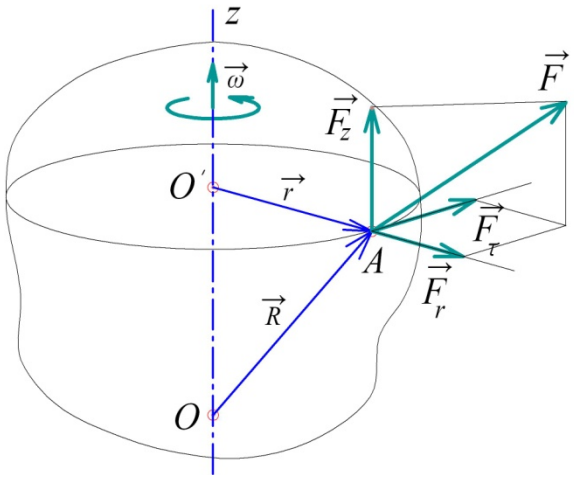


Рис. 3. Силы, действующие на частицу при вихревом движении

Проведем через точку приложения силы *A* (рис. 3) окружность с центром на оси вращения, плоскость которой перпендикулярна этой оси. Разложим вектор силы на следующие составляющие: осевую $\boldsymbol{F}_z$ – вдоль оси вращения; радиальную $\boldsymbol{F}_r$ – вдоль касательной к построенной окружности; тангенциальную $\boldsymbol{F}_\tau$ – вдоль касательной к построенной окружности. Каждая из этих составляющих имеет наглядный и очевидный смысл. Осевая составляющая стремится сдвинуть тело вдоль оси, радиальная составляющая стремится сдвинуть тело по направлению к оси и только тангенциальная составляющая способна придать вращение телу.

Таким образом, для возникновения вихревого движения плазменного столба электрической дуги, на заряженные частицы в межэлектродном промежутке должны действовать все три составляющие силы $\boldsymbol{F}$. Осевую силу $\boldsymbol{F}_z$, действующую на заряженные частицы, обеспечивает электрическое поле между катодом и анодом. Радиальная сила $\boldsymbol{F}_r$, согласно современным моделям дуги, возникает из-за наличия собственного магнитного поля дуги. Тангенциальной силы $\boldsymbol{F}_\tau$, которая обеспечивает вихревое движение, в известных моделях дуги не существует. Поэтому эти модели не позволяют адекватно объяснить эффект вращения дуги, наличие вихревой структуры плазменного столба дуги.

Для объяснения наблюдаемого в экспериментах вращения столба дуги и электродных пятен разработана электродинамическая вихревая модель электрической дуги. Согласно этой модели при возбуждении дуги сначала формируется вихревой шнур, образованный упорядоченным вихревым движением электронов. Этот электронный вихревой шнур образует основу квазинейтрального вихревого канала проводимости в плазменном столбе электрической дуги. Токопроводящий канал замыкает цепь электрической дуги между анодом и катодом. На границе с электродами он образует характерное свечение – анодное и катодное пятна. Электродинамическая вихревая модель дуги является единственной моделью, в которой дуга рассматривается как физический объект с вихревой структурой.

Литература.

8. Жуковский Н.Е. Основы вихревого движения // Собрание сочинений. Т.7. – М.-Л.: Гостехиздат, 1950. С.132-149.
9. Гельмгольц Г. Основы вихревой теории. – Москва – Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2002, С. 246.
10. Низкотемпературная плазма / В.С. Энгельшт, В.Ц. Гурович, Г.А. Десятков и др. В 7 т. Т.1: Теория столба электрической дуги. – Новосибирск: Наука, 1990. – С. 376.

СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КАПЛЕПЕРЕНОСОМ ПРИ ДУГОВОЙ СВАРКЕ

А.В. Филонов, старший преподаватель
Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского Томского политехнического университета
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел. (38451) 5-09-06
E-mail: a.filonow@mail.ru

Многие характеристики процесса сварки плавящимся электродом в защитных газах зависят от типа каплепереноса металла электрода. Типы переноса металла, а также силы, действующие на металл электрода в дуге, описаны в работах [1, 2]. Каждый тип переноса металла характеризуется как преимуществами, так и недостатками.

Возможны несколько вариантов получения капель заданной массы. Одним из перспективных направлений для решения задач управления каплепереносом является введение в процесс импульсных воздействий [3]. В настоящее время получили развитие три системы управления каплепереносом:

– электрические системы, воздействующие на процесс импульсами тока от специальных источников (импульсно-дуговой процесс);

– механические системы, реализуемые с помощью подающих механизмов с импульсной подачей электродной проволоки;

– комбинированные системы, сочетающие совместное воздействие электрических и механических систем.

Первое направление – электрические системы – изучено наиболее полно и воплощено в различных импульсных источниках питания сварочной дуги [4]. Разнообразие способов реализации первого направления позволяет получить практически любые алгоритмы изменения энергетических характеристик сварочной дуги. Кроме того реализация обратных связей в подобных устройствах позволяет создавать адаптивные системы управления.

К недостаткам подобных устройств можно отнести сложность схемотехнических решений, и, как следствие, более высокая их стоимость. Сложность, а иногда невозможность работы в сложных условиях высоких электромагнитных возмущений.

Вторую группу – механические системы – согласно классификации, предложенной в работе [5], представляют устройства, оказывающие воздействие на систему подачи присадочного материала.

Устройства, воздействующие на систему подачи присадочного материала, представлены механизмами с изменяемым местом токоподвода, механизмами с некруглыми и специальными спрофилированными роликами, механизмами с изменяемой скоростью вращения двигателя подачи электродной проволоки. Данные механизмы повышают стабильность процесса сварки, а также улучшают формирование сварного шва. Общими недостатками механизмов представленной группы являются узкий частотный диапазон, сложность, а иногда невозможность коррекции режимов в ходе сварки. Но с другой стороны подобные устройства наименее критичны по отношению к используемому источнику питания и роду тока, т.е. данные способы можно реализовать в комплектации с серийными источниками питания.

В настоящее время материалы, касающиеся данного вопроса и изложенные в работе [5], получили дальнейшее развитие. Поэтому представляется необходимым дополнить, приведенную выше информацию.

Существующие механизмы импульсной подачи электродной проволоки можно разделить по ряду признаков определяющих их характерные особенности.

Одним из важных признаков механизмов подачи как постоянной, так и импульсной является способ подачи проволоки. Согласно этому признаку можно провести разделение на механизмы:

– толкающего типа (подающее устройство располагается перед направляющим каналом, его работа заключается в проталкивании проволоки через сварочный шланг в зону сварки);

– тянущего типа (подающее устройство находится после направляющего канала, механизм работает на вытягивание проволоки из сварочного шланга).

Другим классификационным признаком может являться вид применяемого привода подачи электродной проволоки. В соответствии с данным признаком можно выделить два основных направления в развитии механизмов импульсной подачи сварочной проволоки:

– механизмы с приводом от электродвигателя (постоянного или переменного тока, шаговые электродвигатели);

– механизмы с приводом подачи от электромагнитов.

Подающие механизмы на основе электромагнитов реализуются по трём типичным схемам [6, 7].

Первый вариант – один электромагнит и один возвратный элемент. Возвратный элемент в этих конструкциях исполнен в виде либо пружины [8], либо в виде упругих мембран [9, 10]. Недостатком механизмов такого исполнения является нерациональное использование мощности электромагнита, которая используется не только для подачи сварочной проволоки, но и для сжатия возвратного элемента.

Второй вариант – механизмы, в которых вместо возвратной пружины используется второй электромагнит [9, 11]. К его недостаткам можно отнести низкую скорость нарастания подачи проволоки и нестабильность шага импульса, потому что, как и у предыдущего, для преодоления первоначальной инерции механизм требует увеличения мощности электромагнита, а возвратный электромагнит используется не в полную силу.

Третий вариант – механизм, который при возврате захвата, не требующего больших усилий, одновременно сжимает пружину (рис. 1) [12], т. е. накапливает энергию по мере втягивания якоря электромагнита, а затем эта энергия отдается в начальный момент движения проволоки, что приводит к её быстрому разгону и позволяет максимально использовать всю энергию, подведённую к подающему механизму.

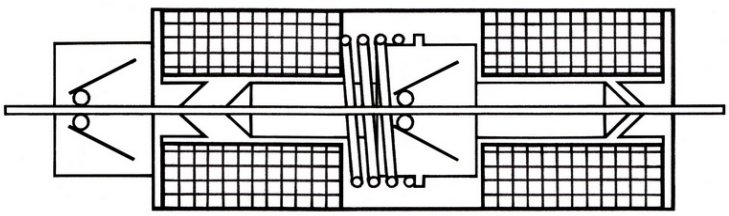


Рис. 1. Подающий механизм на основе электромагнитов

Подающие механизмы с приводом от электродвигателя, помимо представленных в работе [5], можно дополнительно разделить на:

1. Безредукторные механизмы с приводом от электродвигателя [13];
2. Механизмы с эсцентриковым роликом или профилированным кулачком;
3. Механизмы с программируемым напряжением питания электродвигателя подачи [14];
4. Механизмы с подвижным захватом на основе квазиволнового преобразователя (КВП) [15, 16];
5. Подающие механизмы с шаговым электродвигателем;
6. Безредукторные механизмы с вентильным электроприводом [17].

Анализ информационных источников показал, что ведущими разработчиками в этом направлении развития импульсных подающих механизмов являются Института электросварки им. Е.О. Патона (Украина) и фирма «Fronius».

С позиции украинских специалистов наиболее совершенными и универсальными, отличающимися значительными возможностями регулирования параметров импульсов, являются механизмы с КВП, в которых подающий ролик устанавливается непосредственно на валу электродвигателя, программируемое импульсное вращение вала которого обеспечивает микропроцессорная система управления [3]. Одним из последних их решений является система импульсной подачи электродной проволоки с использованием специального вентильного электропривода, оснащенного компьютеризированным регулятором характеристик вращения вала [18, 19].

Фирма «Fronius» разработала способ управления переносом металла с торговой маркой CMT (Cold Metal Transfer). Во время короткого замыкания проволока оттягивается назад, протекание тока прекращается, капля переходит в ванну без брызг [20, 21]. Фактически данный способ является одним из представителей третьей системы управления каплепереносом – комбинированной.

Механизмы импульсной подачи на основе электродвигателей с возможностью безредукторной импульсной подачи представляют собой перспективные разработки, однако необходимо учитывать, что их стоимость превосходит стоимость обычных систем в 1,2-1,5 раза [22].

Таким образом, управление каплепереносом с помощью различного вида импульсных воздействий является актуальным, что подтверждается современным развитием сварочного оборудования и технологии с целью получения сварного шва с заданными свойствами.

Литература.

1. Потапьевский А.Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом. Часть 1. Сварка в активных газах. – Киев: «Екотехнологія», 2007. 192 с.
2. Потапьевский А.Г., Сараев Ю.Н., Чинахов Д.А. Сварка сталей в защитных газах плавящимся электродом. Техника и технология будущего: монография. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 208 с.
3. Патон Б.Е., Лебедев В.А., Пичак В.Г., Полосков С.И. Эволюция систем импульсной подачи электродной проволоки для сварки и наплавки // Сварка и Диагностика. – 2009. – № 3. – С. 46-51.
4. Лебедев В.А. Тенденции развития механизированной сварки с управляемым переносом электродного металла (обзор) // Автоматическая сварка. – 2010. – № 10. – С. 45–53.
5. Шигаев Т.Г. Приемы модулирования сварочного тока и устройства для их осуществления // Автоматическая сварка. – 1983. – № 8. – С. 51-55.
6. Брунов О.Г. Механизированная сварка в среде активных газов с импульсной подачей проволоки: научное издание. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2007. – 137 с.
7. Брунов О.Г., Федько В.Т., Слистин А.П. Механизмы импульсной подачи сварочной проволоки // Технология металлов. – 1999. – № 11. – С. 7-9.
8. Воропай Н.М., Савельев О.Н., Семергеев С.С. Электромагнитные механизмы импульсной подачи сварочной проволоки // Автоматическая сварка. – 1980. – № 1. – С. 46-49.
9. Воропай Н.М. Принципы построения устройств для импульсной подачи сварочной проволоки // Автоматическая сварка. – 1998. – № 8. – С. 19-25.
10. Родионов Ю.А., Брунов О.Г., Лысенко А.Ф. Механизм импульсной подачи сварочной проволоки // Патент России № 2090325. 1997.
11. Федько В.Т., Брунов О.Г., Лысенко А.Ф. Механизм импульсной подачи сварочной проволоки // Патент России № 2104134. 1998.
12. Брунов О.Г., Федько В.Т., Князьков А.Ф., Слистин А.П. Механизм импульсной подачи сварочной проволоки // Патент России № 2136463. 1999.
13. Ковешников С.П., Белоусов А.Н., Павлов В.Ф., Полосков С.И. Безредукторные механизмы импульсной подачи сварочной проволоки // Сварочное производство.– 1984.– №5.– С. 32-34.

14. Красношапка В.В., Кузнецов В.Д., Скачков И.О. Использование привода постоянного тока для импульсной подачи сварочной проволоки // Автоматическая сварка.– 1993.– №9.– С. 53-54.
15. Лебедев В.А. Особенности конструирования механизмов импульсной подачи электродной проволоки в сварочном оборудовании // Автоматическая сварка.– 2003.– №3.– С. 48-52.
16. Лебедев В.А., Мошкин В.Ф., Пичак В.Г. Новые механизмы для импульсной подачи электродной проволоки // Автоматическая сварка.– 1996.– №5.– С. 39-44.
17. Лебедев В.А., Максимов С.Ю., Пичак В.Г. и др. Новые механизмы подачи электродной и присадочной проволок // Сварочное производство. – 2011. – № 5. – С. 35-39.
18. Лебедев В.А. Особенности управления процессом сварки плавящимся электродом с импульсной подачей электродной проволоки // Сварка и Диагностика. – 2014. – № 1. – С. 15-18.
19. Патон Б.Е., Лебедев В.А., Лендел И.В., Полосков С.И. использование механических импульсов для управления процессами автоматической и механизированной сварки плавящимся электродом // Сварка и Диагностика. – 2013. – № 6. – С. 16-20.
20. Бондаренко В.Л. Дуговая сварка с импульсной подачей электродной проволоки – процесс СМТ, предложенный фирмой «Фрониус» // Автоматическая сварка. – 2004. – № 12. – С. 55-58.
21. Лебедев А.В. Транзисторные источники питания для электродуговой сварки (обзор) // Автоматическая сварка. – 2012. – № 9. – С. 34-40.
22. Лебедев В.А. Классификация механизмов подачи электродной проволоки для сварочного оборудования // Сварочное производство. – 2010. – № 1. – С. 31-37.

КОРРОЗИОННАЯ СТОЙКОСТЬ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ИЗ ВЫСОКОЛЕГИРОВАННОЙ СТАЛИ АУСТЕНИТНОГО КЛАССА

М.А. Кузнецов, Е.А. Зернин, к.т.н., доц., Д.С. Карцев
Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского Томского политехнического университета
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел. 8(38451)5-09-06
E-mail: kyznechik_85@mail.ru

В сварных соединениях высоколегированных, коррозионно-стойких сталей, вследствие высокой электрохимической гетерогенности, обусловленной неоднородностью химического состава металла шва, структуры, свойств и напряженного состояния происходят наиболее интенсивные коррозионные разрушения по сравнению с основным металлом. Основные трудности свариваемости данных сталей обусловлены многокомпонентностью их легирования и разнообразием условий эксплуатации сварных конструкций. Главной и общей особенностью сварки является склонность к образованию в металле шва и околошовной зоне горячих трещин, имеющих межкристаллитный характер [1]. Это и является основной причиной разрушения трубопроводов, аппаратуры химической, металлургической, энергетической, атомной промышленности, теплоносителей [2,3].

Коррозионному разрушению подвергается аустенитная фаза. Чем больше зерно феррита и чем меньше аустенитная фаза, тем интенсивнее развивается коррозионное разрушение в ОШЗ. Если конкретно брать стали аустенитного класса типа 12Х18Н10Т, то в них происходит коррозионные разрушения по линии сплавления [4]. Данная сталь имеет не высокую стойкость против локального разрушения металла зоны термического влияния и против коррозионного износа по сравнению с другими сталями своего класса [5, 6, 7].

Подтверждено, что механизм охрупчивания металла зоны термического влияния связан с развитием процесса разупрочнения границ аустенитных зерен, способствующих формированию исходной поврежденности структуры в участке крупного зерна при дуговой сварке [8].

Для повышения стойкости сварных соединений к коррозионному износу, а также для восстановления работоспособности оборудования, работающего в коррозионно-активных средах необходим комплексный подход, включающий создание и освоение новых методов восстановления работоспособности оборудования. В процессе эксплуатации происходит активный коррозионный износ, протекающий особенно интенсивно в зонах сварных соединений [9].

Для повышения коррозионной стойкости сварных соединений применяют несколько способов.

Что бы сварные швы обладали высокой стойкостью против горячих трещин и межкристаллитной коррозии необходимо, что бы металл шва имел двухфазную аустенитно-ферритную структуру. Одним из первых способов борьбы с межкристаллитной коррозией было легирование металла шва

элементами-ферритизаторами, но как показали исследования данное легирование, не устраняет развитие коррозии, если металл подвергать длительному нагреву [10].

Стойкость к межкристаллитной коррозии после длительного нагрева можно сохранить, применив стабилизирующий отжиг [11] или например, легирование металла шва редкими, редкоземельными и щелочно-земельными элементами, никелем [12]. Еще один из способов борьбы с коррозией представлен в работе [13], заключается в лазерной обработке сварных швов. Так же в работе [1] представлены исследования по влиянию типа покрытия электрода на коррозионную стойкость металла шва, которые показали, что наплавленный металл, выполненный электродами с основным покрытием имеет более высокую стойкость.

В работе предлагается исследовать влияние наноструктурированных порошков-модификаторов на коррозионную стойкость сварных соединений из высоколегированной стали аутенитного класса. Наноструктурированные порошки-модификаторы подавали в сварочную ванну через защитный газ в помощи устройства [14].

Для экспериментальных исследований использовались образцы из стали 12Х18Н10Т в виде пластин толщиной 5 мм, сваренные плавящимся электродом в среде аргона сварочной проволокой марки 12Х18Н9Т согласно ГОСТ 14771-76. Образцы наплавлялись по четырем различным вариантам: №1 – наплавка в среде аргона проволокой сплошного сечения; №2 – наплавка в среде аргона проволокой сплошного сечения с добавлением наноразмерного порошка молибдена (Mo) в защитный газ; №3 – наплавка в среде аргона проволокой сплошного сечения с добавлением нановолокон оксогидроксида алюминия (AlOOH)в защитный газ; №4 – наплавка в среде аргона проволокой сплошного сечения с добавлением наноразмерного порошка вольфрама (W) в защитный газ.

В данной работе для получения НП Al, W и Mo использовались следующие проволоки: алюминиевая марки «АМ», вольфрамовая марки «ВА», молибденовая «МА» Величина удельной поверхности НП W и Mo составила 2,6 $м^2/г$, что соответствует среднеповерхностному диаметру частиц 122 нм. НП Al имел размеры первичных частиц от 10 нм, которые объединялись в агрегаты с размерами до 500 нм и в агломераты до 5 мкм – со слабой связью между агрегатами. Среднеповерхностный диаметр частиц НП Al составил 100 нм. НП Al был предварительно пассивирован на воздухе, при этом содержание металлического алюминия оставалось не менее 91 % масс. Затем НП Al подвергали термогидролизу с целью получения нановолокон оксогидроксида Al (AlOOH). Методика получения нановолокон AlOOH, используемых в данной работе описана в [15].

Для проведения испытаний экспериментальных образцов на коррозионную стойкость применяли метод АМУФ ГОСТ 6032, в котором испытания образцов проводятся в растворе серной кислоты и сернокислой меди в присутствии металлической меди и фтористого натрия или фтористого калия. Реактив и режим воздействия был выбран из приложения Г ГОСТ 6032, согласно рекомендациям для данной марки стали. Продолжительность испытания составила 2 часа. После окончания испытаний проводилась аттестация на стойкость к межкристаллитной коррозии (МКК) металлографическим методом, для чего были приготовлены металлографические шлифы из контрольных образцов, не подвергавшихся испытанию, и образцов после испытания. Плоскость шлифа была перпендикулярна сварному шву и включала металл шва, зону термического влияния и основной металл. Микроструктура выявлялась травлением в рекомендованном ГОСТ 6032 электролите при времени воздействия до появления границ зерен. Для регистрации результатов металлографического исследования использовались микроскоп оптический NEOPHOT-21 и микроскоп конфокальный лазерный сканирующий LEXTOLS4000.

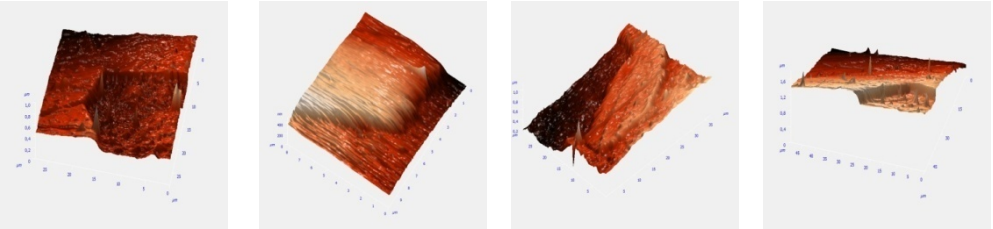
Анализ микроструктур показал, что у всех образцов выявляется зеренная аустенитная структура с примерно одинаковым размером зерна. Однако, при одном и том же времени воздействия наиболее интенсивно вытравливались границы зерен у образцов №1 и №3.

Для определения глубины разрушения границы зерна выборочно была исследована структура образца после коррозионных испытаний с помощью лазерно-конфокального микроскопа.

Оценка склонности к МКК производилась путем определения количества зерен с четко выявленными границами, ширина которых могла достигать 30 мкм. Проведенные исследования не обнаружили зерен с такой шириной границ. Самые тонкие границы зерен были у образца №4, в данном случае отмечена и наибольшая схожесть общего вида микроструктуры контрольного образца и образца после испытаний в агрессивной среде.

Границы зерен в зоне термического влияния не вытравливаются. Это значит, что при стандартном испытании на коррозионную стойкость проявлений межкристаллитной коррозии действительно нет ни у одного образца. Процесс травления происходил не по границам зерен, а по всей плоскости зерен. В зависимости от ориентации зерен их поверхность стравливалась сильнее иди сла-

бее. Таким образом, между зернами образовывались ступеньки. Средняя высота этих ступенек на разных образцах различна: №1 – 200 нм, №2 – 275 нм, №3 – 320 нм, №4 – 250 нм. Микроструктура образцов представлена на рисунке 1.



а) б) в) г)

Рис. 1 Микроструктура образцов: а – образец №1; б – образец №2;
в – образец №3; г – образец №4

Выводы:

1. Природа нанопорошков влияет на коррозионную стойкость образцов сварных соединений. Самые коррозионностойкие образцы получены при использовании нанопорошков молибдена и вольфрама.
2. Самые тонкие границы зерен были обнаружены у образца, в который при сварке добавлялся нанопорошок вольфрама.

Литература.

1. Кривоносова Е.А., Синкина Е.А., Горчаков А.И. Влияние типа покрытия электрода на коррозионную стойкость металла шва стали 08Х18Н10Т // Сварочное производство. - №4. – 2012. - С. 38-41.
2. Коломийцев Е.В. Коррозионно усталостная прочность тавровых соединений стали 12Х18Н10Т и методы ее повышения // Автоматическая сварка. - №12. – 2012. - С. 41-43.
3. Махненко В.И., Махненко О.В., Козлитина С.С., Дзюбак Л.И. Сварные конструкции из аустенитной стали типа 10Х18Н10Т в условиях радиационного распухания // Автоматическая сварка. - 2012. - №2. - С. 7-12.
4. Н.И. Каховского, К.А. Ющенко Влияние сварочного нагрева на микроструктуру и свойства сталей типа 21-3 и 21-5. // Автоматическая сварка, №10, 1963, с. 16-25.
5. Полетаев Ю.В., Зубченко А.С. Склонность к локальному разрушению сварных соединений хромомарганцевых и хромоникелевых аустенитных сталей. // Сварочное производство, №10, 1989, с.11-13.
6. Полетаев Ю.В., Пеньков В.Б., Феклистов С.И. Склонность аустенитных сталей к образованию горячих трещин при сварке и локальных разрушений при малоцикловой ползучести. // Автоматическая сварка, №2, 1989, с. 8-14.
7. Полетаев Ю.В. Зубченко А.С. Структура и свойства сварных соединений хромо-марганцовистых сталей. // Сварочное производство, №7, 1987, с. 20-22.
8. Полетаев Ю.В.Влияние химической микронеоднородности на склонность к локальному разрушению металла ЗТВ сварных соединений. // Сварочное производство, №3, 2012, с. 10-13.
9. Сараев Ю.Н., Селиванов Ю.В. Оценка производительности и качества выполнения ремонтно-восстановительных работ оборудования из стали типа 12Х18Н10Т // Сварочное производство. - №1. – 2011. - С. 17-22.
10. Н.И. Коперсак Влияние легирующих элементов на 475º-ную хрупкость аустенитно-ферритного наплавленного металла. // Автоматическая сварка №7, 1963, с. 16-20.
11. В.А. Нечаев, С.В. Юнкер Влияние состава стали 1Х18Н9Т и ее сварных соединений на стойкость против межкристаллитной коррозии после нагрева 500ºС. // Автоматическая сварка №7, 1963, с. 34-40.
12. А.Г. Александров Коррозионная стойкость сварных соединений хромоникелевых сталей в щелочных средах (обзор). // Сварочное производство, №5, 1990, с. 12-13.
13. А.Н. Сафонов Структура и коррозионная стойкость сварных соединений сталей аустенитного класса после лазерной обработки поверхности. // Сварочное производство, №7, 1998, с. 5-9.
14. Кузнецов М.А., Зернин Е.А., Колмогоров Д.Е., Шляхова Г.В., Данилов В.И. Строение, морфология и дисперсность металла, наплавленной дуговой сваркой плавящимся электродом в аргоне в присутствии наноструктурированных модификаторов // Сварка и диагностика. – 2012. - №6. - С. 8-10.
15. Яворовский Н.А., Шиян Л.Н., Савельев Г.Г., Галанов А.И. Модифицирование полимерных мембран нановолокнами оксогидроксида алюминия. // Нанотехника. – 2008. – №3(15). – с.40-45.

РЕНТГЕНОСТРУКТУРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ СТАЛИ 09Г2С

Н.И. Голиков, к.т.н., в.н.с., А.А. Платонов, аспирант, Ю.Н. Сараев, д.т.н., в.н.с.*
Институт физико-технических проблем Севера им. В.П. Ларионова СО РАН,
ул. Октябрьская,1, г. Якутск, 667980, e-mail:administration@iptpn.ysn.ru
*Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, пр. Академический, 2/4, г. Томск, *634055. E-mail:litsin@ispms.tsc.ru*

Введение

Известно, что изготовление хладостойких сварных соединений сталей с высокой прочностью сильно затруднено вследствие целого ряда специфических факторов. Это связано, прежде всего, с характером горения дуги при сварке в условиях низких температур окружающей среды, кинетикой протекания процессов кристаллизации металла шва, возникающих напряжений и сварочных деформаций в создаваемых металлоконструкциях. Практика эксплуатации машин и конструкций, работающих в условиях Сибири и Крайнего Севера в зимний период, показала, что производительность разных видов техники снижается до 1,5 раз по сравнению с летним периодом. Наработка на отказ падает в 2-3 раза, фактический срок службы сокращается в 2-3 раза по сравнению с нормативным [1].

Для решения данной проблемы требуется разработка принципиально новых положений теории сварочных процессов, учет которых при реализации технологических процессов сварки и наплавки позволит обеспечить повышение эксплуатационной надежности сварных конструкций и изделий северного исполнения в целом. Основой этих положений, на наш взгляд, могут стать методы адаптивного управления сложной электродинамической системой: источник питания – дуга – сварочная ванна – изделие, и, обеспечивающих условия формирования равнопрочности зон соединений хладостойких материалов путем оптимального тепло вложения при сварке [2].

Проведенные в последние годы фундаментальные исследования основ сварочных процессов и природы появления различного рода дефектов, в частности, технологических трещин и пор, в том числе при ведении сварки на холоде, позволили установить физическую природу аномальности поведения сварочной дуги при сварке в условиях низких температур [3,4]. Это позволило сформулировать концептуальный подход к снижению дефектности и повышению прочностных и эксплуатационных показателей сварных соединений методами адаптивной импульсно-дуговой сварки [3]. Сутью такого подхода является управление всеми стадиями формирования сварного соединения: горением дуги, плавлением и переносом электродного металла в сварочную ванну, кристаллизацией металла шва из расплава, через каналы обратных связей, контролирующих основные энергетические характеристики технологического процесса с учетом возмущающих воздействий [5, 6]. Отмеченный подход позволил создать новые инновационные технологические решения в сварке и наплавке, повышающие показатели безопасности, живучести и эксплуатационной надежности технических систем, работающих в условиях Сибири и Крайнего Севера [7]..

Цель работы: развитие представлений о свойствах сварных соединений стали 09Г2С, полученных электродуговой сваркой на постоянном и модулированном токе при комнатных и отрицательных температурах, методами рентгеноструктурного анализа.

Методика проведения исследований

Для исследований стыковых сварных соединений стали 09Г2С сваркой были подготовлены сварные пробы по ГОСТ 5264-80, тип соединения С17. Предварительно на свариваемых пластинах размерами 100х200х6 мм были нанесены фаски с углом скоса кромок 30° и притуплением 2 мм. Перед сваркой пластины во избежание послесварочных деформаций были собраны на специальном кондукторе с зазором 2,5 – 3,0 мм, при этом прихватки были расположены с торцов пластин. Односторонняя сварка листовых проб производилась в два слоя – корневой и облицовочный, электродами марки LB-52U. При сварке корневого шва использовался электрод диаметром 3,2 мм, а для облицовочного - диаметром 4 мм. Сварку проб производили импульсно-дуговым инверторным источником питания ФЕБ-315 «МАГМА» в двух режимах постоянным и модулированным током, а также при различных температурах окружающего воздуха положительной (+18°С) и отрицательной (-48°С).

В процессе сварки регистрацию ее параметров осуществляли с помощью прибора AWR-224 МД. Средние параметры режимов сварки приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1

Режимы дуговой сварки проб постоянным током

Слой	I, A	U, B	$V_{св}$, м/ч	Уровень погонной энергии, кДж/м
Корневой	90	25	4,9	1405
Облицовочный	150	25	6,99	1642

Таблица 2

Режимы адаптивной импульсно-дуговой сварки проб

Слой	$I_и$, A	$I_п$, A	$t_и$, c	$t_п$, c	U, B	$V_{св}$, м/ч	Уровень погонной энергии, кДж/м
Корневой	90	40	0,3	0,3	20	4,29	1017
Облицовочный	180	50	0,3	0,3	24	6	1606

Рентгеноструктурные исследования проводились на высокоточном рентгеновском дифрактометреULTIMAIV фирмы Rigaku с использованием Co-$к_α$излучения. Дифрактограммы получали с боковой обработанной (протравленной) поверхности образцов. Исследованы 4 образца из стали 09Г2С со сварным швом, вырезанных из проб:

- №1 – сварка модулированным током при температуре +18°С;
- №2 – сварка постоянным током при температуре +18°С;
- №3 - сварка модулированным током при температуре -48°С;
- №4 – сварка постоянным током при температуре -48°С.

Рентгеновскую съемку образцов проводили по трем участкам: №1 –металл шва (МШ); №2 – на удалении 1,5 мм от линии сплавления; №3 –на удалении 15 мм от линии сплавления (рис.1). Полученные результаты сравнивались с эталонными дифрактограммами, которые получены рентгеновской съемкой отожженного образца из стали исследованных пластин.

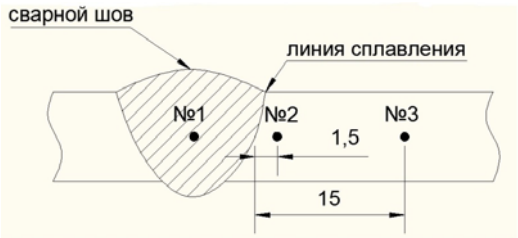


Рис. 1. Схема рентгеновской съемки образцов с указанием номеров участков

С целью нахождения всех получаемых пиков от данного образца произведена первая серия съемок в диапазоне углов 42.00°≤2θ≤162.00° со скоростью сканирования 1град/мин и шагом сканирования 0.02°.Для более точного определения линии цементита (121) и высоты максимумов проводилась вторая серия съемок в диапазоне 50.00°≤2θ≤58.00° со скоростью равной 0.1 град/мин и шагом сканирования 0.01°.

Результаты исследований и их обсуждение

Известно, что чувствительности рентгеновского метода исследования часто оказывается недостаточно для качественного и количественного определения цементита в низколегированных сталях. Данное утверждение подтверждается дифрактограммой, представленной на рисунке 1. Сталь 09Г2С относится к сталям феррито-перлитного класса, однако рентгеноструктурный анализ образцов в исходном состоянии не показывает наличие фаз цементита. По-видимому, это связано с чувствительностью дифрактометра, который не позволяет выявить малое содержание фаз цементита в исследуемой стали.

В процессе сварки происходит повторное расплавление свариваемого материала, и последующая его кристаллизация с образованием зоны структурной неоднородности, которая и определяет свойства неразъемного соединения в процессе эксплуатации. Исследование металла шва и околошовной зоны сварных соединений стали, полученных при различных режимах сварки, выявили существенные различия в дифрактограммах металла. Видимо изменение термического цикла сварки способствует количественному росту фаз цементита, процентное содержание которого можно оценить с помощью рентгеноструктурного анализа.

Результаты рентгеноструктурных исследований приведены в таблице 3, где θ – угол отражения; I - интенсивность дифракционной линий от плоскости отражения (121) и (110). В эталонном образце отсутствуют линии цементита (рис. 2), а в образцах со сварными швами обнаружены линии цементита (карбид железа - Fe_3C), кроме участка 3 образца № 1.

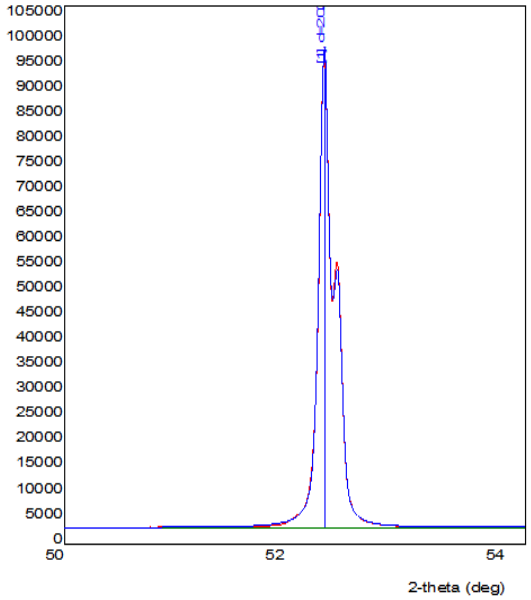


Рис.2. Дифрактограмма эталонного образца

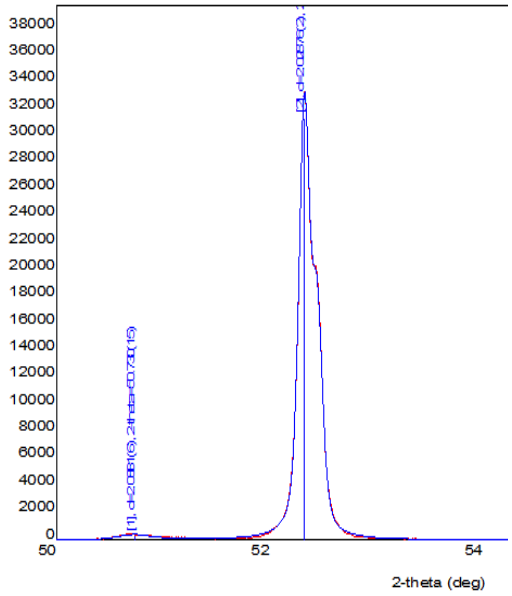


Рис. 4. Дифрактограмма металла шва образца №2

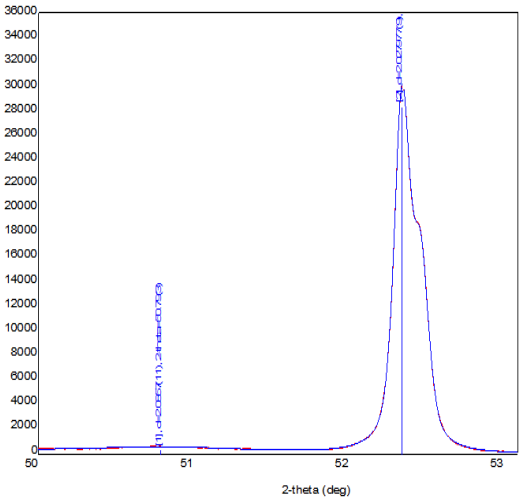


Рис. 5. Дифрактограмма металла шва образца №4

Анализ дифракционных линий цементита показывает, что наибольшая интенсивность (следовательно и содержание) обнаруживается в металле шва (участок № 1, рис. 1), а наименьшая в участке № 3, рис. 2 – на удалении 15 мм от линии сплавления. Для анализа было проведено рентгеноструктурное исследование образцов, сваренных не только с применением различных методов сварки, но и в условиях как положительных, так и отрицательных температур (см. таблицу 3). На рисунках 3 и 4 представлены дифрактограммы металла шва образцов № 2 и № 4. В зависимости от условий и режимов сварки интенсивность линий цементита изменяется. Так у образцов, сваренных на постоянном токе (образцы № 2 и № 4), она ставится больше, чем у образцов полученных с применением режимов импульсного изменения энергетических параметров режима (образцы № 1 и № 3).

При сварке в условиях отрицательных температур также выявлено повышение интенсивности линий цементита по сравнению со сваркой при положительных температурах. В таблице 3, столбец 7, показано процентное соотношение интенсивностей линий цементита и железа, где наибольшее значение (1,4%) обнаружено в металле шва образца полученного сваркой на постоянном токе при положительной температуре. Как известно, цементит хрупкое соединение, и его большое содержание в стали способствует снижению хладостойкости.

Таблица 3.

Результаты рентгеноструктурного исследования

Образец,	№ участка	2θ Fe_3C (121) [deg]	I Fe_3C (121) [cps]	2θ α-Fe (110) [deg]	I α-Fe (110) [cps]	% Fe_3C (121) от α-Fe (110)
№1	1	50.78	164	52.32	25380	0.65
	2	50.89	131	52.33	25151	0.52
	3	-	-	52.33	24424	-
№2	1	50.79	398	53.34	28574	1.4
	2	50.70	230	52.34	27908	0.82
	3	51.12	66	52.33	26945	0.24
№3	1	50.67	222	52.33	25171	0.88
	2	50.86	103	52.34	25309	0.41
	3	50.94	44	52.34	25737	0.17
№4	1	50.73	289	52.32	31427	0.92
	2	50.89	283	52.33	25120	1.13
	3	51.15	106	52.34	25469	0.42
Эталон		-	-	52.36	91391	-

Заключение

В ходе проведенных исследований установлено, что в сварных соединениях стали 09Г2С на участках металла шва и зоны термического влияния наблюдается заметное увеличение карбидов железа, содержание которых всецело зависит от применяемых методов и режимов сварки, а также температурных условий формирования сварных соединений.

В целом применение методов адаптивной импульсно-дуговой сварки позволяет снизить содержание цементита в соединениях, полученных как условиях положительных, так и условиях отрицательных температур, что, несомненно, свидетельствует о преимуществах этих методов при сооружении конструкций из сталей ферритно-перлитного класса по сравнению с методами сварки на постоянном токе.

Работа выполнялась в рамках Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук РФ на 2013-2020 гг. и программы фундаментальных исследований Президиума РАН "Поисковые фундаментальные научные исследования в интересах развития Арктической зоны Российской Федерации», шифр: «Арктика-2014».

Литература.

1. Saraev Yu.N., Bezborodov V.P., Grigorieva A.A., Golikov N.I., Dmitriev V.V. and Sannikov I.I. Distribution of residual stresses in welded joints in 09G2S steel produced by adaptive pulsed-arc welding. Welding International, 2015. Vol. 29, No. 2, 131–134, http: //dx.doi.org/10.1080/09507116.2014.897804.
2. Saraev Yu.N., Lebedev V.A., Solodsky S.A. The development and practical application of adaptive pulse-arc welding in the manufacturing and repair of metal structures responsible function // Applied Mechanics and Materials. Vol. 682 (2014). Pp. 332-338. Submitted: 07.07.2014. Online available since 2014/Oct/27 at www.scientific.net Accepted: 31.07.2014 © (2014) Trans Tech Publications, Switzerland, doi: 10.4028 / www.scientific.net / AMM.682.332.
3. Saraev Y.N. Adaptive pulsed-arc methods of mechanized welding in the construction of transmission pipelines / Welding International. – 2002. – # 16 (6). - p. 475 – 480.
4. Grigorieva A.A., Saraev Yu.N., Bezborodov V.P. Control of structure and properties of welded connections of alloy steels by application highly concentrated pulse energy actions // Applied Mechanics and Materials. Vol. 682 (2014). Pp. 261-265. Submitted: 07.07.2014. Online available since 2014/Oct/27 at www.scientific.net Accepted: 31.07.2014 © (2014) Trans Tech Publications, Switzerland. doi:10.4028/www.scientific.net/AMM.682.2615.
5. Shpigunova O.I., Saraev Y.N. Computer aided design of pulsed arc welding ensuring defectless joint of metals. - Materials Science Forum/ THERMEC'2003 conference on proceeding & Manufacturing of advanced materials, Madrid. 2003. – p. 4027 – 4031
6. Saraev Yury. The development and application of adaptive pulse-arc welding methods for construction and repair of pipelines // Mechanical Engineering, Automation and Control Systems (MEACS), 2014 International Conference on, 16-18 Oct. 2014. – Pp. 1-5. Print ISBN: 978-1-4799-6220-4. DOI: 10.1109/MEACS.2014.6986956.
7. Saraev Yu.N., Bezborodov V.P., Grigorieva A.A., Golikov N.I., Dmitriev V.V. and Sannikov I.I. Distribution of residual stresses in welded joints in 09G2S steel produced by adaptive pulsed-arc welding. Welding International, 2015. Vol. 29, No. 2, 131–134, http://dx.doi.org/10.1080/09507116.2014.897804.

СЕКЦИЯ 2

Инновационные технологии получения и обработки материалов в машиностроении

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТОЧНОСТИ ФРЕЗЕРОВАНИЯ НЕЖЕСТКИХ ДЕТАЛЕЙ

А.В. Балашов, к.т.н., доцент, А.С. Жидецкая, аспирант, И.С. Потапов, студент
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова
656038, г. Барнаул, пр. Ленина, 46, тел. (3852)-29-09-23
E-mail: bavagtu@mail.ru

Существующая тенденция к снижению материалоемкости выпускаемых изделий, возрастающие потребности промышленности в упругих устройствах обусловили непрерывный рост объема производства нежестких корпусных деталей высокой точности. Нежесткие корпусные детали применяются в широком классе машин. Анализ литературных источников, рабочих чертежей нежестких корпусных деталей позволил выявить наиболее характерные требования по точности, предъявляемые к данным поверхностям: отклонения формы и взаимного расположения главных поверхностей - от 5 мкм до 50 мкм; точность линейных размеров (толщина стенки) - 7 - 10 квалитеты; параметр шероховатости, Ra - 0,32 - 0,25 мкм. Достижение данных требований без использования специально разработанных способов достижения требуемой точности весьма затруднительно.

В АлтГТУ г. Барнаул разработан способ управления показателями точности (СУПТ) фрезерования нежесткой корпусной детали [1, 2], в котором обеспечение заданных показателей волнистости, плоскостности и толщины стенки осуществляется автоматически, за счет изменения режима резания в процессе обработки. Принципиальная схема способа приведена на рисунке 1.

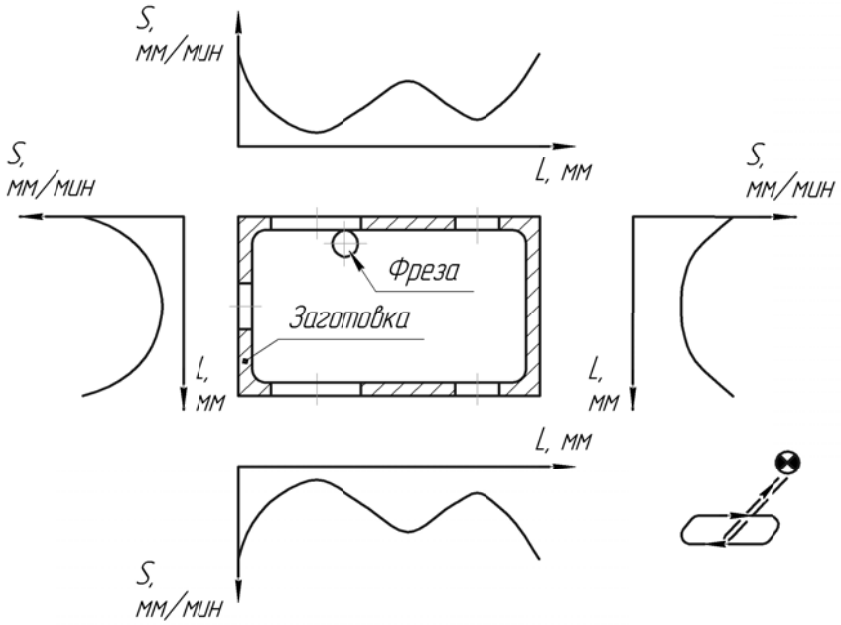


Рис. 1. Способ управления показателями точности фрезерования нежесткой детали

Технические решение предусматривают возможность управление показателями точности нежесткой детали посредством управления подачей инструмента или заготовки в зависимости от положения фрезы относительно нежесткой заготовки.

Особенности технической реализации СУПТ обусловлены конструкцией объекта обработки. Приведем пример реализации СУПТ при фрезеровании нежестких стенок корпусной детали.

На первом этапе необходимо доказать принципиальную возможность реализации СУПТ для конкретной детали и определить условия его осуществления. Для решения поставленной задачи следует провести математический эксперимент.

Прогнозирование величин деформаций нежесткого элемента заготовки в процессе его обработки обеспечивается посредством метода конечных элементов. Построение геометрической модели объекта обработки и разбивка его на конечные элементы можно осуществить с помощью прикладных программ пакетов Solid Works, ANSYS, Компас и др. На рисунке 2 представлена геометрическая модель корпуса с осуществленной разбивкой на конечные элементы.

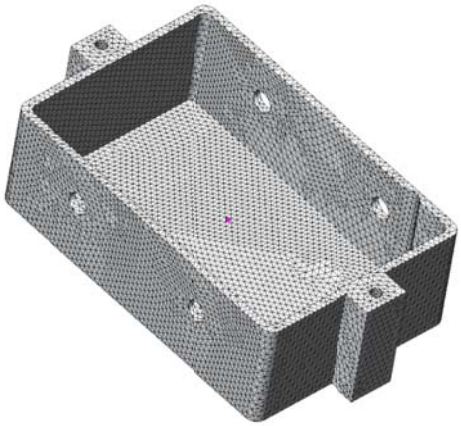


Рис. 2. Геометрическая модель корпуса с разбивкой на конечные элементы

В качестве исходных данных для моделирования процесса фрезерования выступают: технические характеристики оборудования, инструмента; режимы обработки; сведения об обрабатываемом материале; чертеж детали. При моделировании используется ряд ограничений, к основным из которых можно отнести возможные величины смещений заготовки относительно установочных элементов приспособления в различных направлениях, а также размеры площадок, к которым приложены внешние силы (усилия зажима, сила резания).

После создания сетки может быть осуществлена процедура решения, в результате которой будет получена картина относительных перемещений и напряжений в детали. При визуализации результатов расчетов программа отображает характер деформации модели в масштабе, позволяющем иметь представление об их структуре, а суммарные перемещения в каждой точке тела модели и внутренние напряжения отображаются с помощью цветовых шкал (рисунки 3 и 4).

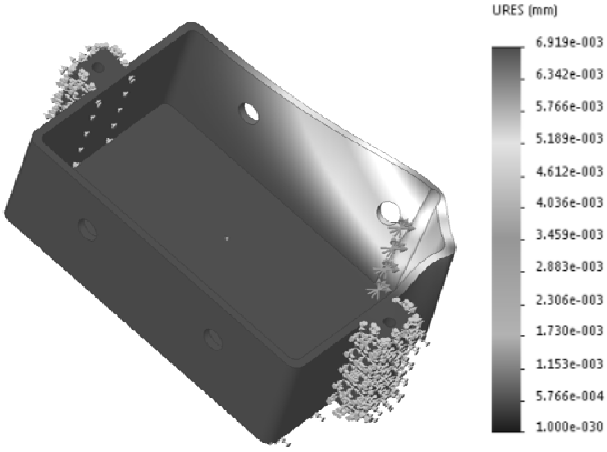


Рис. 3. Эпюра суммарных относительных перемещений в среде SolidWorks

При расчетах должны учитываться значения внутренних напряжений, которые должны быть меньше предела пропорциональности материала детали (рисунок 4).

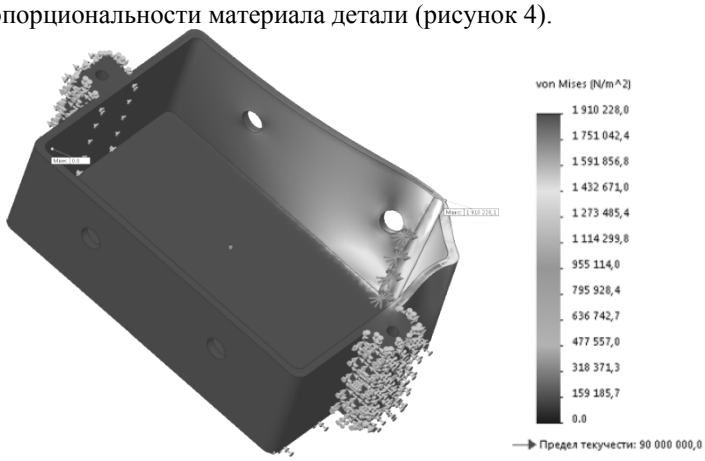


Рис. 4. Отображение эпюры напряжений в среде SolidWorks

На первом этапе реализации СУПТ деталь разбивается на ряд сечений (рисунок 5).

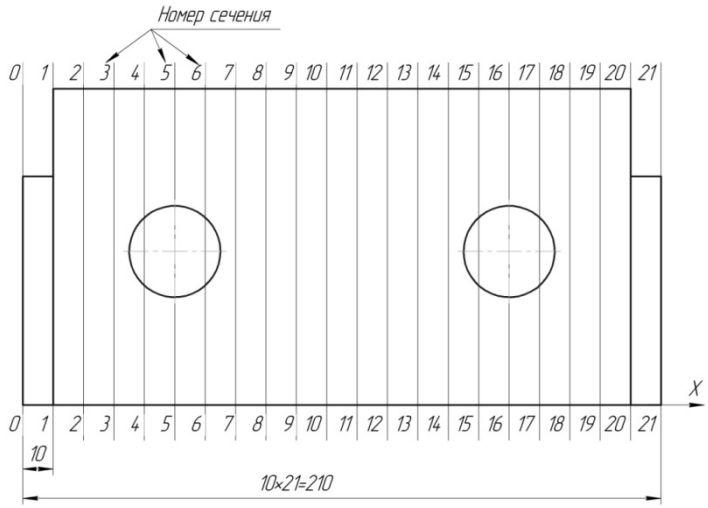


Рис. 5. Сечения детали

Далее определяется зависимость перемещений стенки детали от координаты приложения нагрузки *X* (рисунок 5). Зависимость перемещений стенки детали от координаты приложения нагрузки показана на рисунке 6.

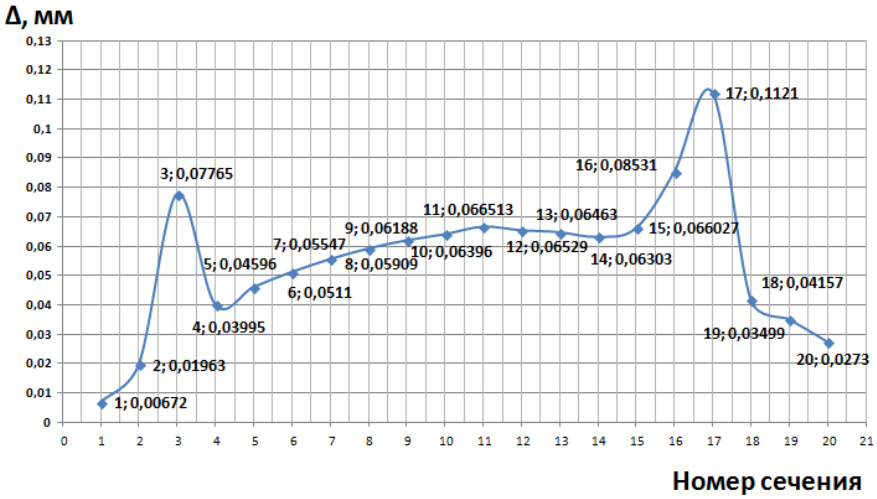


Рис. 6. Зависимость перемещений стенки детали от координаты приложения нагрузки

Полученный график показал, что на деформацию стенки оказывает значительное влияния конструктивно-геометрические характеристики детали.

В большинстве случаев обработки, деформации в заготовке не превысят предела пропорциональности, однако, в определённых условиях, например, при сочетании высокой пластичности материала и низкой жесткости детали, возможно возникновение пластических деформаций, ведущих к недопустимому короблению детали.

Второй этап реализации СУПТ. Для обеспечения заданных отклонений формы и взаимного расположения поверхностей необходимо обеспечить равномерное перемещение стенки заготовки. С этой целью для каждого сечения детали подбирается сила резания, необходимая для получения перемещения, равного предельно допустимому. Допустимое перемещение стенки заготовки определяется техническими требованиями, предъявляемыми к детали.

Сила резания, обеспечивающая равномерное перемещение стенки детали (см. рисунок 2) отображена на рисунке 7.

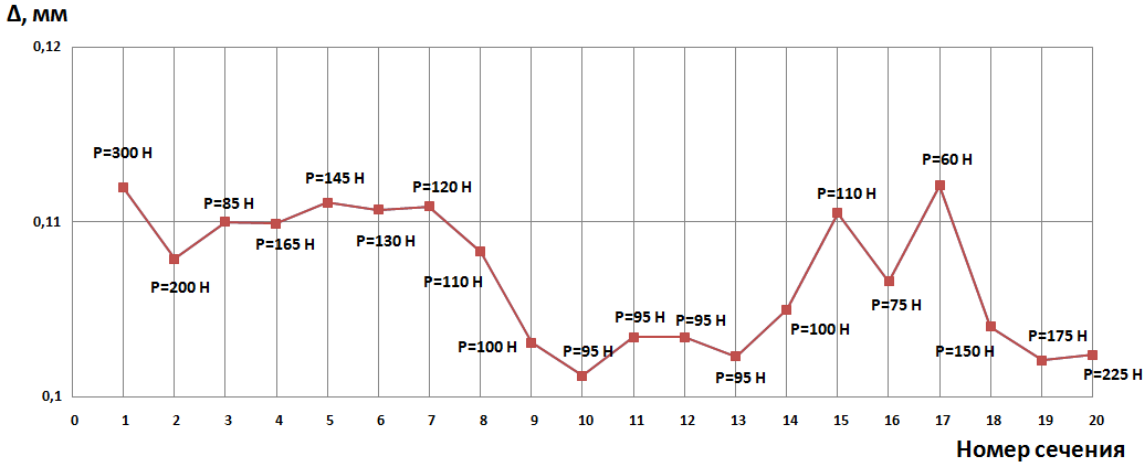


Рис. 7. Сила резания, обеспечивающая равномерное перемещение стенки детали

На третьем этапе реализации СУПТ по подобранной силе резания необходимо рассчитать подачу фрезы для каждого положения инструмента относительно заготовки.

На рисунке 8 отображена зависимость минутной подачи от положения фрезы.

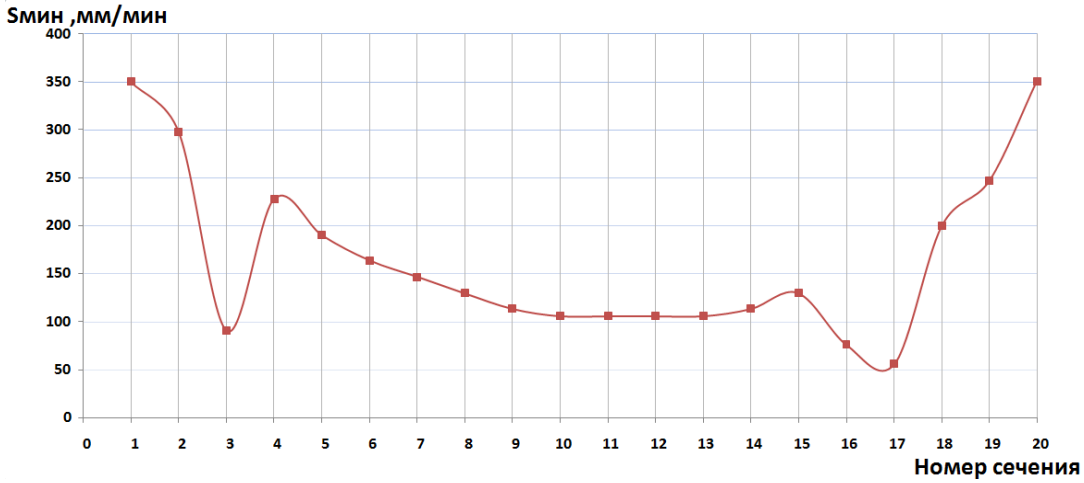


Рис. 8. Зависимость минутной подачи от координаты приложения нагрузки

На четвертом этапе реализации СУПТ рассчитанные значения минутной подачи должны учитываться при подготовке управляющей программы для станка с ЧПУ.

Выводы. Математическое моделирование процесса фрезерования нежесткой детали с использованием метода конечных элементов выявило зависимость величины деформации тонкостенной поверхности детали от положения фрезы в процессе обработки, и позволяет назначить минутную подачу, обеспечивающую необходимую деформацию.

Разработанная методика назначения минутной подачи в зависимости от жесткости заготовки позволяет обеспечить равномерную деформацию заготовки и следовательно обеспечить необходимую точность обработки с наименьшим временем.

Литература.

1. Балашов А.В., Татаркин Е.Ю., Черепанов А.А., Потапов И.С., Силивакин В.С. Моделирование процессов формообразование поверхностей деталей методом конечных элементов. Вестник Алтайской науки №2-2. 2013. С. 222-227.
2. Черепанов А.А., Балашов А.В., Светлова Т.Г. Совершенствование элементов технологической оснастки для обработки нежестких деталей. Ползуновский альманах. 2012. № 1. С. 223-227.

АСИММЕТРИЧНАЯ ПРОКАТКА МЕДНОЙ ПОЛОСЫ

К.Г. Бахадиров
Ташкентский государственный технический университет
100095, г. Ташкент, ул. Университетская, 2, тел. (8371) 246-46-00
E-mail: bahadirov@mail.ru

В сравнении с традиционной симметричной прокаткой при асимметричной прокатке давление на валки уменьшается на 25%, а плотность ленты на 15 % больше при таком же давлении на валки [1]. Асимметричный процесс прокатки позволяет руководить формой раската, снизить силу прокатки, получать более высокие механические свойства, что в свою очередь приведёт к снижению себестоимости прокатываемой продукции.

Экспериментально установлено, что с отношениями диаметров валковой пары 1,00, 1,05 и 1,11 с температурным режимом между 900°С и 1100°С, с установленными диапазонами уменьшения толщины заготовки на уровне 15%, 30% и 60%, асимметричная прокатка позволяет образования высокий фракции рекристаллизации зерна с меньшими и средними размерами в центральном слое рулона относительно симметричной прокатки [2].

Изучена технология и оборудования прокатного производства АО «Узметкомбинат». Разработана технология процесса ассиметричной прокатки меди и её сплавов в условиях АО «Узметкомбинат», которая направлена на обеспечение высокой производительности и экономической эффективности производства.

Технологические режимы обжатий симметрично прокатанной медной полосы при прокатке на прокатном стане фирмы «Mino» приведены в табл. 1.

Таблица 1

Технологические режимы обжатий медной полосы при прокатке
на прокатном стане ф. «Mino». Прокат с размера 17,9 до размера 3,0 мм

№ пропуска	Толщина полосы, мм		Обжатие			Усилие прокатки, т	Скорость прокатки, м/мин	Натяжение, м	
	на входе	на выходе	абсолютное, мм	относительное, %				переднее	заднее
				единичное	суммарное				
1	17,90	14,8	3,1	17,32	17,32	183	39-50	10948	737
2	14,8	12,25	2,55	17,23	31,56	274		12035	4582
3	12,25	10,0	2,25	18,37	44,13	340		12043	3115
4	10,0	8,10	1,9	19,00	54,75	325		12038	4719
5	8,10	6,44	1,66	20,49	64,02	342		12043	2887
6	6,44	5,21	1,23	19,10	70,89	340		12036	4552
7	5,21	4,25	0,96	18,43	76,26	280		12045	3269
8	4,25	3,0	1,25	29,41	83,24	326		3312	3762

Технологическая схема производства холоднокатаной медной ленты до размера 0,5 мм представлена на рис. 1.

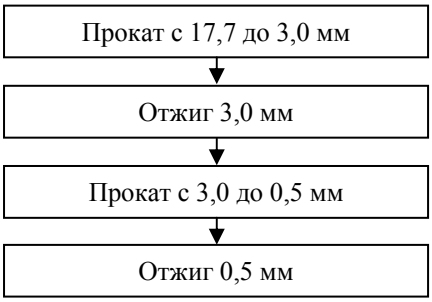


Рис. 1. Технологическая схема производства холоднокатаной медной ленты

Твердость поверхности бочки валка до и после прокатки проверяли по Роквеллу переносным твердомером по ГОСТ 8.426 с погрешностью средства измерения ± 2 HRC.

Шероховатость поверхности до и после проката проверяли при помощи измерителя шероховатости DIAVITE DH – 7, с пределом средства измерения от 10 до 0,008 μm, с погрешностью ± 5

%.Диаметр валков проверяли электронным микрометром МКЦ по ГОСТ 6507 с пределом средства измерений от 250 до 275 мм, с погрешностью 0,001 мм.

Результаты всех измерений прокатных рабочих валков сведены в табл. 3.

Таблица 3

Твердость, шероховатость поверхности бочки
и диаметр валков до и после проката.

Номер рабочего валка	**Диаметр, мм**		**Шероховатость поверхности, μm**		**Твердость (HRC)**	
	до	**после**	**до**	**после**	**до**	**после**
3616808	256,12	256,06	0,22	0,56	63.9/63.7/64.5	64.4/63.6/64.0
3228001	245,61	245,55	0,38	0,57	62.6/62.9/63.4	63.4/62.7/63.7
3228012	245,61	245,55	0,39	0,57	63.8/63.8/63.9	64.5/63.6/64.0
3616812	253,92	253,82	0,36	0,56	65.3/63.7/64.9	63.1/62.8/62.7
3616804	255,33	255,28	0,39	0,56	62.1/61.6/64.5	63.5/63.5/63.8
3616806	255,33	255,28	0,38	0,56	63.2/63.5/63.7	64.5/63.9/64.5
3228010	247,43	247,33	0,51	0,57	63.4/62.1/64.0	61.7/62.0/61.9
3228009	247,43	247,33	0,44	0,57	63.2/62.6/63.4	62.7/62.8/61.7
3616809	255,05	254,98	0,37	0,57	64.6/64.3/64.9	63.9/64.6/63.0
3616811	256,13	256,06	0,36	0,55	65.3/63.1/63.5	64.7/64.0/64.5
3616810	255,05	254,98	0,37	0,57	65.0/63.8/64.5	64.6/65.0/64.6
3228011	255,90	255,87	0,38	0,56	64.6/63.8/63.8	62.7/62.7/63.0
3616805	255,90	255,87	0,39	0,56	62.6/62.4/64.0	63.4/63.5/64.0
3616803	256,13	256,06	0,37	0,55	64.6/64.4/65.1	63.9/64.6/63.8
3616801	255,84	255,73	0,20	0,57	64.2/63.1/64.2	63.7/64.2/63.6
3616802	255,84	255,73	0,29	0,57	64.3/64.2/65.1	63.6/64.2/63.8
3616807	256,12	256,06	0,28	0,56	63.5/63.4/63.7	63.0/63.6/63.9
3228002	247,92	247,85	0,38	0,56	64.4/62.6/62.8	63.8/64.5/63.9
3228006	247,92	247,85	0,40	0,56	63.2/61.6/63.1	62.9/62.5/63.0
3228008	253,92	253,82	0,36	0,60	64.2/63.8/64.5	63.7/63.1/64.0

Возможные причины возникновения асимметричной продольной прокатки можно разбить на шесть основных групп:

1. Геометрическая асимметрия, определяемая геометрией валков и углами входа и выходами прокатываемого металла из валков;
2. Кинематическая асимметрия, связанная с неравенством окружных скоростей рабочих валков;
3. Поверхностная асимметрия, связанная с качеством и свойствами поверхностей рабочих валков и прокатываемой полосы и определяемая твёрдостью поверхности;
4. Физико-механическая асимметрия, определяемая асимметрией физических и механических свойств рабочих валков, а также неравномерностью механических и пластических свойств по толщине;
5. Контактная асимметрия, вызываемая веществами, подающими извне в очаг деформации между поверхностями рабочих валков и прокатываемого металла;
6. Температурная асимметрия, связанная с неравномерным нагревом прокатываемого металла и рабочих валков в процессе прокатки.

Каждая из этих асимметрий в той или иной степени влияет на процесс продольной прокатки и приводит к следующим характерным явлениям: асимметрии контактных нормальных и касательных напряжений; асимметрии напряжённого состояния и течения прокатываемого металла в очаге деформации; асимметрии распределения крутящих моментов прокатки между рабочими валками; асимметрии геометрической формы очага деформации; асимметрии обжатий и вытяжки со стороны каждого из рабочих валков; асимметрии поверхностных и механических свойств, структуры и текстуры прокатанного металла.

Из представленных выше шести групп асимметричной продольной прокатки в условиях АО «Узметомбинат» наиболее подходящей и легко реализуемой является первая и третья группы.

Асимметричная прокатка в валках, вращающихся с различными окружными скоростями, позволяет снизить давление металла на валки, в результате чего повышается точность размеров, степень деформации за проход. Кроме того, вследствие более равномерного распределения текстуры по сечению, кинематическая асимметрия способствует выравниванию механических свойств по сече-

нию проката. С увеличением степени рассогласования скоростей валков ($Kv=V_1/V_2$) эффективность процесса прокатки повышается. При достижении коэффициента Kv критической величины (Kv/Kк), когда на контактной поверхности с ведущим валком (валок, вращающийся с большой окружной скоростьюV_1) существует только зона отставания и нейтральный угол равен нулю, а на поверхности с ведомым большую часть дуги занимает зона опережения, в очаге деформации образуется зона с противонаправленным действием сил контактного трения (зона сдвига), в которой подпирающее действие сил контактного трения нейтрализуется. Это обеспечивает снижение давления металла на валки, процесс прокатки в таком режиме осуществляется без приложения натяжения полосы, так как скорость выхода полосы из валков равна окружной скорости ведущего валка. Все виды асимметричной прокатки влияют на характер течения металла в очаге деформации. Наибольшее влияние на него оказывают кинематическая и геометрическая асимметрии. Управлять положением нейтрального сечения в очаге деформации и величиной контактного скольжения можно при прокатке с рассогласованием окружных скоростей валков. При этом значительно (в 1,2 - 1,6 раза) увеличивается контактное скольжение металла без возникновения пробуксовки по сравнению с симметричной прокаткой.

Для проведения полупромышленных испытаний асимметричной прокатки меди и её сплавов деформирующий инструмент - прокатные рабочие валки модифицированы.

Для выбора и последующего проведения полупромышленных испытаний прокатки проанализировано состояние имеющегося парка прокатных рабочих валков стана фирмы «Mino».

Твердость поверхности бочки валка до и после прокатки проверены по Роквеллу переносным твердомером по ГОСТ 8.426 с погрешностью средства измерения ± 2 HRC.

Шероховатость поверхности до и после проката проверены при помощи измерителя шероховатости DIAVITE DH – 7, с пределом средства измерения от 10 до 0,008 μm, с погрешностью ± 5 %.

Диаметр валков проверены электронным микрометром МКЦ по ГОСТ 6507 с пределом средства измерений от 250 до 275 мм, с погрешностью 0,001 мм.

Результаты изучения показали, что парк рабочих валков прокатного стана фирмы «Mino» практически одинаковы, и, следовательно, последующей модификации может подлежать любой прокатный валок.

Модификация валка может быть достигнута на станке для шлифовки валков WS250x2000 CNC фирмы «Herkules» имеющемся в станочном парке ПЦМ АО «Узметкомбинат».

Анализируя технологические режимы обжатия медной полосы при прокатке на прокатном стане фирмы «Mino», можно оптимизировать технологию асимметричной прокатки с учетом геометрии очага деформации при ассиметричной прокатке, зависимости изменения силы прокатки от каждой единицы ширины полосы при разных соотношениях скорости вращения валков и редукции толщины прокатываемой полосы.

При обеспечении разницы линейных скоростей валков от 20 по 30% можно обеспечить единичную редукцию (обжатие) до 34 %.

Количество проходов (пропусков) при прокатке медной полосы сокращается на 2 при прокате с толщины 17,9 мм до 3,0 мм и на 3 при прокате с толщины 3,0 мм до 0,5 мм.

При таком распределении режимов обжатий производительность стана увеличивается как минимум в 1,15 раз; экономия электроэнергии в 1,25 раз.

Разработана технологическая схема производства прокатки меди и её сплавов для АО «Узметкомбинат» позволяющая улучшить свойство и структуру, качество поверхности и точности размеров проката после обработки.

Из числа возможных вариаций и режимов выбраны оптимальные применяемые режимы и технология холодной прокатки и отжига рулонной медной полосы для последующего проведения анализа и сравнения с технологическими режимами ассиметричной прокатки.

При обеспечении разницы линейных скоростей валков от 20 по 30% можно обеспечить единичную редукцию (обжатие) до 34 %.

Количество проходов (пропусков) при прокате медной полосы сокращается на 2 при прокате с толщины 17,9 мм до 3,0 мм и на 3 при прокате с толщины 3,0 мм до 0,5 мм.

При таком распределении режимов обжатий производительность стана увеличивается как минимум в 1,15 раз; экономия электроэнергии в 1,25 раз.

Литература.

1. Гогаев К. А. Калуцкий Г. Я. Воропаев В. С. Колпаков А. С. Совершенствование процесса прокатки металлических порошков за счёт использования скоростной асиммерии рабочих валков. Обработка материалов давлением. 2012. № 4 (33). стр. 196-201.
2. Liu J., Kawalla R. Influence of asymmetric hot rolling on microstructure and rolling force with austenitic steel, Trans. Nonferrous Met. Soc. China, 22, 2012. s. 504−511.

ИССЛЕДОВАНИЯ СВОЙСТВ НАПЛАВЛЕННОГО ТЕПЛОСТОЙКОГО МЕТАЛЛА ВЫСОКОЙ ТВЕРДОСТИ НА УСТАНОВКАХ ТЕПЛОВОЙ МИКРОСКОПИИ

Н.Н. Малушин, к.т.н., доц., В.Л. Осетковский, инж., Д.В. Валуев**, к.т.н., доц.*
ОАО Евраз ЗСМК
г. Новокузнецк, E-mail :nmalushin@.mail.ru
**ОАО ЕвразЗСМК, г. Новокузнецк, E-mail :Vasiliy .osetkovskiy@evraz.com*
*** Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского Томского политехнического университета*
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26
E-mail : valuevden@ rambler.ru.

Для анализа сварочных термодеформационных циклов и исследований свойств наплавленного быстрорежущего металла широко применяется метод температурной (тепловой) микроскопии, который совмещает достоинства микроскопических и фрактографичеких методов, а также методов испытания механических свойств металлических материалов [1].

Преимущества метода температурной микроскопии наглядно проявляются при изучении термосилового воздействия на сталь. Обычный метод – закалка не позволяет устанавливать, например, особенности кинетики формирования и роста зерен аустенита, определять продукты его распада при различных режимах термодеформационного воздействия и др., в то время как метод температурной микроскопии имеет широкие возможности.

Этот метод полезен при проведении исследований, связанных с выбором химического состава и конструирования заданной структуры металлических материалов, в том числе сварных соединений и наплавленного металла, а также при прогнозировании поведения сварных соединений в условиях изменения сварочных термодеформационных циклов, в определенной степени моделирующих реальные технологические процессы и условия эксплуатации.

При исследовании современных материалов, в том числе сварных соединений и наплавленного металла, имеющих сложную гетерогенную структуру, и. для решения различных научных и технологических задач с помощью этого метода тепловой микроскопии нами были использованы специализированные установки типа ИМАШ–5С–69 и ИМАШ–20–75 [1].

В установках предусмотрена возможность проведения испытаний в вакууме или газовых средах. В установках температурной микроскопии есть нагревательное и нагружающее устройства, что позволяет моделировать различные реальные схемы технологических процессов. Практически все технологические процессы можно представить как ряд последовательных нагревов и охлаждений и параллельно – температурно-силовых воздействий. С помощью высокотемпературного микроскопа можно одновременно осуществлять непосредственное наблюдение за структурными изменениями, происходящими при моделировании, и фиксировать количественные параметры термодеформационного воздействия на изменение структуры и зарождение разрушения. Особенности теплового режима сварки, а именно: высокая температура нагрева и высокие скорости нагрева и охлаждения определяют своеобразие перечисленных процессов в сварных соединениях и наплавленном металле.

Нами были проведены исследования свойств наплавленного теплостойкого металла высокой твердости на образцах, вырезанных электроэрозионным способом. Схема вырезки образцов из наплавленного металла и их общий вид показан на рисунке 1.

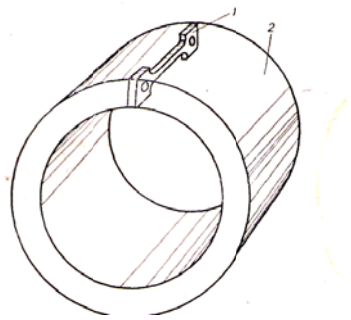


Рис. 1. Схема вырезки образцов из наплавленного металла:
1 – общий вид образца; 2 – слой наплавленного металла

На установках тепловой микроскопии ИМАШ–5С–69 и ИМАШ–20–75 исследовано влияние основных стадий термического цикла способов многослойной наплавки на упрочнение хромовольфрамового металла и стойкость против образования холодных трещин. Установлено, что максимальное упрочнение наплавленного металла (твёрдость ≥ HRC64) можно достичь путём комплексного легирования углеродом, хромом, вольфрамом, азотом и алюминием (наплавленный металл типа стали Р18) и применения скоростей охлаждения, превышающих критические закалочные. Легирование азотом и алюминием (0,68 и 1% соответственно) способствует измельчению аустенитного зерна, что благоприятно сказывается на увеличении стойкости против образования холодных трещин.

Показано, что применение предварительного подогрева с температурой Мн + (50–100) °С обеспечивает нахождение металла в аустенитном состоянии в процессе наплавки и приводит к стабилизации аустенита, увеличивающей количество остаточного аустенита в наплавленном металле, что повышает стойкость против образования холодных трещин.

Доказана возможность использования явления релаксации временных напряжений в интервале температур мартенситного превращения для уменьшения склонности наплавленного металла к образованию холодных трещин. Показано, что в релаксации временных напряжений определяющая роль принадлежит эффекту сверхпластичности в момент мартенситного превращения. Для уменьшения уровня оставшихся в металле напряжений необходимо соответствующим легированием сплава (углеродом, хромом, вольфрамом, азотом, алюминием, никелем и др.) сместить интервал релаксации временных напряжений в область комнатных температур. Наиболее благоприятно на увеличение стойкости против образования трещин сказывается легирование наплавленного металла никелем.

Доказано, что кратковременное снижение температуры подогрева на (20–100) °С ниже Мн приводит к частичной релаксации временных напряжений за счёт эффекта сверхпластичности, что предотвращает образование трещин в процессе многослойной наплавки.

Исследования на установках тепловой микроскопии позволили проследить кинетику изменения фазового состава и формирования временных напряжений в процессе нагрева и охлаждения по заданному термическому циклу наплавки.

Изменение фазового состава наплавленного металла можно оценить как при непосредственном наблюдении, так и по косвенным данным (микротвердости, размеру аустенитного зерна, величины карбидной фазы).

Оценка склонности наплавленного металла к образованию холодных трещин, проводимая на основе анализа кинетики формирования временных напряжений в жестко закрепленных образцах, может служить только для сравнения между собой различных сварочных материалов, способов и режимов наплавки. Данный метод оценки свариваемости относится к косвенным, при котором сварочный процесс заменен другим, имитирующим его процессом. Косвенные методы испытания следует рассматривать только как предварительные. Результаты их должны быть проверены путем прямых испытаний.

Данные, полученные при исследованиях на установках тепловой микроскопии, проверялись нами путем наплавки по разработанным способам заготовок диаметром 100 мм порошковыми проволоками разного химического состава. Оптимальное сочетание свойств наплавленного металла и низкого уровня остаточных напряжений обеспечивает наплавка порошковой проволокой ПП–Р18ЮН, легированной углеродом, хромом, вольфрамом, алюминием, азотом и никелем. Температура подогрева снижается по сравнению с другими исследуемыми составами порошковых проволок до 230 °С.

При плазменной наплавке с сопутствующим охлаждением и температурой подогрева, равной 230°С, трещины образуются в металле, наплавленном порошковой проволокой ПП–3Х2В8, ПП–4Х4В10Ю и ПП–Р18Ю, дополнительно легированной кобальтом. Наплавка порошковой проволокой типа ПП–Р18ЮН обеспечивает получение плотного металла. Холодные трещины в нем не обнаружены. Свойства наплавленного металла приближаются к свойствам закаленных сталей. Количество карбидного осадка, состав карбидов наплавленного металла типа Р18 в зависимости от условий наплавки показан на рисунке 2.

Из данных рисунка 2 видно, что при медленном охлаждении, рекомендуемом для предотвращения образования холодных трещин в наплавленном металле [2], происходит увеличение количества выделившихся карбидов и обеднение аустенита. В закаленном наплавленном металле количество карбидов уменьшается, а, следовательно, увеличивается степень легированности твердого раствора. Это позволяет значительно увеличить твердость при последующем отпуске закаленного металла. Плазменная наплавка с низкотемпературным подогревом и сопутствующим охлаждением позволяет

получать металл в состоянии, приближающемуся к закаленному непосредственно по окончании процесса, что позволяет исключить процесс последующей закалки и упростить технологию получения наплавленного металла с высокой твердостью. Последующий отпуск увеличивает вторичную твердость. Некоторое увеличение карбидного осадка и содержание углерода и хрома в нем объясняется, по–видимому, выделением дополнительных карбидов, происходящим при повторном нагреве отдельных участков при наплавке [3].

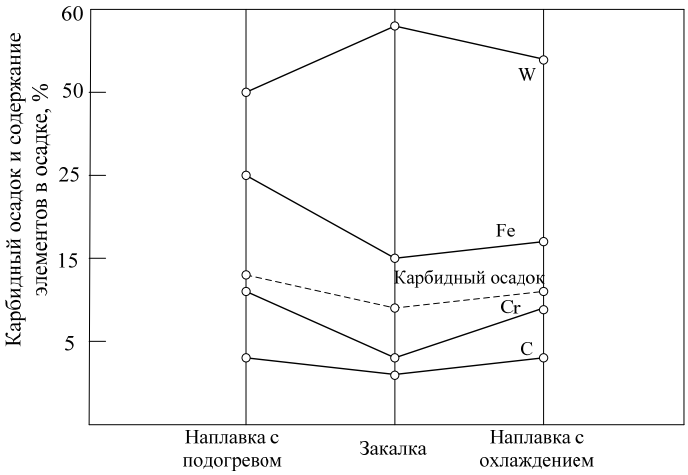


Рис. 2. Количество карбидного осадка, состав карбидов наплавленного металла типа Р18 в зависимости от условий наплавки

Промышленные испытания в реальных заводских условиях наплавленных прокатных валков подтвердили результаты прямых и косвенных исследований свойств наплавленного теплостойкого металла.

Рабочие валки, изготовленные с применением плазменной наплавки активного слоя, удовлетворяют основным требованиям, предъявляемым ГОСТом 3541–74 к рабочим валкам класса А станов холодной прокатки. Распределение твердости по длине наплавленного и закаленного валка показано на рисунке 3, а, поперечный темплет, вырезанный из наплавленного валка показан на рисунке 4.

Испытания наплавленных валков на пригодность их к прокатке проходили на двух станах цеха холодной прокатки ЛСПЗ. Валки применялись для прокатки тончайшей ленты марки Э–360. Качество поверхности прокатанной ленты соответствовало требованиям ГОСТа. Наплавленные валки применялись также для прокатки тончайшей ленты марки 13Х шириной 75 мм с размера 0,1 мм на 0,084 мм. Качество прокатанной ленты и допустимые отклонения по толщине ленты соответствовали заводской нормали. Прокатка трудно деформируемой ленты марки 49К2ФА шириной 70 мм с размера 0,25 на 0,2 мм показала, что качество поверхности и отклонения по толщине соответствуют требованиям ГОСТа 10160–75.

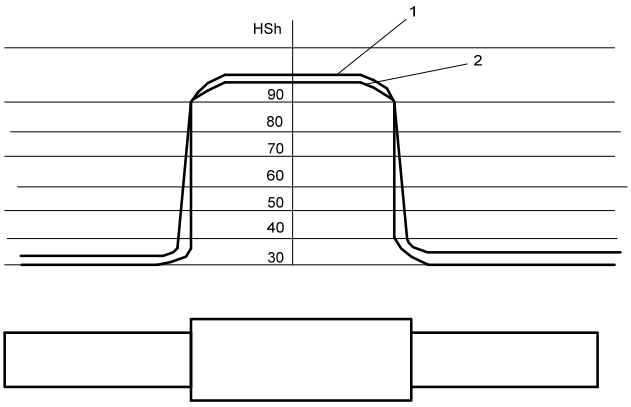


Рис. 3. Распределение твердости по длине валка:
1– наплавленного ПП–Р18ЮН; 2– закаленного из стали 9ХФ

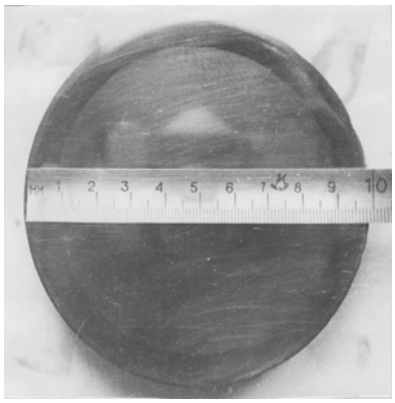


Рис. 4. Поперечный темплет, вырезанный из наплавленного валка

Наплавка прокатных валков осуществлялась на установке для плазменной наплавки тел вращения. Установка для плазменной наплавки деталей металлургического оборудования (прокатных валков и роликов), скомпонована из серийно выпускаемого оборудования. Для плазменной наплавки нетоковедущей порошковой проволокой была использована установка, состоящая из манипулятора, задней бабки, модернизированного аппарата А-384 и пульта управления. Источником питания служит выпрямитель аппарата АПР- 401У4. В качестве плазмотрона использован плазмотрон, разработанный сотрудниками кафедры и успешно зарекомендовавший себя в эксплуатации [3-6].

Валки наплавляли плазменной дугой с подачей в сварочную ванну нетоковедущей присадочной порошковой проволоки ПП-Р18ЮН. В качестве плазмообразующего газа использовали аргон, защитного - азот. Заготовка с припусками под наплавку 10 – 12 мм на сторону устанавливалась в центрах наплавочной установки, затем производился предварительный подогрев до температуры 230°С сжатой дугой на режимах, приведенных выше без подачи порошковой проволоки. В процессе наплавки шейки валка охлаждались с помощью душирующего устройства с расходом холодной воды до 2 л/мин. После завершения подготовительных операций производилась 4 – 6 – слойная наплавка.

Выбор плазменной наплавки как способа нанесения износостойких покрытий с целью изготовления новых и восстановления изношенных деталей объясняется рядом преимуществ перед другими способами наплавки: такими, как, высокая производительность, широкая возможность легирования наплавленного металла, возможность применения различных наплавочных металлов. Особенностью сжатой дуги, как источника тепла, является то, что ее тепловые и газодинамические характеристики могут легко регулироваться в широких пределах. Использование сжатой дуги обратной полярности позволяет устранить трудоемкие, усложняющие технологический процесс наплавки, операции по предварительной очистке поверхности изделия. Очистка наплавляемой поверхности от загрязнений происходит в этом случае непосредственно в процессе наплавки за счет эффекта катодного распыления, чем обеспечиваются необходимые условия для смачиваемости поверхности изделия наплавляемым металлом и бездефектное формирование наплавленного слоя. При плазменной наплавке на обратной полярности достигается также меньшее разбавление наплавляемого металла основным. Наиболее эффективно для решения ряда технологических задач при наплавке тел вращения (роликов, прокатных валков, валов) применение процесса плазменной наплавки на обратной полярности в защитно – легирующей среде азота с нетоковедущей присадочной порошковой проволокой.

Использование азота в качестве защитного газа по сравнению с аргоном позволяет не только снизить затраты на наплавку, но и эффективно легировать наплавленный металл азотом из газовой фазы непосредственно в процессе наплавки, что существенно повышает его твердость и износостойкость. Предотвращение образования пор в наплавленном металле достигается введением в порошковую проволоку элементов, имеющих большее сродство к азоту и связывающих его в стойкие нитриды.

Улучшить свойства наплавленного высоколегированного металла, а также обеспечить благоприятное напряженное состояние позволяет применение дополнительно после наплавки высокотемпературного отпуска. Так, твердость металла после наплавки составляет HRC 52–57, а после отпуска на вторичную твердость достигает HRC 62–64 [3-6].

Установлено, что изготовленные с применением плазменной наплавки активного слоя теплостойкими сталями высокой твердости рабочие валки стана холодной прокатки 6/100×315 полностью

пригодны для условий прокатки и равнения трудно деформируемых сплавов и сталей при повышении в 1,5...2,0 раза стойкости по сравнению с серийными валками.

Повышение износостойкости наплавленных валков можно объяснить наличием в структуре мелкодисперсных карбидов M_6C и MC. Наличие в поверхностном слое наплавленных валков сжимающих напряжений и отсутствие резкого перехода сжимающих напряжений в растягивающие является, вероятно, одним из факторов, способствующих повышению износостойкости.

Выводы

Прямые испытания показали, что данные косвенных испытаний могут применяться при разработке новых способов наплавки и наплавочных материалов. Косвенные испытания на образцах позволяют разработать наплавочные материалы с желаемым комплексом свойств, выбрать термический цикл, обеспечивающий получение необходимых свойств наплавленного металла. Насколько достоверно имитируется процесс наплавки, можно судить при прямых испытаниях, оценивая свойства наплавленного металла (его твёрдость, наличие или отсутствие трещин, величину аустенитного зерна, состав и количество структурных составляющих).

Промышленные испытания в реальных заводских условиях подтвердили результаты прямых и косвенных исследований свойств наплавленного теплостойкого металла.

Литература.

1. Герасимова Л.П. Контроль качества сварных и паяных соединений: справочное издание /Л.П. Герасимова – М.: Интермет Инжиниринг, 2007. – 376 с.
2. Фрумин И.И. Автоматическая электродуговая наплавка / И.И. Фрумин – Харьков: Металлургиздат, 1961, – 421с.
3. Малушин Н.Н. Обеспечение качества деталей металлургического оборудования на всех этапах их жизненного цикла путем применения плазменной наплавки теплостойкими сталями / Н.Н. Малушин, Д.В. Валуев – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 358 с.
4. Малушин Н.Н. Повышение качества и долговечности рабочих валков станов холодной прокатки плазменной наплавкой теплостойкими сталями / Н.Н. Малушин //Технологии ремонта, восстановления и упрочнения деталей машин, механизмов, оборудования, инструмента и технологической оснастки от нано - до макроуровня: в 2 ч. Часть.1 материалы 13–й Международной научно- практической конференции. – Санкт–Петербург, СПб.: Изд–во Политехн. ун–та,2011. – С.203–209.
5. Малушин Н.Н.Повышение качества и долговечности наплавленных прокатных валков путем регулирования напряженного состояния в процессе их изготовления и эксплуатации/Н.Н. Малушин, Т.Г. Вострецова //Заготовительные производства в машиностроении. 2012. №12. С.12- 17.
6. Малушин Н.Н. Регулирование термического цикла в процессе плазменной наплавки прокатных валков теплостойкими сталями высокой твердости / Н.Н.Малушин // Технологии упрочнения, нанесения покрытий и ремонта: теория и практика: в 2 ч. Часть.1 материалы 15–й Международной научно- практической конференции. – Санкт–Петербург, СПб.: Изд–во Политехн. ун–та,2013. – С.118-123.

ЭФФЕКТ КИНЕТИЧЕСКОЙ ПЛАСТИЧНОСТИ В БЫСТРОРЕЖУЩИХ СТАЛЯХ ПРИ МАРТЕНСИТНОМ И БЕЙНИТНОМ ПРЕВРАЩЕНИИ И ВОЗМОЖНОСТЬ ЕГО ПРИМЕНЕНИЯ ПРИ МНОГОСЛОЙНОЙ НАПЛАВКЕ

Н.Н. Малушин, к.т.н., Д.В. Валуев, к.т.н., доц.*
ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет»
654007, г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42, т. 46-32-91, факс: (8-3843) 46-57-92
E-mail: nmalushin@mail.ru
** Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского Томского политехнического университета*
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26
E-mail: valuevden@ rambler.ru. ru

В процессе полиморфных превращений в сталях проявляется эффект кинетической пластичности [1, 2]. Одним из видов кинетической пластичности является мартенситная сверхпластичность, проявляющаяся одновременно с мартенситным превращением, когда образуется мартенсит деформации.

Одним из технологических приемов регулирования величины и характера распределения напряжений, а, следовательно, величины и направления деформации, возникающей при закалке инст-

рументальных быстрорежущих сталей, является использование эффекта кинетической пластичности при γ→α мартенситном превращении. В процессе такого превращения сталь приобретает повышенную пластичность, в результате чего появляется возможность предупреждать деформацию не в зоне высоких температуры когда сталь находится еще в аустенитном состоянии, а в мартенситном или бейнитном интервале. На использовании такой сверхпластичности основана правка изделий в процессе закалки («закалка в штампе») [1].Эффект увеличения пластичности в быстрорежущих сталях при температурах на 50–80°С ниже A_1 впервые обнаружен и исследован Гуляевым А.П. [2]. Однако практические пути использования этого явления не разработаны, возможность горячей деформации в области резко повышенной пластичности затруднена из-за узкого температурного интервала. Для крупного инструмента рекомендуется закалка с изотермической выдержкой τ (до 20 и более минут) при температурах бейнитного превращения [1]. Изотермическая выдержка приводит к термической стабилизации аустенита, и при последующем охлаждении до комнатной температуры эффект кинетической пластичности от мартенситного превращения снижается.Данные об эффекте сверхпластичности при γ→α превращении в хромовольфрамовом наплавленном металле отсутствуют.

Целью настоящей работы является исследование эффекта кинетической пластичности (сверхпластичности)быстрорежущих сталей в процессе мартенситного и бейнитного превращений и доказательства возможности использования данного явления для уменьшения уровня остаточных напряжений в наплавленном металле и уменьшения вероятности образования холодных трещин.

Исследование влияния эффекта кинетической пластичности на характер формирования временных и остаточных напряжений при охлаждении образцов из наплавленного металла типа стали Р18 и стали 12Х17 в кованом состоянии производили на установке тепловой микроскопии ИМАШ–5С–69. Образцы, имеющие форму двусторонней «лопаточки» с рабочим сечением 9 мм^2 и длиной рабочей части 46 мм, изготавливали из указанных сталей в отожженном состоянии. Общий вид и схема вырезки образца из наплавленного металла представлены на рисунке 1.

Проявление эффекта кинетической пластичности оценивали по снижению временных напряжений в процессе охлаждения жестко закрепленных образцов в интервале мартенситного превращения. Закрепление осуществляли с помощью электромеханического привода системы нагружения установки. Образцы нагревали в вакууме 5×10^{-5} мм рт.ст. за счет тепла, выделенного при протекании электрического тока. Нагрев производили до температура 800°С, что ниже точки Ac_1 и до температуры 1200°С, обеспечивающей высокую степень растворения карбидной фазы в аустените. После нагрева и выдержки образцы жестко закрепляли для сохранения постоянства его длины при последующем охлаждении. Условия нагрева и охлаждения имитировали сварочный термический цикл. Неизменность длины обусловливала соответствующий рост упругопластической деформации образца при охлаждении. Напряжения в образцах в процессе охлаждения непрерывно измеряли с помощью тензометрических датчиков с точностью ± 1,5 %. Температуру определяли платина – платинородиевой термопарой, приваренной к средней части образца. Кинетика формирования временных напряжений в жестко закрепленных образцах в зависимости от температуры непосредственно фиксировалась на двухкоординатном потенциометре типа ПДП–4.

В качестве материала для исследования выбрана быстрорежущая сталь Р18, закаливающаяся на мартенсит, и хромистая коррозионно-стойкая сталь 12Х17, относящаяся к ферритному классу. Сталь 12Х17 не испытывает γ↔α – превращения, в отличие от быстрорежущей стали, закаливающейся даже на воздухе. Из данных рисунка1 видно, что при охлаждении образцов из стали Р18 с температуры 1200°С наблюдается эффект кинетической пластичности при фазовом превращении, который проявляется в снижении временных напряжений в интервале мартенситных температур.

Максимум напряжений на кривой формирования временных напряжений в стали составляет ~ 240°С, что довольно близко температуре начала мартенситного превращения стали Р18 при её закалке с температуры Тн = 1200°С, а минимум 100°С соответствует таким температурам, лежащим выше температуре конца мартенситного превращения ($М_к^{усл}>М_к$), когда степень превращения уже достаточно велика, и за счет образования прочного «каркаса» из многочисленных мартенситных кристаллов возрастает предел текучести, а пластичность сплава начинает уменьшаться.

Из данных рисунка 1 видно, что в интервале мартенситного превращения временные напряжения снижаются в полтора–два раза по сравнению с величиной напряжений, накопившихся в аустенитной области.

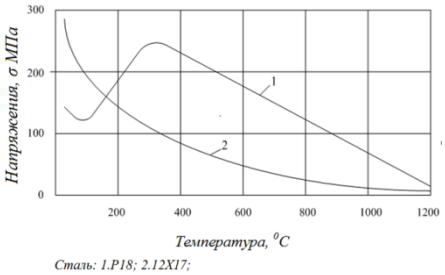


Рис. 2. Формирование временных напряжений в образцах из сталей Р18 и 12Х17

При дальнейшем охлаждении ниже температуры $М_к^{усл}$ напряжения возрастают до 120–180 Мпа за счет некоторого увеличения количества мартенсита. При охлаждении образцов из стали 12Х17 ввиду отсутствия фазового превращения эффект кинетической пластичности не проявляется.

С повышением температуры напряжения непрерывно увеличиваются и достигают значений, значительно превышающих остаточные напряжения в стали Р18, претерпевшей мартенситное превращение. При нагреве образцов до 800°С, что ниже температуры $АС_1$ ввиду отсутствия фазового превращения как в ферритном, так и в закаливающемся металле типа стали РІ8, при охлаждении эффект кинетической пластичности не наблюдается, и напряжения непрерывно возрастают. Результаты исследования показали, что в хромовольфрамовом быстрорежущем металле наблюдается эффект повышенной пластичности в момент протекания мартенситного превращения.

Нами была предпринята попытка определения роли эффекта сверхпластичности в релаксации временных напряжений непосредственно в образцах из хромовольфрамового закаливающегося металла. С этой целью производилось определение относительного удлинения δ, характеризующего пластичность металла. Исследования производились на образцах из наплавленного металла типа 3Х2В8 и Р18. Как известно [1], для этих инструментальных сталей определение характеристик пластичности, и в частности δ, не производится.

Образцы из инструментальных сталей разрушаются при нагружении хрупко, без видимых следов пластической деформации. Определение характеристик пластичности инструментального наплавленного металла в интервале мартенситного превращения ранее не производилось, и такие данные в литературе отсутствуют.

Если гипотеза об определяющей роли сверхпластичного состояния в релаксации временных напряжений достоверна, то при дополнительном растяжении образца в момент мартенситного γ→α – превращения можно достичь значительной величины относительного удлинения. Большие значения относительного удлинения характеризуют, как известно, состояние сверхпластичности.

Методика эксперимента заключалась в следующем. Образцы из наплавленного металла приготовлялись для металлографических исследований на установках тепловой микроскопии. После полировки и травления производилась разметка центральной зоны образца на базе 10 мм, в которой распределение температуры достаточно равномерно. Риперные точки наносились на микротвердомере ПМТ–3 через 0,25 мм. Исследования производились на установке тепловой микроскопии «АЛА–ТОО». Образцы нагревались в вакуумной камере установки до температуры 1150 °С. В процессе испытаний замеряли расстояние между реперными точками холодного образца до и после нагрева и перед началом мартенситного превращения. Погрешность измерения удлинения в рабочей зоне не более ±0,01 мм. Замер осуществлялся с помощью высокотемпературного микроскопа МВТ–71. При охлаждении производилось нагружение образцов растягивающими напряжениями по различным схемам. В первом случае напряжения, возникающие при температурном укорочении образца при охлаждении, компенсировались с помощью электромеханического привода нагружения, так, что величина растягивавших напряжений перед началом мартенситного превращения составляла примерно 10–20 МПа. Получаемая при этом величина относительного удлинения характеризует лишь увеличение объема, которым сопровождается мартенситное превращение. Во втором случае в интервале мартенситного превращения производилось периодическое растяжение образца вплоть до его разрушения. Повышенные характеристики пластичности свидетельствуют о сверхпластичном состоянии. Результаты исследования представлены в таблице 1. Видно, что относительное удлинение, получаемое в первом случае за счет увеличения объема, составляет в инструментальных сталях 3–4 %, что довольно точно согласуется с данными об объемном эффекте мартенситного превращения для со-

единений железа. Растяжение образцов в интервале мартенситного превращения позволяет получить значительно, в 5–10 раз, большее значение относительного удлинения. Влияние условий нагружения на величину относительного удлинения хромовольфрамовых сталей показано в таблице 1.

Таблица 1

Влияние условий нагружения на величину относительного удлинения хромовольфрамовом наплавленном металле

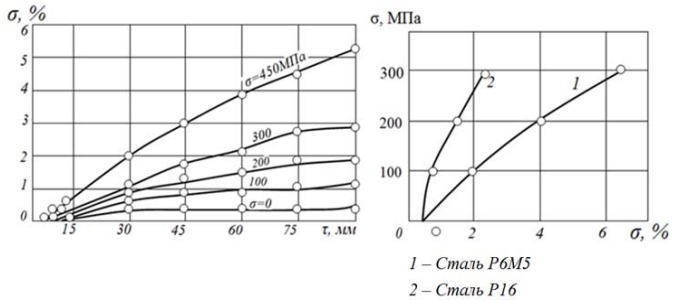
Тип металла	Относительное удлинение δ, %	
	При условии компенсации температурного укорочения	Перед разрушением образца под действием максимальных растягивающих напряжений
3Х2В8	3 – 4	30 – 35
Р18	3 – 4	15 – 20

Такие значения пластичности свидетельствуют об определяющей роли кинетической пластичности (сверхпластичности) в релаксации временных напряжений в хромовольфрамовом наплавленном металле.

В работе [3] и нами исследовано влияния выдержки в бейнитном интервале температур на кинетическую пластичность быстрорежущих сталей Р18 и Р6М5. Испытания проводили на установке ИМАШ–20–75. Образцы изготавливали из кованых отожженных сталей. Нагрев осуществляли в вакууме около 6×10^{-4}Па проходящим через образец током. Температура аустенитизации для стали Р18 составляла 1260°С, а для стали Р6М5 1200°С, выдержка при температуре аустенитизации была 15–20 с. Контроль за температурой осуществляли с помощью двух платино-платинородиевых термопар, приваренных к средней части образца, с записью термического цикла на потенциометре КСП–4.

Известно, что с увеличением напряжений растяжения в сталях температура начала мартенситного превращения повышается. Для исключения возможности переохлаждения образца в температурную область мартенситного превращения предварительно определяли температуру начала релаксации напряжений при непрерывном охлаждении. Установлено, что напряжение σ ≈450 МПа не вызывают аномалий в ходе кривой, записанной в координатах температура напряжения, при охлаждении до 240°С. Следовательно, охлаждения образцов с температуры аустенитизации до 280°С полностью исключает возможность образования мартенсита в процессе испытаний при напряжениях до 450 МПа.

Проявление кинетической пластичности в температурной области образования структуры нижнего бейнита определяли по изменению длины образца в процессе выдержки при 280°С и постоянных во время испытания растягивающих нагрузках по описанной выше методике. Характер изменения относительного удлинения δ в процессе выдержки показывает, что имеется инкубационный период, в течение которого увеличения длины образца не наблюдается (рис. 3 а).



а) б)

Рис. 3. Влияние напряжений и длительности выдержки при 280^0 С на относительное удлинение стали Р18 (а) и зависимость относительного удлинения сталей Р18 и Р6М5 от величины напряжений (выдержка при 280°С 60 мин)

Длительность инкубационного периода зависит от величины напряжений растяжения σ в рабочей части образца. С повышением напряжений длительность инкубационного периода уменьшается, что, по–видимому, связано с интенсифицирующим влиянием напряжений, как и предварительной

пластической деформации на кинетику бейнитного превращения. При увеличении напряжений до 450 МПа инкубационный период уменьшается на 4–6 мин. После инкубационного периода начинается рост длины образца. Изменение относительного удлинения зависит от величины напряжений растяжения; с ростом напряжений относительное удлинение увеличивается. Наиболее интенсивное удлинение наблюдается при выдержке до 45–60 мин., затем процесс постепенно затухает. Уменьшение прироста длины образца при более длительных выдержках зависит от величины напряжений. При напряжениях до 200МПа (выдержка 60 мин.) величина относительного удлинения почти линейно зависит от напряжения (рис. 3 б). Более высокие напряжения несколько усиливают рост относительного удлинения.

Аналогичные исследования на стали Р6М5, показали, что она обладает в два раза более высокой пластичностью при бейнитном превращении, чем сталь Р18.

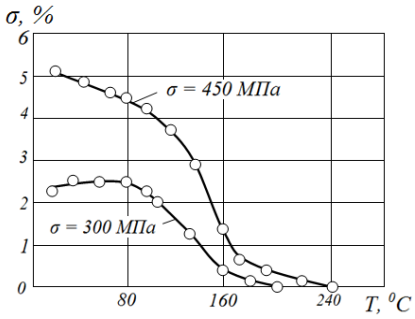


Рис. 4. Влияние напряжений на относительное удлинение при мартенситном превращении стали Р18

При этом все закономерности, выявленные для стали Р18, справедливы и для стали Р6М5. Следует отметить, что и субкритическая сверхпластичность, наблюдаемая вблизи точки A_1, и пластичность при мартенситном превращении стали Р6М5 также выше, чем для стали Р18 .

Для сравнения кинетики изменения относительного удлинения при бейнитном и при мартенситном превращениях для стали Р18 проведены испытания при непрерывном охлаждении образцов до комнатной температуры (рис. 4). Характерно, что величина относительного удлинения при мартенситном превращении и при бейнитном с выдержкой 90 мин. при напряжениях 300 и 450 Мпа получилась примерно одинаковой – соответственно 2,7 и 5,2 %. Такая близость эффекта пластичности обусловлена общими чертами кинетики и механизма этих превращений. Интенсивное удлинение образцов при непрерывном охлаждении происходит в достаточно узком интервале температур (160–100^{0}С), что хорошо согласуется с литературными данными.

В результате исследования установлено, что в процессе бейнитного превращения в сталях Р18 и Р6М5, так же, как и при мартенситном превращении наблюдается снижение сопротивления пластической деформации со значительным повышением пластичности. Снижение сопротивления деформации и рост относительного удлинения при изотермической выдержке в бейнитном интервале температур наблюдается после инкубационного периода, длительность которого уменьшается с повышением величины напряжений в образце. Относительное удлинение зависит от напряжений в образце и времени выдержке при бейнитном превращении. Наиболее интенсивный рост относительного удлинения происходит при выдержке до 45–60 мин.

Эффект бейнитной и мартенситной кинетической пластичности стали Р18 примерно одинаков. У стали Р6М5 пластичность при бейнитном превращении значительно больше, чем у стали Р18.

Релаксацию напряжений можно использовать для регулирования напряженного состояния в процессе наплавки и предотвращения образования холодных трещин в наплавленном хромовольфрамовом металле[4].

В разработанных способах наплавки теплостойких сталей высокой твердости для предотвращения образования холодных трещин предложено использовать эффект кинетической пластичности («сверхпластичности»).в процессе мартенситного или бейнитного превращения, проводить наплавку при низкотемпературном подогреве и при этом получать наплавленный металл в состоянии близком к закаленному [5].

Особенностью предложенных способов наплавки является применение низкотемпературного предварительного и сопутствующего подогрева (Тпод = 230-280°С). Для получения наплавленного металла с низкой склонностью к образованию трещин регулируется уровень временных напряжений

в процессе наплавки путем их частичной релаксации за счет проявления эффекта кинетической пластичности в момент протекания мартенситного или бейнитного превращений. Особенность предлагаемого цикла наплавки заключается в трех его стадиях. Первая обеспечивает ограниченное время нагрева и повышенную скорость охлаждения в области высоких температур, предотвращает рост зерна и распад аустенита с образованием равновесных низкопрочных структур. Она может быть реализована применением высококонцентрированных источников нагрева (например, сжатой дугой) и сопутствующего охлаждения. Вторая стадия термического цикла обеспечивает нахождение наплавленного металла ваустенитом состоянии при выполнении всех слоев в процессе наплавки. Это достигается применением подогрева с Тпод = $М_н$+ (50 – 100 °С). Для получения наплавленного металла с низкой склонностью к образованию трещин регулируется уровень временных напряжений в процессе наплавки на третьей стадии термического цикла путем временного снижения Тпод ниже температуры $М_н$. При этом временные напряжения снижаются за счет частичной релаксации в момент протекания мартенситного или бейнитного превращений. Это позволяет получить наплавленный металл в закаленном состоянии с низким уровнем остаточных напряжений. При этом упрощается процесс наплавки по сравнению с традиционной технологией, повышается производительность наплавки, максимально используются свойства наплавленного высоколегированного слоя [5-7].

Данные, полученные при исследованиях на установках тепловой микроскопии, проверялись нами путем наплавки по разработанным способам заготовок диаметром 100 мм порошковыми проволоками разного химического состава. Наплавка заготовки осуществлялась на установке для плазменной наплавки тел вращения. Установка для плазменной наплавки деталей металлургического оборудования (прокатных валков и роликов), скомпонована из серийно выпускаемого оборудования. Для плазменной наплавки нетоковедущей порошковой проволокой была использована установка, состоящая из манипулятора, задней бабки, модернизированного аппарата А-384 и пульта управления. Источником питания служит выпрямитель аппарата АПР- 401У4. В качестве плазмотрона использован плазмотрон, разработанный сотрудниками кафедры и успешно зарекомендовавший себя в эксплуатации [4].

Валки наплавляли плазменной дугой с подачей в сварочную ванну порошковой проволоки.

Заготовка с припусками под наплавку 10 – 12 мм на сторону устанавливалась в центрах наплавочной установки, затем производился предварительный подогрев до температуры 230°С сжатой дугой без подачи порошковой проволоки. В процессе наплавки шейки валка охлаждались с помощью душирующего устройства с расходом холодной воды до 2 л/мин. После завершения подготовительных операций производилась 4 – 6 – слойная наплавка.

Режим наплавки рабочих валков стана холодной прокатки диаметром 100 мм и длиной бочки 315 мм: $I_{св}$=150…160 А, $U_д$=50…55 В, скорость наплавки $\upsilon_н$=18 м/ч, скорость подачи порошковой проволоки $\upsilon_{п.пр.}$ =60 м/ч, смещение с зенита 10…12 мм, длина дуги $l_д$=20 мм, расход защитного газа азота $Q_{защ.N}$=20…22 л/мин, расход плазмообразующего газа аргона $Q_{плазм.Ar}$=6…8 л/мин. Наплавка производилась на заготовки из стали марки 30ХГСА с присадкой порошковой проволоки ПП-Р18ЮН диаметром 3,7 мм.

Параметры реального термического цикла с низкотемпературным подогревом и принудительным охлаждением шеек валка соответствуют рекомендуемым. В наплавленном металле отсутствуют трещины, поры и шлаковые включения. Твердость металла после наплавки порошковой проволокой ПП–Р18ЮН составляет HRC 52–57. Структура наплавленного металла при этом близка по своему составу к структуре быстрорежущей стали типа Р18 в закаленном состоянии и состоит из мартенсита (около 60%), карбидов (до 20%) и остаточного аустенита (до 30%). 3-4-х кратный высокотемпературный отпуск при температуре 580°С увеличивает твердость наплавленного металла до HRC 62-64. Увеличение твердости объясняется превращением остаточного аустенита в мартенсит и эффектом дисперсионного твердения.

Промышленные испытания в реальных заводских условиях показали, что изготовленные с применением плазменной наплавки активного слоя теплостойкими сталями высокой твердости с регулируемым термическим циклом рабочие валки стана холодной прокатки 6/100×315 полностью пригодны для условий прокатки и равнения труднодеформируемых сплавов и сталей приповышении в 1,5...2,0 раза стойкости по сравнению с серийными валками [8].

Выводы

1. Показано, что в наплавленном хромовольфрамовом металле наблюдается эффект повышенной пластичности в момент мартенситного и бейнитного превращений и его можно использовать для релаксации напряжений в процессе наплавки и предотвращения образования холодных трещин.

2. Показана определяющая роль кинетической пластичности (сверхпластичности) в релаксации временных напряжений в хромовольфрамовом металле.

3. Эффект кинетической пластичности при мартенситном и бейнитном превращении применен в разработанных способах многослойной наплавки теплостойкими сталями прокатных валков, при этом достигнуто увеличение их стойкости в 1,5- 2,0 раза.

Литература.

1. Геллер Ю. А. Инструментальные стали /Ю.А. Геллер – М.: Металлургия, 1975. – 584с.
2. Гуляев А.П., Сармянова Л.М. Технологическая пластичность быстрорежущих сталей // Металловедение и термическая обработка металлов. – 1969. – №7. – С. 2–9.
3. Федоров Н.С., Зубков Н.С., Крепышева Л.Б. Кинетическая пластичность быстрорежущих сталей при бейнитном превращении // Известия Вузов. Черная металлургия. – 1982. – №10. – С. 95–98.
4. Малушин Н.Н. Причины образования и способы предотвращения холодных трещин в хромовольфрамовом наплавленном металле/Н.Н. Малушин, О.Е. Козырева // Современные проблемы повышения эффективности сварочного производства. Сборник материалов Всероссийской заочной научно- практической конференции. – Тольятти: Изд–во ТГУ,2011. –С.153–155.
5. Малушин Н.Н., Валуев Д.В. Термический цикл и устройства для его реализации при плазменной наплавке деталей металлургического оборудования быстрорежущими теплостойкими сталями//Инновационные технологии и экономика в машиностроении: сборник трудов 1V Международной научно - практической конференции с элементами научной школы для молодых ученых: /Юргинский технологический институт.- Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013.- С.258-262
6. Малушин Н.Н. Обеспечение качества деталей металлургического оборудования на всех этапах их жизненного цикла путем применения плазменной наплавки теплостойкими сталями / Н.Н. Малушин, Д.В. Валуев – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 358 с.

МОДИФИЦИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРООСАЖДЕННОГО НИКЕЛЯ ДИБОРИДОМ ТИТАНА

Г.В. Галевский, д.т.н., профессор, В.В. Руднева, д.т.н., профессор, К.А. Ефимова, аспирант
Сибирский государственный индустриальный университет,
654007, г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42, тел. (3843)-74-89-13
E-mail: kafcmet@sibsiu.ru

Электроосаждаемые или гальванические композиционные покрытия (ГКП) формируются при осаждении металла в виде тонкого слоя на изделия с электропроводящей поверхностью из электролитов–суспензий, содержащих дисперсную фазу. Благодаря включению частиц в покрытие его эксплуатационные свойства повышаются. Для улучшения характеристик ГКП необходимо повышать уровень дисперсности модифицирующей фазы. Это обстоятельство предопределяет постоянное стремление специалистов, работающих в области технологии ГКП, к использованию в качестве модифицирующей фазы материалов высокой дисперсности, в том числе и наноразмерного уровня [1 – 8].

Целью настоящего исследования является изучение особенностей формирования и свойств ГКП на основе никеля, содержащих в качестве модифицирующей фазы нано- и микропорошки диборида титана – синтетического сверхтвердого, тугоплавкого, жаропрочного материала, достаточно востребованного в технологии защитных покрытий. Гальванические покрытия на основе никеля характеризуются наибольшим объемом использования в различных отраслях производства, составляющим 75 % от общего объёма гальванически осаждаемых металлов.

Для упрочнения никелевой матрицы использовались нанопорошок диборида титана (НП TiB_2), полученный борированием порошка металлического титана марки ПТМк в потоке азотной плазмы, и его микропорошок (МП TiB_2), полученный способом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза. Содержание TiB_2 составляет в нанопорошке 92,81 %, в микропорошке 94,12 %, удельная поверхность порошков 46000 и 1000 $м^2$/кг, размерный диапазон частиц 0,01–0,07 и 3–7 мкм.

Исследование параметров осаждения ГКП проводилось в стандартном электролите никелирования, содержащем $NiSO_4 \cdot 7H_2O$ – 245, H_3BO_3 – 30, NaCl – 20, NaF – 6 кг/$м^3$ – при pH 5,0–5,5, температуре 323 К, катодной плотности тока 0,1–1,2 кА/$м^2$, концентрации порошка 1–100 кг/$м^3$ и непрерывном перемешивании электролита. В качестве катодов использовались стальные (Ст. 3) образцы с площадью поверхности $2{,}0 \cdot 10^{-3}$ $м^2$. Анодами служили никелевые пластины размером 0,08 х 0,1 м.

Методики определения содержания диборида титана в покрытиях, их микротвердости, тонкой структуры, внутренних напряжений, сцепления с основой, токов коррозии между ними и основой подробно описаны в работах [9 – 11].

Исследовалось влияние катодной плотности тока и концентрации порошков в электролите на содержание диборида титана в покрытиях и их микротвердость.

Таблица 1

Зависимость содержания модифицирующей фазы в ГКП
от катодной плотности тока

Катодная плотность тока, кА/м^2	Содержание модифицирующей фазы в ГКП, %	
	НП TiB_2	МП TiB_2
0,1	0,31	0,59
0,3	0,36	0,73
0,5	0,41	0,91
0,7	0,52	1,32
1,0	0,57	некачественные покрытия
1,2	некачественные покрытия	

Таблица 2

Зависимость содержания модифицирующей фазы в ГКП
и их микротвердости от концентрации порошков в электролите

Концентрация НП, МП в электролите, кг/м^3	Содержание модифицирующей фазы в ГКП, % Микротвердость ± 0,3 ГПа	
	НП TiB_2	МП TiB_2
2,0	0,22/3,0	0,33/2,9
5,0	0,30/3,4	0,60/2,9
10,0	0,51/4,8	1,18/3,1
15,0	0,60/5,3	1,32/3,3
30,0	0,61/5,2	1,73/3,3
45,0	0,59/5,1	2,01/3,6
60,0	0,52/4,7	2,32/3,8
80,0	0,52/4,8	3,01/4,1
100,0	не проводились	3,12/4,0

Исследование влияния катодной плотности на содержание модифицирующей фазы в покрытии проводилось при pH электролита 5,0, температуре 323 К и концентрации модифицирующей фазы 15 кг/м^3. Результаты исследования приведены в табл. 1. Можно видеть, что повышение катодной плотности тока в пределах от 0,1 до 1,0 кА/м^2 для нанопорошка и 0,7 кА/м^2 для микропорошка приводит к увеличению содержания модифицирующей фазы в покрытии: для НП TiB_2 с 0,31 до 0,60; МП TiB_2 с 0,59 до 1,32 %. В присутствии модифицирующей нанодисперсной фазы верхний предел рабочей плотности тока электролита составляет 1,0 кА/м^2, что выше, чем для получения никелевых покрытий в данном электролите (0,5 кА/м^2).

Исследование влияния концентрации порошков в электролите на содержание модифицирующей фазы в покрытии проводилось при pH электролита 5,0, температуре 323 К и катодной плотности тока 1,0 кА/м^2 для нанопорошка и 0,7 кА/м^2 для микропорошка. Результаты исследований приведены в табл. 2. Можно видеть, что с повышением концентрации нанопорошка в электролите – суспензии до 15 кг/м^3 содержание его в ГКП также растёт, в дальнейшем при концентрации нанопорошков 15–45 кг/м^3 практически не меняется, а в области концентраций 45–80 кг/м^3 несколько снижается. При введении в электролит микропорошка в интервале концентрации 2–100 кг/м^3 отмечается повышение содержания его в покрытии с 0,53 до 3,12 %. Следовательно, с повышением крупности порошка диборида титана насыщение никелевой матрицы достигается при более высоких содержаниях в ней модифицирующей фазы.

Таким образом, представляется, что использование нанопорошка для получения композиционных покрытий более целесообразно, чем микропорошков. Оптимальными условиями осаждения ГКП никель – НП диборид титана являются: концентрация TiB_2 1 5 кг/м^3, катодная плотность тока

0,9–1,0 кА/м^2 при температуре 323 К, pH – 5,0–5,5 и непрерывном перемешивании электролита. Выход никеля по току при этих условиях составляет 92–94 %.

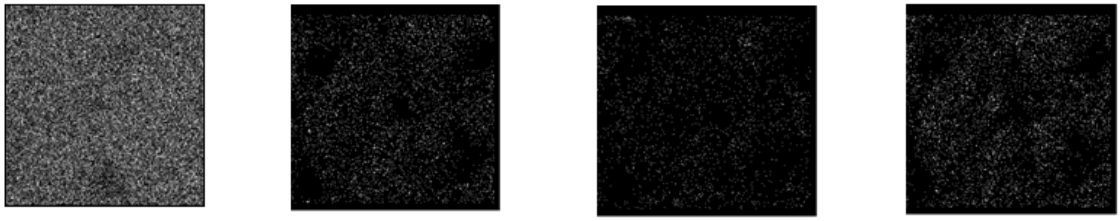
Исследовались структура и основные свойства (твердость, сцепление со стальной основой, внутренние напряжения, токи коррозии) композиционного покрытия на основе никеля с нано- и микропорошком диборида титана и «чистого» никелевого покрытия, т.е. никелевой матрицы. Осаждение ГКП Ni – НП TiB_2 осуществлялось при концентрации нанопорошка в электролите 15 кг/м^3 и катодной плотности 1,0 кА/м^2. При осаждении ГКП Ni – МП TiB_2 концентрация микропорошка в электролите составляла 80 кг/м^3, катодная плотность тока 0,7 кА/м^2. Для осаждения «чистых» никелевых покрытий использовали электролит такого же состава, не содержащий дисперсной фазы.

Анализ энергодисперсионных спектров электроосажденного никеля и ГКП подтверждает присутствие в них Ni, O и Ni, Ti, B, O. Количественные соотношения их близки к реальным (табл. 3). При этом для определяемых элементов характерно достаточно равномерное распределение в покрытии толщиной 30 мкм (рис. 1), что подтверждает его композиционный характер.

Таблица 3

Элементный химический состав электроосажденного никеля (спектр 1) и ГКП Ni – НП TiB_2 (спектры 2-4)

Элемент	Содержание элемента в отдельных точках покрытий, %			
	Спектр 1	Спектр 2	Спектр 3	Спектр 4
Ni	98,20	97,67	97,65	97,69
O	1,80	1,71	1,79	1,72
Ti	–	0,42	0,40	0,42
B	–	0,20	0,18	0,18



Ni Ti B O

Рис. 1. Результаты микрорентгеноспектрального анализа распределения основных элементов в ГКП Ni – НП TiB_2

Микротвёрдость ГКП определяется содержанием в них модифицирующей фазы и размерами её частиц (табл. 2). Микротвёрдость ГКП Ni – TiB_2 составляет 5,1–5,3 ГПа, что в 2–2,3 раза выше, чем у никелевой матрицы, в 1,4 раза выше чем у ГКП с МП TiB_2. Сцепление ГКП Ni – НП TiB_2 со стальной основой составляет 29,5–33,1 МПа. Отжиг ГКП Ni – НП TiB_2 в вакууме при температуре 873 К в течение 75 минут способствует повышению их сцепления с основой до 42,3–45,2 МПа, микротвердости до 6,2 ГПа.

Включение дисперсных частиц в покрытие приводит к снижению внутренних напряжений, особенно при использовании нанопорошка диборида титана. Так, если при толщине 40 мкм у композиционного покрытия с микропорошком TiB_2 внутренние напряжения в 1,5 раза ниже, чем у чистого никеля, то с наночастицами – в 3,4 раза (табл. 4). Этот эффект, по-видимому, объясняется образованием более мелкозернистой структуры растущего осадка за счет равномерно распределенных в нем частиц дисперсной фазы. Внедрение крупных частиц микропорошка, по сравнению с НП, приводит к неравномерной деформации матрицы, захватывающей большие группы зерен, и, как следствие этого, к повышению внутренних напряжений и к снижению коррозионных характеристик.

Величина токов коррозии, возникающих между покрытием и стальной основой, намного меньше, чем в никелевой матрице (табл. 4). При толщине покрытия 40 мкм, полученного при использовании микропорошка, значение токов коррозии в нем в 2,3 раза меньше, чем в чистом никеле, а в случае применения нанопорошка – меньше в 11,9 раза, что свидетельствует об образовании практически беспористых ГКП Ni – НП TiB_2, обеспечивающих высокие защитные свойства. Благодаря этому электролит с нанопорошком более производителен, что делает его перспективным для восстановления изношенных поверхностей.

Таблица 4

Зависимость внутренних напряжений и токов коррозии от толщины покрытий

Толщина покрытия, мкм	Внутренние напряжения, МПа			Токи коррозии, мкА/см^2		
	Ni	Ni – НП TiB_2	Ni – МП TiB_2	Ni	Ni – НП TiB_2	Ni – МП TiB_2
5	936	351	578	0,304	0,088	0,167
10	692	159	323	0,265	0,061	0,154
20	361	62	146	0,205	0,047	0,139
30	127	54	79	0,173	0,022	0,102
40	101	30	69	0,167	0,014	0,072

Таким образом, наночастицы диборида титана обладают высокой химической и адсорбционной активностью, образуют устойчивые к седиментации и коагуляции электролиты–суспензии, благодаря малой массе эффективно переносятся к покрываемой поверхности. При электроосаждении никеля наночастицы диборида выступают в качестве центров кристаллизации. Благодаря большому количеству наночастиц борида, участвующих в процессе, кристаллизация носит массовый многозародышевый характер. Образующиеся покрытия имеют малые размеры структурных фрагментов, характерный матовый цвет и низкую пористость. Малый размер частиц диборида и кристаллитов никеля обеспечивает точное копирование микрорельефа поверхности. Относительно низкое содержание модифицирующей фазы в покрытии Ni – НП TiB_2 обеспечивает значительно меньший ее расход на 1 м^2 обрабатываемой поверхности и позволяет сохранить ценные свойства матрицы. Низкая концентрация нанопорошка в электролите упрощает эксплуатацию гальванических ванн и снижает потери диборида титана за счет выноса электролита с деталями. Присутствие диборида титана повышает производительность электролита за счет увеличения верхнего предела катодной плотности тока. Полученный комплекс свойств ГКП Ni – НП TiB_2 позволяет рекомендовать их для антикоррозионной защиты деталей, а после термообработки – для упрочнения деталей, работающих на износ в условиях трения скольжения при средних окружных скоростях (1,5–2,5 м/с) и невысоких удельных нагрузках (5–6 МПа) (валы, втулки, опоры скольжения, шпиндели и др.).

Выводы

При электроосаждении никеля из электролита–суспензии, нанопорошок диборида титана одновременно выступает в качестве компонента композиционного покрытия никель – диборид титана и эффективного модификатора, что обеспечивает формирование покрытия с мелкозернистой беспористой структурой и высокими эксплуатационными свойствами. Определены технологические преимущества получения гальванических композиционных покрытий на основе никеля с наноразмерным диборидом титана и технические области их наиболее рационального применения.

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

Литература.

1. Сайфуллин Р.С. Исследования в области создания композиционных электрохимических покрытий (КЭП) с дисперсной фазой микро- и наночастиц // Вестник Казанского технологического университета. 2009. № 6. С. 80 – 90.
2. Десяткова Г.И., Ягодкина Л.М., Савочкина И.Е., Халдеев Г.В. Композиционные электрохимические покрытия на основе никеля // Защита металлов. 2002. Т. 38. № 5. С. 525 – 529.
3. Цупак Т.Е. Высокопроизводительные процессы электроосаждения никеля и сплава никель – фосфор из электролитов, содержащих карбоновые кислоты: автореф. дисс. …докт. хим. наук. Москва. 2008. 40 с.
4. Долматов В.Ю. Современная промышленная технология получения детонационных наноалмазов (НА) и основные области их использования // Нанотехнологии – производству – 2006 : Труды междунар. науч.-практ. конф. М. : Янус-К. 2006. С. 113-151.
5. Ноздрин И.В., Руднева В.В., Галевский Г.В. Гальванические композиционные покрытия цинк – диборид хрома: электроосаждение и свойства // Вестник горно-металлургической секции РАЕН. Отделение металлургии : сб. науч. трудов // СибГИУ. Москва-Новокузнецк. 2014. В. 32. С. 106-112.
6. Ширяева Л.С., Ноздрин И.В., Галевский Г.В., Руднева В.В. Исследование композиционных электрохимических покрытий никель – нанокарбонитрид хрома // Гальванотехника и обработка поверхности. 2014. № 2. Т. XXII. С. 51-57.

7. Ширяева Л.С., Ноздрин И.В., Галевский Г.В., Руднева В.В. Исследование физико-механических свойств электроосаждаемого композиционного материала никель – нанокарбонитрид хрома // Перспективные материалы. 2014. № 7. С. 62 – 67.
8. Ширяева Л.С., Ноздрин И.В., Галевский Г.В., Руднева В.В. Применение нанокарбонитрида хрома в композиционных гальванических покрытиях на основе никеля // Вестник Сибирского государственного индустриального университета. 2014. № 3(9). С. 48 – 52.
9. Ноздрин И.В. Особенности свойств композиционного материала никель-нанодисперсный диборид хрома / И.В. Ноздрин, Г.В. Галевский, В.В. Руднева // Заготовительные производства в машиностроении. – 2011. - №9. – С. 46-48.
10. Полях О.А., Руднева В.В., Галевский Г.В. Плазмометаллургическое производство карбида кремния для композиционного никелирования и хромирования. М. : Флинта : Наука, 2006. 188 с.
11. Гамбург Ю.Д. Гальванические покрытия. Справочник по применению. М. : Техносфера, 2006. 216 с.

СВС КОМПОЗИЦИОННЫЕ ПОРОШКИ «TiC – ТИТАНОВАЯ СВЯЗКА» ДЛЯ НАПЛАВКИ И НАПЫЛЕНИЯ

М.Г. Криницын, магистрант ТПУ, Г.А. Прибытков, д.т.н., г.н.с. ИФПМ СО РАН,*
*М.А. Корчагин**, д.т.н., в.н.с. ИХТТМ СО РАН*
Томский политехнический университет
634050, пр. Ленина, 30, e-mail: krinmax@gmail.com

Введение

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]. Толщина покрытий, наносимых на поверхность титана и его сплавов методами азотирования, оксидирования, хромирования, никелирования, вакуумно-дугового и магнетронного осаждения слишком мала, чтобы обеспечить необходимый ресурс работы деталей с покрытиями. Кроме того, в большинстве перечисленных выше методов существует проблема адгезии - надежного сцепления покрытия с подложкой.

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 [2-7]. 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.

Эта проблема контроля структуры наплавленного покрытия легко решается применением для наплавки композиционных порошков «TiC – титановая связка» с заранее заданными вышеперечисленными характеристиками структуры. Необходимо только подобрать такие технологические режимы наплавки, при которых не происходит перегрева гранул порошка с растворением карбидных включений в расплаве. В настоящей работе исследована структура и фазовый состав композиционных порошков, полученных самораспространяющимся высокотемпературным синтезом (СВС) в порошковых смесях титан – углерод.

Материалы и методики.

Композиционный порошок с расчетным содержанием связки от 30 до 60 об% был получен послойным горением на воздухе прессовок из не подвергнутой предварительной механоактивации (МА) порошковой смеси титана ТПП-8 и сажи П-803. Горение инициировали нагревом поджигающей таблетки молибденовой спиралью. Сразу после прохождения фронта горения, полученный спек СВС продукта охлаждали в воде. Для четырех составов, на которых реализуется СВС без предварительной МА реакционных смесей, были измерены максимальные температуры $\mathbf{T_г}$ и скорости движения фронта реакции **v** (скорости горения). Фактическое содержание связки в СВС продуктах оказалось значительно меньше расчетного из-за образования нестехиометрического карбида титана. Ком-

позиционный порошок с расчетным содержанием связки 90 об% (фактически 81,17%) был получен в режиме теплового взрыва в механоактивированной реакционной смеси. Механическая активация реакционной смеси из титана ПТОМ-2 и сажи ПМ-15 проводилась в планетарной шаровой мельнице АГО – 2 с водяным охлаждением [8]. Объем каждого из двух стальных барабанов мельницы 160 см^3. Диаметр шаров 8 мм, масса шаров в каждом барабане 200 грамм, масса образца 10 г. Центробежное ускорение шаров 400 м с$^{-2}$ (40 g). Для предотвращения окисления во время МА барабаны с образцами заполнялись аргоном. После МА образцы выгружались из барабанов в боксе с аргоновой атмосферой.

Продукты синтеза были исследованы методом рентгенофазового анализа (дифрактометр ДРОН-4, Cu K_α излучение и дифрактометр ДРОН-7, Co K_α излучение) и оптической металлографии (AXIOVERT-200MAT Zeiss, Германия).

Результаты и обсуждение

Рентгенофазовый анализ СВС продуктов показал, что на рентгенограммах (рис. 1) составов с расчетным содержанием связки 30 и 40 об% (рис. 1а, б) отсутствуют отражения от титана, а параметр решетки карбида титана значительно меньше, чем известное значение а = 0,4327 нм для карбида стехиометрического эквиатомного состава. 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. Мы вычислили содержание титановой связки (несвязанный титан) для различных значений стехиометрического коэффициента X, в том числе для X = 1. Для расчета использовали значения стехиометрического коэффициента, определенные по параметрам решетки карбида в композитах различного состава и известной зависимости параметра решетки от содержания углерода в карбиде. Дополнительно оценили содержание титановой связки в композитах по сумме интенсивностей линий титана и карбида титана на рентгенограммах (рис. 1). Результаты этой оценки (табл. 1) близки к результатам расчетов содержания титановой связки, основанных на параметрах решетки карбида.

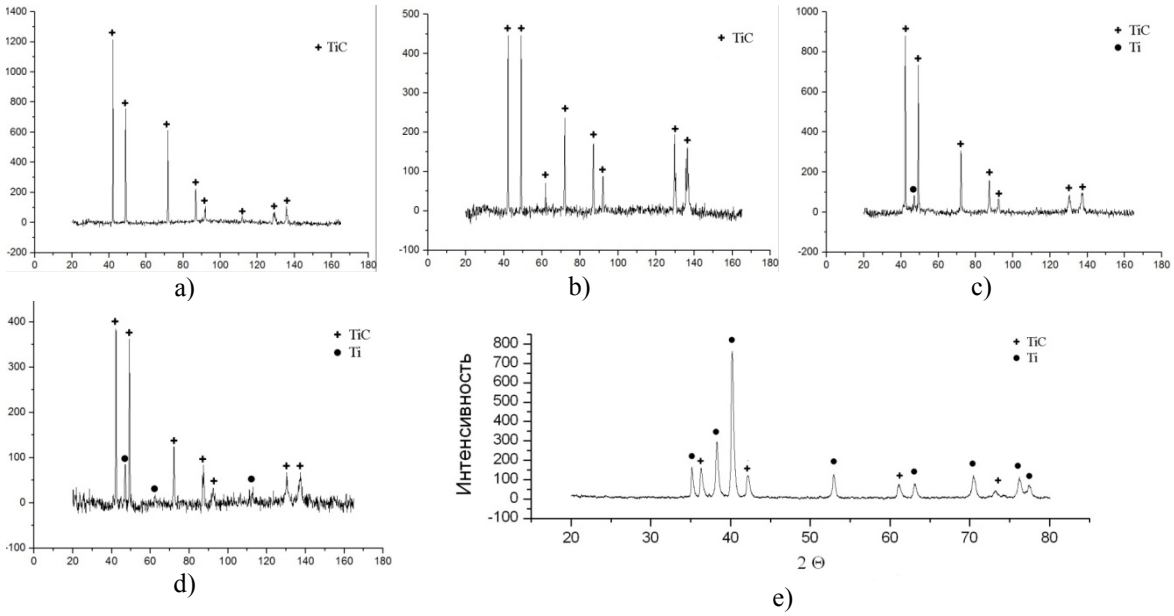


Рис. 1. Рентгенограммы СВС-порошков TiC+Ti с расчетным (при *X*=1) содержанием титановой связки 30об.% (a), 40об.% (b), 50об.% (c), 60об.% (d), 90об.% (e)

Таблица 1

Содержание титановой связки (об %) в СВС композитах и в реакционной смеси (масс. %).

Расчет для $X = 1$ (эквиатомный состав TiC)	30,00	40,00	50,00	60,00	90,00
Расчет для значений X, определенных по параметру решетки карбида, (об%Ti / X)	0/0,67	0/0,57	6,52/0,50	24,58/0,50	81,17/0,50
Оценка по сумме интенсивностей XRD пиков	-	-	5,94	18,68	79,33
Содержание титана в реакционной смеси, масс %	85,66	87,58	89,56	91,58	97,90

Из результатов расчетов и оценок, приведенных в таблице 1, следует, что максимальное содержание титановой связки в композитах, полученных в режиме СВС, не превышает 25 об%. Как показывает опыт применения композиционных порошков для электронно-лучевой наплавки [9], для обеспечения хорошей наплавляемости и минимальной пористости наплавленных покрытий с дисперсным карбидом титана содержание металлической связки должно превышать 50 об%. Для этого применяют разбавление СВС порошков порошком связки с доведением состава присадочной порошковой смеси до требуемого. Операция разбавления нежелательна из-за возникающей неоднородности структуры покрытия, в которой области связки, свободной от карбида, чередуются с нерасплавившимися гранулами композиционного порошка. Для получения однородного распределения карбидных включений в металлической связке наплавленного покрытия необходимо повысить содержание связки в композиционных порошках до его значений в наплавленном покрытии. Для расширения концентрационного интервала горения в сторону повышения содержания инертной в тепловом отношении металлической связки применяют механическую активацию реакционных смесей [9]. В нашей работе этим методом удалось довести содержание свободного титана в СВС композитах до 79,33 об% (см. табл. 1). Композит такого состава был получен в режиме теплового взрыва, а не послойного горения, однако этот пример показывает широкие возможности механической активации порошковых смесей для синтеза композиционных порошков с большим содержанием металлической связки.

Ранее [9, 11] мы показали, что содержание металлической связки сильно влияет на размер карбидных включений в СВС композиционных порошках «карбид титана - инертная металлическая связка». Было установлено также, что увеличение содержания связки понижает $T_г$ и v. Кратное уменьшение среднего размера частиц с увеличением содержания связки объясняется понижением температуры горения, которое приводит к сокращению времени пребывания продукта СВС при высоких температурах, при которых посредством твердофазной диффузии возможно укрупнение карбидных частиц по механизму «растворение – осаждение» или срастанием смежных частиц.

Мы построили зависимости максимальной температуры и скорости горения прессовок из смесей титана и сажи от расчетного (в предположении образования стехиометрического карбида титана) содержания титановой связки в СВС композите. Характер зависимостей (рис. 2) аналогичен полученному ранее на СВС композитах «TiC – чугунная связка» [11], однако причины монотонного уменьшение $T_г$ и v с увеличением содержания металлической связки могут отличаться. В реакционных смесях с порошком чугуна чугун не участвует в реакции синтеза и является истинно инертной в тепловом отношении добавкой. Поэтому чугунная связка присутствует во всех СВС композиционных порошках в количествах, пропорциональных содержанию чугунного порошка в реакционных смесях. В реакционных смесях титана с сажей роль инертной добавки играет только титан, не участвующий в реакции синтеза нестехиометрического карбида, то-есть несвязанный титан, который появляется в СВС продуктах, синтезированных из реакционных смесей с

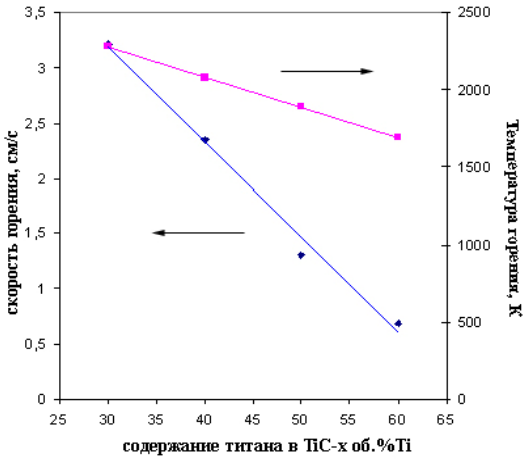
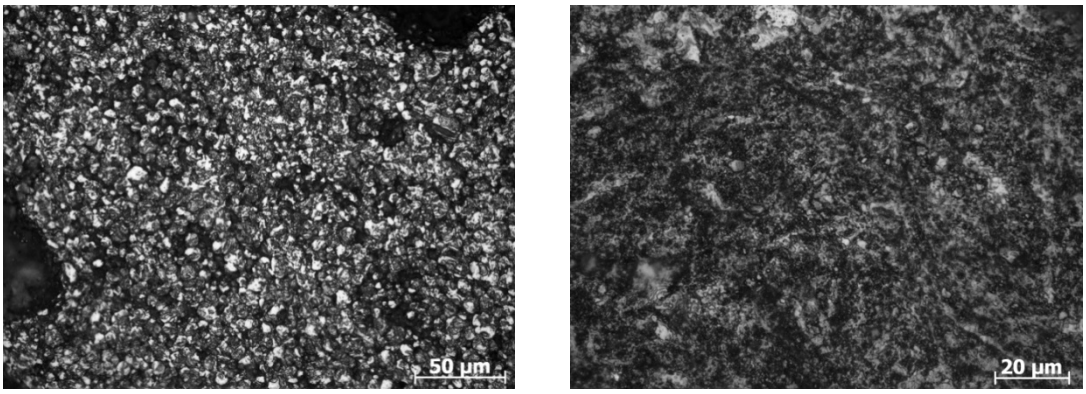


Рис. 2. Зависимость максимальной температуры и скорости горения Ti-C смесей от расчетного содержания Ti связки в TiC+Ti композите (в предположении стехиометричности TiC)

содержанием титанового порошка в количестве 89,56 масс. % и более (см. табл. 1). Для составов с меньшим содержанием титана (87,58 и 85,66 масс. % Ti) в СВС продукте несвязанный титан отсутствует, а понижение T_c и v по-видимому связано с зависимостью энтальпии карбида от содержания углерода, то-есть от величины стехиометрического коэффициента X.

По аналогии с результатами на системе «TiC – чугун» [11] можно ожидать зависимости среднего размера карбидных частиц в СВС композиционных порошках от содержания титана в реакционных смесях. На рис. 3 представлена микроструктура отдельных гранул СВС композиционного порошка двух составов с большим фактическим содержанием титановой связки (примерно 20 и 80 об% соответственно). На металлографических шлифах светлые частицы карбида титана выделяются на фоне затравленной титановой связки. Определенные методом количественной металлографии средние значения размеров карбидных включений равны: 7,16±1,42 мкм и 4,57±0,09 мкм соответственно. Таким образом, для этих двух составов эффект влияния металлической связки на дисперсность карбидной фазы в композиционных порошках подтверждается. Для проверки проявления этого эффекта на широком концентрационном интервале требуются дальнейшие исследования.



а) б)

Рис. 3. Структура СВС композиционных порошков с расчетным содержанием титановой связки 60 об.% (а) и 90 об.% (б)

Выводы

1. СВС в режиме послойного горения без предварительного подогрева и механичекой активации реакционных смесей «титан – углерод (сажа)» реализуется при массовом содержании титана не более 91,58 %.
2. При бóльшем содержании титана требуется механоактивация реакционных смесей. Послойное горение при этом возможно в механоактивированных смесях, содержащих до 94.68 масс. % Ti, а при еще большем содержании титана (до 97,90 масс. %) синтез идет в режиме теплового взрыва.
3. Во всем исследованном концентрационном интервале синтеза образуется нестехиометрический карбид титана TiC_X в соответствии с равновесной диаграммой титан – углерод. Величина стехиометрического коэффициента X уменьшается вплоть до значения 0,5 при увеличении содержания титана в реакционных смесях.

Литература.

1. Zwikker Ulrich. Titan und Titanlegirungen. 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 engeneering. 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 Sciense. 2013, vol. 284, pp 472-481.
5. Weiping Liu, J.N. DuPont. Fabrication of functionally graded TiC/Ti composites by Laser Engeneering Net Shaping. Scripta Materialia. 2003, vol. 48, iss. 9, pp 1337-1342.
6. В.Е.Панин, С.И.Белюк, В.Г.Дураков, Г.А.Прибытков, Н.Г. Ремпе. Электронно-лучевая наплавка в вакууме: оборудование, технология, свойства покрытий. Сварочное производство. 2000, № 2, с 34-38.

7. 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.
8. А.с. №975068 (СССР). Аввакумов Е.Г., Поткин А.Р., Самарин О.И.. Планетарная мельница. Бюллетень изобретений, 1982. №43.
9. 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.
10. Korchagin M.A., Grigor'eva T.F., Bokhonov B.B., Sharafutdinov M.R., Barinova A.P., Lyakhov N.Z. Solid-state combustion in mechanically activated shs systems. II. Effect of mechanical activation conditions on process parameters and combustion product composition. Combustion, Explosion, and Shock Waves. 2003. T. 39. № 1. pp. 51-58.
11. Kalambaeva S.S., Korosteleva E.N., Pribytkov G.A. Structure of composite powders “TiC – high chromium cast iron binder” produced by SHS method. IEEE conference publications. MEACS Conference Proceedings (International Conference on Mechanical Engineering, Automation and Control Systems), 2014, DOI: 10.1109/MEACS.2014.6986945, Publication Year: 2014 , Page(s): 1 – 4.

УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ОБРАБОТКА ПОВЕРХНОСТИ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ. СУБМИКРОКРИСТАЛЛИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ

*В.А. Клименов***, д.т.н, проф., В.А. Власов***, д.ф.-м.н. проф.,*
В.Ю. Борозна, к.т.н., доцент, А.А. Клопотов****, д.ф.-м.н. проф.*
**Томский государственный архитектурно-строительный университет*
634003, г. Томск пл. Соляная, 2, тел. (3822)-65-07-23
***Национальный исследовательский Томский политехнический университет*
634050, г. Томск пл. Ленина, 30
****Национальный исследовательский Томский государственный университет*
634050, г. Томск пл. Ленина, 36
E-mail: klimenov@tpu.ru, klopotovaa@tsuab.ru

1. Введение

В настоящее время литературе показано, что измельчение зеренной структуры до субмикро - и нанокристаллических состояний в металлах и сплавах приводит к существенному изменению физико-механических свойств (увеличению предела текучести и предела прочности, улучшение триботехнических характеристик и др.) [1]. Например, в работах [2,3] на титановых сплавах показано монотонное возрастание микротвердости по мере увеличение дисперсности зеренной структуры. В связи с этим, создание на поверхности металлов и сплавов с субмикро - и нанокристаллическими состояниями позволяет провести создание высоких эксплуатационных свойств на поверхности деталей. Одним из перспективных методов в этом направлении является ультразвуковая поверхностная обработка [4]. Очень перспективными в этом направлении являются работы со сплавами на основе титана.

Цель работы провести структурные исследования влияния ультразвуковой обработки на физико-механические свойства и на микроструктуру титановых сплавов ВТ1-0 и ВТ6.

2. Материалы и методы исследования

Для исследования использовали сплавы на основе титана ВТ 1-0 (α- фаза) ВТ6 ($\alpha + \beta$). Образцы сплавов ВТ 1-0 и ВТ6 выдерживали в течении 1 часа при температурах 680 °С и 750 °С соответственно с последующим охлаждением на воздухе.

Ультразвуковую поверхностную обработку образцов проводили посредством ультразвукового технологического комплекта УЗТК-02. Комплект состоит из ультразвукового генератора УЗГ-02/22 и инструмента в составе: магнитострикционного преобразователя ПМС-063 и индентора. Для этого в резцедержатель станка устанавливали специальный ультразвуковой ударный инструмент (рис. 1). Технические характеристики ультразвукового оборудования: мощность 0,25 кВт; ультразвуковой преобразователь - магнитострикционный; рабочая частота 22 кГц; охлаждение преобразователя - воздушное; расход охлаждающего воздуха 30 м при давлении, не менее 0,3 МПа.

Таблица 1

Режимы механической обработки образцов

Марка сплава	№ п.п. образца	Скорость резания V, м/мин	Продольная подача резца S, мм/об	Угол при вершине резца ε, град
ВТ1-0	1	55	0,1	45
	2	55	0,1	60
	3	55	0,1	90
	4	55	0,2	45
	5	55	0,2	60
	6	55	0,2	90
ВТ6	1	55	0,1	45
	2	55	0,1	60
	3	55	0,1	90
	4	55	0,2	45
	5	55	0,2	60
	6	55	0,2	90

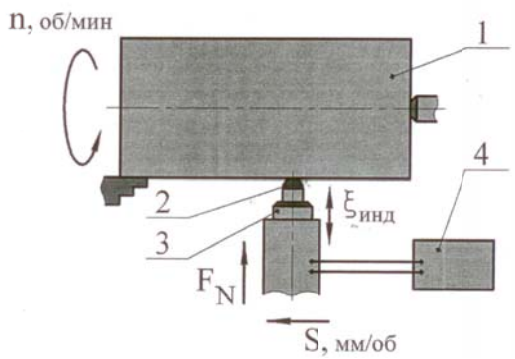


Рис. 1. Схема ультразвуковой поверхностной обработки: 1 - обрабатываемая деталь, 2 - шарик из твердого сплава, 3 - магнитострикционный преобразователь, 4 - ультразвуковой генератор

Исследование морфологии и шероховатости поверхности титановых образцов и измерение площади поперечного сечения трека после износа осуществляли с помощью профилометрического комплекса «MICRO MEASURE 3D station» и бесконтактного оптического профилометра NewView 7300.

Упрочнение поверхности титановых образцов оценивали по приросту значений микротвердости при помощи микротвердомера ПМТ-3 с нагрузкой на индентор 20 г.

С помощью программного обеспечения профилографа, позволяющего регистрировать полученные измерения и проводить их статистическую обработку с получением различных данных о поверхности исследуемого образца, определяли параметры шероховатости: Ra, Rz, Rq, Rp, Rv, Rt, Rsk, Rru, RTp, RHTp.

Металлографическое исследование структуры поверхностей титановых образцов выполнялось на электронном инвертированном универсальном металлографическом микроскопе Axiovert 200 MAT / M MAT (Carl Zeiss).

Электронно-микроскопические исследования структуры титановых сплавов проводили на электронном микроскопе JEM-200FX.

Перед ультразвуковым воздействием титановые образцы механически обрабатывали на токарном станке по режимам, приведенным в таблице. Для формирования угла наклона боковых поверхностей гребней варьировали параметры токарной обработки: продольная подача суппорта S, задающая расстояние между отдельными гребнями формирующегося микрорельефа поверхности и угол при вершине резца.

Для исследования влияния предварительной шероховатости поверхности титановых сплавов на процесс поверхностного упрочнения при ультразвуковой обработке было подготовлено по шесть образцов каждой марки титанового сплава с различной микрогеометрией поверхности. Образцы имели форму цилиндра диаметром 40 мм и высотой 20 мм. Обработке подвергалась наружная цилиндрическая часть образца. Обработку поверхности титановых сплавов проводили разными резцами в зависимости от марки титана (образцы ВТ1-0 обрабатывались резцами Р6М5;. образцы ВТ6 – сплавом ВК6).

Микрогеометрия поверхности, образующейся в результате механической обработки, зависит как от геометрической формы инструмента и подачи, так и от других факторов, значительно изменяющих теоретический профиль. К последним относятся: упругие и пластические деформации, тре-

ние на задней поверхности инструмента, нарост, вибрации и изменение контура лезвия в процессе его износа. Однако в настоящей работе факторы, влияющие на процесс образования микрогеометрии, порождаемые самим процессом резания и факторы, зависящие от оборудования и качества инструмента, были исключены из рассмотрения. В расчет принимали только факторы, определяющие геометрическое формирование остаточного гребешка.

В связи с этим, варьируемыми параметрами при токарной обработке были продольная подача суппорта S, задающая расстояние между отдельными гребнями формирующегося микрорельефа поверхности и угол 8 - угол при вершине резца, формирующий наклон боковых поверхностей гребней. Следует отметить, что обработку титанового сплава ВТ1-0 производили резцом с материалом режущей части выполненной из быстрорежущей стали Р6М5. Однако при обработке титанового сплава ВТ6 вершина выше указанного резца сразу же надламывалась, не позволяя выполнить намеченную обработку. В связи с этим для обработки титанового сплава ВТ6 резец был заменен на резец с материалом режущей части из твердого сплава марки ВК6.

3. Результаты и обсуждение

Индентор под действием статической и динамической силы, создаваемой колебательной системой, пластически деформирует поверхностный слой детали, предварительно обработанный резанием. Обработка поверхности детали производится твердосплавным индентором колеблющимся с ультразвуковой частотой. В зоне локального контакта индентора с обрабатываемой поверхностью возникает очаг пластической деформации, который перемещается вместе с индентором. Все образцы обрабатывали с одинаковыми режимами для того чтобы исключить влияние режимов самой ультразвуковой обработки на структуру формирующегося упрочненного слоя.

Процесс развития пластической деформации при соударении единичного индентора с упругопластическим материалом, обладающим известными физико-механическими свойствами и шероховатостью, состоит из трех этапов. На первом этапе нагрузка концентрируется на гребешках микронеровностей, ультраместные напряжения легко переходят границу упругости, и пластическое деформирование материала начинается со смятия вершин микровыступов. Сплошная площадка контакта при этом отсутствует.

На втором этапе с повышением нагрузки пластическое деформирование захватывает группы гребешков, при этом происходит массовое образование микроучастков контакта. Эти микроучастки, в свою очередь, могут быть сплошными или разделены на отдельные площадки в зависимости от общей микрогеометрии поверхности. На отдельных участках пластическое деформирование может сочетаться с упругим деформированием материала в зависимости от формы неровностей, размеров, сочетания в их расположении и, наконец, в зависимости от упругих и пластических свойств самого материала. Третий этап характеризуется началом деформации основания микропрофиля при этом образуется зона сплошного контакта индентора с поверхностью, воспринимающая нагрузку без ощутимых пластических деформаций.

После обработки ультразвуковым инструментом поверхность всех образцов представляет из себя однородный выглаженный микрорельеф с величиной шероховатости Rz 3,5 ÷ 5,5 мкм, практически ни чем не отличающийся друг от друга. Проведенное нами более детальное исследование профилограммы образца из титанового сплава марки ВТ6 (образец № 2, табл. 1) после ультразвуковой обработки, доказывает выдвинутое предположение о том, что наибольший эффект ультразвуковой обработки достигается именно на гребнях шероховатости, а в ниже лежащих областях он существенно меньше. Так на (рис. 2) отчетливо видны остаточные впадины гребней шероховатости, полученные при механической обработке, которые не претерпели ни каких изменений в процессе ультразвуковой обработки поверхности. Все это свидетельствует о том, что возникает очаг деформации первого рода, который из-за незначительного внедрения инструмента в деталь, приводит лишь к частичному сглаживанию неровностей. Контакт инструмента с заготовкой в данном случае имеет прерывистый характер. Среднее значение микротвердости титанового сплава ВТ1-0 равно 2400 Мпа [5]. Измерения микротвердости образцов титанового сплава ВТ1-0, прошедших ультразвуковую обработку, показали, что существует значительный разброс ее средней величины в интервале значений от 3200 МПа до 4000 МПа. Этот разброс зависит от формы и размеров рельефа шероховатости. Аналогичная ситуация имеет место и измерении микротвердости образцов титанового сплава ВТ6.

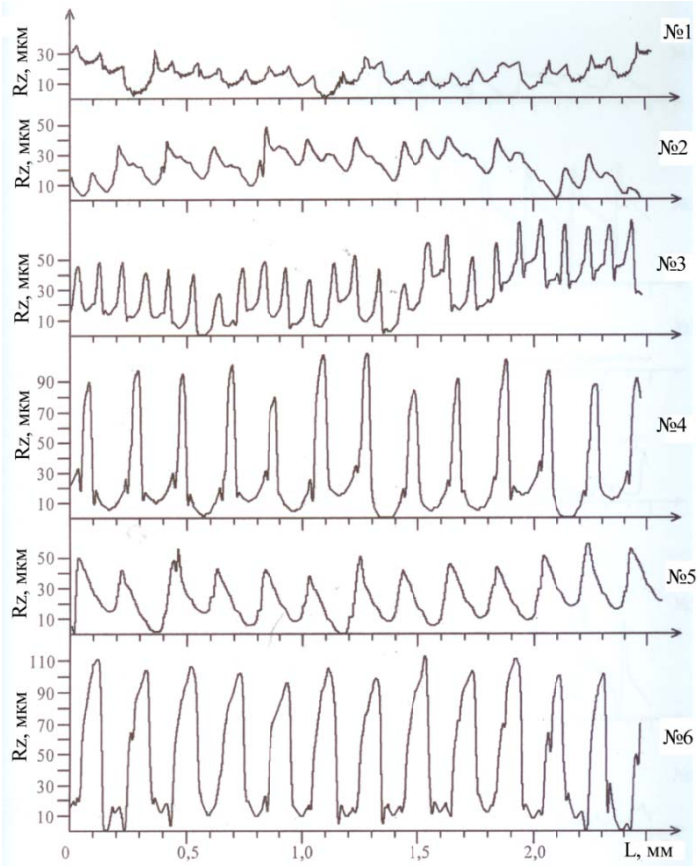


Рис. 2. Профилограммы поверхности образцов после механической обработки сплава ВТ 1-0

Анализ профилограмм образцов титанового сплава ВТ1-0 показал, что в результате механической обработки образуется регулярный микрорельеф поверхности с величиной шероховатости от Rz = 5 мкм до Rz = 100 мкм, состоящий из последовательно расположенных гребней и впадин определенной высоты с постоянным шагом (рис. 3). Регулярность профиля имеет большое значение при формировании упрочненных поверхностей, поскольку она обеспечивает постоянство свойств обработанной поверхности по всей площади контакта.

Установлено, что микрорельеф поверхности образцов титанового сплава марки ВТ6, полученных на одних и тех же режимах механической обработки, имеет заметно меньшую шероховатость поверхности по сравнению с образцами из титанового сплава ВТ 1-0. Данный факт можно объяснить тем, что с уменьшением пластичности металл меньше деформируется, уменьшается нарост, уменьшаются вибрации и в результате повышается класс чистоты обрабатываемой поверхности.

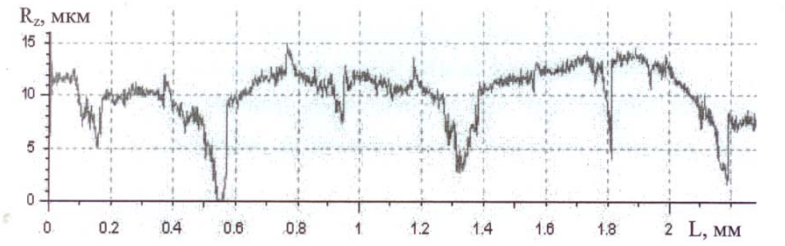


Рис. 3. Профилограмма поверхности образца титанового сплава ВТ6
после ультразвуковой обработки

На рис. 4 представлены результаты исследований микротвердости H_μ титановых сплавов от исходной шероховатости поверхности. Анализ этих зависимостей с учетом значительного разброса значений H_μ позволяют сделать вывод, что увеличение шероховатости приводит к росту микротвердости. Это приводит к тому, что наибольшее увеличение значений поверхностной микротвердости обладают образцы с наибольшей исходной шероховатостью.

Для исследования распределения микротвердости по глубине образца были подготовлены поперечные металлографические шлифы. Исследованию подвергались образцы каждой марки титанового сплава, имеющие наибольшую микротвердость.

Анализ полученных данных для титанового сплава ВТ 1-0 позволило установить, что ультразвуковая обработка поверхностного слоя приводит к градиентному увеличению значений микротвердости от и исходного 2400 МПа до 4000 МПа на его поверхности. При этом величина переходной зоны составляет около 120 мкм (рис. 5).

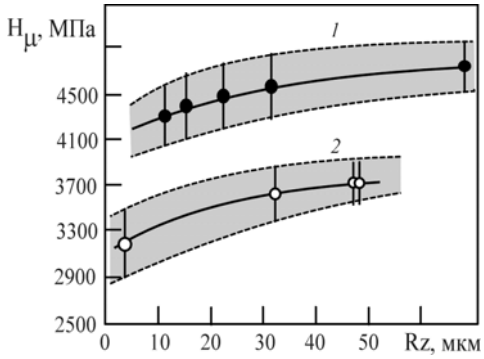


Рис. 4. Зависимость микротвердости от шероховатости сплавов ВТ6 (*кривая 1*) ВТ1-0 (*кривая 2*). Серым цветом выделена область изменения микротвердости с учетом ошибки измерения

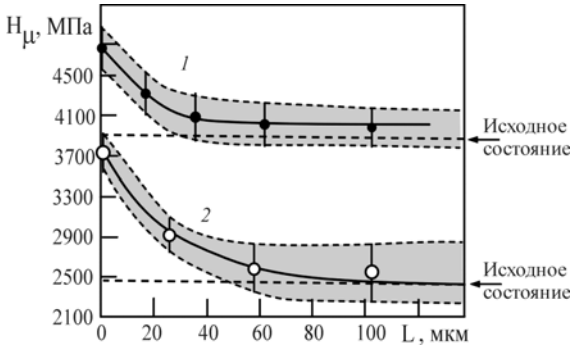


Рис. 5. Распределение микротвердости по глубине от обработанной ультразвуком поверхности: 1 - ВТ6; 2 - ВТ 1-0. Серым цветом выделена область изменения микротвердости с учетом ошибки измерения

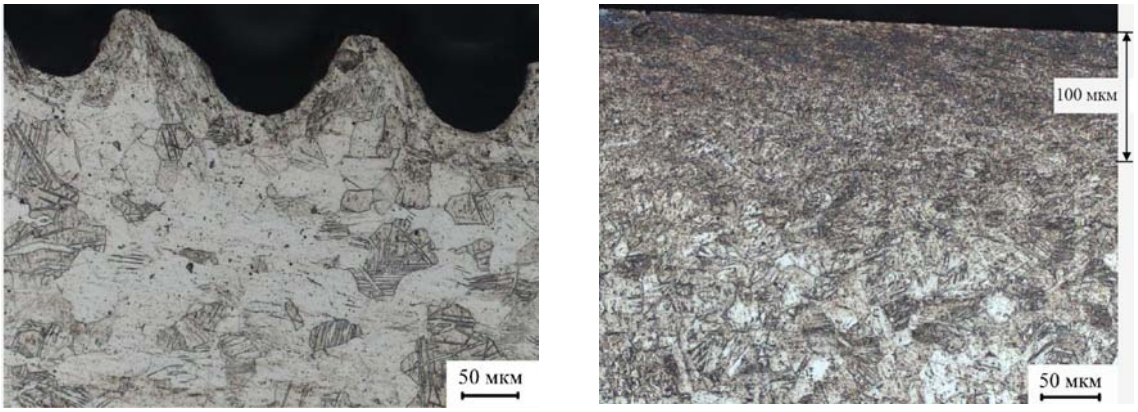
Исследование образца из титанового сплава ВТ6 позволило установить, что ультразвуковое модифицирование поверхностного слоя приводит к градиентному увеличению значений микротвердости от исходного 4000 МПа до 5400 МПа на его поверхности. Несмотря на то, что при обработке титанового сплава ВТ6 эффект упрочнения от ультразвуковой обработки несколько меньше и составляет 1400 МПа, величина переходной зоны, в которой наблюдается монотонное убывание микротвердости, существенно меньше и составляет порядка 40 мкм.

Металлографические исследования структуры поверхностного слоя титанового сплава ВТ1-0 после механической обработки показали, что механическая обработка поверхности приводит к образованию дефектной структуры На микрофотографии (рис. 6) видно, что зерна вытянуты по направлению движения режущего инструмента. Здесь зерна, как бы повторяют контур гребня шероховатости сформированного режущим инструментом.

Исследования структуры поверхностного слоя титанового сплава ТН1-0 после ультразвуковой обработки показало ее сильное измельчение с текстурой, также направленной в направлении продольной подачи движения индентора. Величина этого поверхностного слоя и измельченной структурой составляет величину порядка 100 мкм. В результате исследование структуры поверхностного слоя титанового сплава ВТ1-0 после ультразвуковой обработки установлено, что поверхностный слой образца имеет сильно измельченную структуру с текстурой, так же направленной в направлении продольной подачи движения индентора. Это свидетельствует о том, что структура претерпела значительные изменения в результате ультразвуковой обработки. Степень измельчения зеренной структуру весьма существенная, о чем свидетельствуют приведенные микрофотографии (рис. 6)

Электронно-микроскопические исследования образцов из титанового сплава ВТ1-0 с наибольшей микротвердостью позволили установить, что обработанные ультразвуком поверхности имеют неоднородную по объему микроструктуру. Средний размер элементов структуры на самой поверхности образца имеют размеры порядка 100 нм. При удалении от поверхности средний размер элементов структуры увеличивается до 200 нм с последующим ростом до обычного крупнозернистого состояния.

Подобные электронно-микроскопические исследования обработанных ультразвуком образцов из титанового сплава ВТ6 с наибольшей микротвердостью показали, что микроструктура так же неоднородна по объему в приповерхностной области. Средний размер элементов структуры на самой поверхности образца в среднем равен 50 нм. При удалении от поверхности средний размер элементов структуры увеличивается до 120 нм и при дальнейшем удалении достигает обычной крупнозернистой структуры.



а) б)

Рис. 6. Металлографическое изображение поверхности титанового сплава ВТ1-0 после механической обработки (а) и после последующей ультразвуковой обработки (б)

Заключение

1. Установлено наличие зависимости между исходной шероховатостью поверхности титановых сплавов и микротвердостью после ультразвуковой обработки. Микротвердость титановых сплавов после ультразвуковой обработки возрастает с повышением исходной шероховатости поверхности.

2. Показано, что увеличение исходной шероховатости поверхности титановых сплавов до 80 мкм позволяет в результате ультразвуковой обработки сформировать в поверхностном слое структуру со средним размером элементов 100 нм для титанового сплава ВТ1-0 и 50 нм для титанового сплава ВТ6.

Работа выполнена при финансовой поддержке работ по проекту Министерства образования и науки Российской Федерации.

В статье использованы результаты, полученные в ходе выполнения проекта проекта Министерства образования и науки Российской Федерации (№ 8.1.42.2015), в рамках Программы «Научный фонд им. Д.И. Менделеева Томского государственного университета» в 2015 г. и по государственному заданию в сфере научной деятельности (проект №11.351.2014/К)

Литература.

1. Валиев Р.З., Александров И.В. Объемные наноструктурные металлические материалы. М.: ИКЦ Академкнига, 2007. 398с.
2. Белый А.В., Кукареко В.А., Кононов А.Г., Копылов В.И., Шаркеев Ю.П. Структура и триботехнические свойства субмикрокристаллического титана, модифицированного ионами азота. // Трение и износ. – 2008. – Т. 29. – №6. – С.571-577.
3. Лебедев В.А., Стрельцова И.П. Закономерности формирования и упрочнения поверхностного слоя динамическими методами. // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2006. – №7. – С.7-12.
4. Klimenov V.A., Kovaievskaya Zn.G., Borozna V.Yu., Sun Zeming, Zhu Qifang. Nano-cristallization surface treatment of titanium alloys // RARE METALS Vol. 28, Spec. Issue, Oct 2009, p.195-198.
5. Борозна В.Ю. Зависимость степени упрочнения поверхности титанового сплава ВТ1-0 при ультразвуковой обработке от исходной шероховатости // XV Международная научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Современные техника и технологии». – Томск: ТПУ. – 2009. – Т.3. – С. 472-474.

ПРИМЕНЕНИЕ НАНОКАРБИДА КРЕМНИЯ В УПРОЧНЯЮЩИХ И КЕРАМИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЯХ

В.В. Руднева, д.т.н., проф., Г.В. Галевский, д.т.н., проф., Н.А. Козырев, д.т.н., проф.
Сибирский государственный индустриальный университет
654007, г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42, тел. (3843) 74-89-13
E-mail: kafcmet@sibsiu.ru

Введение

Производство карбида кремния является одним из важнейших в структуре современной металлургии. Сочетание исключительных теплофизических, механических и физико-химических свойств карбида кремния делает его уникальным материалом для многих отраслей техники и предопределяет такие основные направления применения, как материалы на связках, керамика, композиционные материалы и покрытия.

Целью настоящей работы явилась оценка эффективности применения нанокарбида кремния в технологии композиционных электроосаждаемых покрытий (КЭП), конструкционной керамики, электровзрывного легирования (ЭВЛ) сталей. При проведении экспериментальных исследований использовали нанокарбид кремния и композиции на его основе, полученные по инновационной технологии, предложенной авторами [1].

Применение нанокарбида кремния в технологии композиционных электрохимических покрытий

Нанокарбид кремния применялся в качестве упрочняющей фазы в процессах электрохимического осаждения покрытий из электролитов хромирования. Для решения задач композиционного упрочнения использовали нанокарбид, полученный карбидизацией микропорошка кремния метаном – SiC (1) и плазменным модифицированием микропорошка – SiC (2). Характеристики нанопорошков (НП) карбида кремния SiC (1) и SiC (2) и их физико-химические свойства приведены в таблице 1.

Таблица 1

Основные характеристики нанопорошков карбида кремния

Характеристики нанопорошков	SiC (1)	SiC (2)
Фазовый состав	β-SiC	β-SiC
Химический состав основной фазы	$SiC_{0,95}N_{0,05}$	$SiC_{0,95}N_{0,05}$
Содержание основной фазы, % масс.	99,21*	99,30*
Содержание примеси свободного углерода, % масс.	0,06	0,05
Удельная поверхность, $м^2$/кг	38000	37000
Размер** частиц, нм	62	61
Форма частиц	Огран.	
Коррозионная стойкость в растворах электролитов	Устойчив в электролитах любой кислотности	
Термоокислительная устойчивость на воздухе, К	до 913	
Примечание: * После рафинирования. ** Рассчитан по величине удельной поверхности.		

Для электроосаждения КЭП хром – нанокарбид использовали электролит хромирования, содержащий НП карбида кремния SiC (1) или SiC (2), следующего состава, кг/$м^3$: хромовый ангидрид 250, серная кислота 3, хром трехвалентный 8. Для приготовления электролита – суспензии к навеске порошка добавляли небольшое количество чистого электролита, компоненты перемешивали до полного смачивания порошка, переносили в электролизер и разбавляли до требуемой концентрации. Корректировка pH производилась с помощью растворов NaOH или H_2SO_4.

Анализ результатов исследований и промышленного применения нанокарбида кремния SiC (1) и SiC (2) подтвердил установленные ранее для нанокарбидов и наноборидов и описанные в работах [2, 3] параметрический, концентрационный, структурный и технологический эффекты. Так, используемый электролит хромирования характеризовался в зависимости от дисперсности наполнителя следующим изменением катодной плотности тока (МП – микропорошок карбида кремния с размером частиц менее 5 мкм):

Без наполнителя (5 кА/$м^2$) → МП SiC (5,5-6,0) → НП SiC (2), SiC (4) (8-10).

Возрастание допустимой катодной плотности тока обусловлено, по-видимому, стабилизацией значений pH в прикатодном слое при введении в электролит второй фазы. Насыщение покрытия кар-

бидными наночастицами происходит при меньшем их массовом содержании в покрытии и концентрации в электролите (таблица 2), что обусловлено возрастанием числа наночастиц в единице объема, способствующим дисперсионному твердению металлической матрицы. Микротвердость композиционных покрытий с нанокомпонентами на основе хрома в 1,80-1,90 раза выше, чем у хрома, и в 1,10-1,20 выше по сравнению с композиционными покрытиями с микропорошками (таблица 2), причем во всех случаях величина микротвердости повышается с увеличением содержания частиц в композиционном материале. Повышение твердости связано с высокой эффективностью наночастиц как барьеров распространения дислокаций. Включение наночастиц в хромовую матрицу снижает интенсивность её изнашивания при изменении содержания наноразмерного порошка от 0,15 до 0,45 % масс. в 1,25-2,5 раза. Значительное повышение износостойкости материала Cr – НП SiC связано с устранением в структуре слоя возбудителей местной концентрации напряжений – микротрещин, присутствующих в значительных количествах в хромовых слоях. Определение коррозионной стойкости КЭП Cr – НП SiC в жидких средах показывает, что КЭП превосходят обычные покрытия на основе хрома в 1,3-1,5 раза (частотный показатель коррозии 0,3 %) и могут быть отнесены к группе стойких.

Таблица 2

Зависимость содержания упрочняющей фазы (а) и микротвердости (Н) КЭП*
от концентрации НП и МП в электролите

Концентрация НП, МП в электролите, кг/м^3	а, % масс. / Н, ГПа		
	Cr – НП SiC (1)	Cr – НП SiC (2)	Cr – МП SiC
1,0	0,20/9,0	0,24/9,1	0,47/8,4
3,0	0,41/9,3	0,43/9,2	0,72/8,6
10,0	0,59/9,7	0,58/9,4	0,89/8,9
20,0	0,82/10,1	0,84/10,1	1,1/9,0

Примечание: * Условия электроосаждения: КЭП Cr – НП, МП SiC – катодная плотность тока 8,0 кА/м^2, pH 2,0, T = 323 К.

Для оценки возможности замены нанокарбидом кремния наноалмазов детонационного синтеза, проведено сопоставление характеристик хром-карбидных и хром-алмазных покрытий (таблица 3).

Таблица 3

Сравнительные характеристики покрытий на основе хрома с нанопорошками
карбида кремния SiC (1) и алмаза [4]

Условия электроосаждения и достигаемые результаты		Технологические варианты					
		1	2	3	4	5	6
Состав электролита, кг/м^3	Хромовый ангидрид	250	250	250	250	250	260
	Кислота серная	3	3	3	3	3	0,34
	Хром трехвалентный	8	8	8	8	8	–
	Калий кремнефтористый	–	–	–	–	–	19
	Барий сернокислый	–	–	–	–	–	7
	НП карбида кремния	4	6	7	8	10	–
	НП алмаза	–	–	–	–	–	20
Режим осаждения	Температура, К	328	328	328	328	328	331
	Плотность тока, А/дм^2	55	55	55	55	55	55
Результаты	Износостойкость*	0,96	1,0	1,05	1,07	1,08	1,0
	Микротвердость, ГПа	8,9	9,0	9,1	9,15	9,15	9,0
	Коррозионная стойкость*	0,96	1,05	1,07	1,10	1,10	1,0
	Срок службы при температуре выше 473-573 К*	1,1	1,50	1,70	2,00	2,06	1,0
	Стоимость 1 м^3 электролитной суспензии*	0,13	0,16	0,18	0,20	0,23	1,0

Примечание: * Износостойкость, коррозионная стойкость, срок службы при эксплуатации при температуре выше 473-573 К, стоимость 1 м^3 электролитной суспензии приведены по отношению к варианту 6, для которого значения этих показателей приняты за 1,0.

Можно видеть, что хром-карбидные покрытия имеют сопоставимые с хром-алмазными износостойкость, микротвердость, коррозионную стойкость, более высокий срок службы при эксплуатации в условиях температур выше 473-573 К, достигаемые при более низких концентрациях нанопорошка карбида в электролите и существенном снижении стоимости 1 $м^3$ электролита – суспензии.

Результаты исследований свидетельствуют о технологической целесообразности применения нанопорошков с удельной поверхностью не более 40000 $м^2$/кг (таблица 4) с ограниченным (менее 1,0 % масс.) содержанием свободного углерода (таблица 5).

Таблица 4

Сравнительные характеристики покрытий на основе хрома с НП карбида кремния с различной удельной поверхностью (для условий технологического варианта 4, таблица 3)

Величина удельной поверхности НП карбида кремния, $м^2$/кг	11000	22000	32000	38000	51000
Износостойкость	0,89	0,99	1,0	1,03	0,93
Микротвердость, ГПа	7,92	9,27	9,32	9,39	8,51
Коррозионная стойкость	0,82	1,0	1,0	1,0	0,91
Срок службы при эксплуатации при температуре выше 473-573 К	0,72	1,0	1,0	1,0	0,88

Таблица 5

Сравнительные характеристики покрытий на основе хрома с НП карбида кремния при различном содержании в нем свободного углерода (для условий технологического варианта 4, таблица 3)

Содержание в НП карбида кремния свободного углерода, % масс.	0,8	1,5	2,4
Износостойкость	1,0	0,86	0,79
Микротвердость, ГПа	932	760	710
Коррозионная стойкость	1,0	0,89	0,79
Срок службы при эксплуатации при температуре выше 473-573 К	1,0	не рекомендуются к эксплуатации в этих условиях	

Использование более дисперсных наноматериалов усложняет технологию приготовления и эксплуатации электролита – суспензии. Это обстоятельство отмечается также в работах других исследователей. Так, авторы работы [4], использовавшие при композиционном хромировании алмазные нанопорошки с удельной поверхностью 400000-500000 $м^2$/кг (размер частиц 4-5 нм), отмечают, что при реализации обычных приемов приготовления электролита – суспензии нанопорошки вводятся в электролит с большим трудом (длительность перемешивания может составить 50-80 часов), в связи с чем ими разработана специальная длительная многооперационная технология. Авторы работы [5], использовавшие для композиционного хромирования нанопорошок оксида алюминия с удельной поверхностью 100000-150000 $м^2$/кг (размер частиц 15-18 нм), также отмечают возникающие при приготовлении электролита – суспензии трудности, в связи с чем рекомендуют вводить нанопорошок в электролит в виде концентрированной суспензии, обработанной ультразвуком частотой 22 кГц. Отмеченные особенности подтверждают значительное развитие в объеме электролита процессов коагуляции наночастиц, приводящих к их укрупнению, и усиливающихся при применении нанопорошков с удельной поверхностью 50000-500000 $м^2$/кг. Развитие процессов коагуляции обусловлено такими причинами, как неустойчивость наносистем, обладающих избыточной поверхностной энергией, и неудовлетворительная смачиваемость нанопорошков, связанная с состоянием поверхности их частиц и наличием или отсутствием на них поверхностного заряда. В результате возникает технологическая необходимость реализации процессов электроосаждения покрытий из электролитов – суспензий с повышенной концентрацией в них нанопорошков.

По результатам исследований разработаны способ получения композиционных электрохимических покрытий на основе хрома [6] и технологические процессы композиционного упрочнения с нанокарбидом кремния. КЭП на основе Cr – НП SiC рекомендуются для защиты деталей и технологической оснастки, подверженных износу (например, нитевые датчики крутильных машин, штоки

амортизаторов и др.), одновременному износу и коррозии (например, пресс-формы для отпрессовки изделий из термопластов, детали нефте- и газопромыслового оборудования и др.). Но экономически и технологически наиболее целесообразно применение их взамен хром-алмазных КЭП для поверхностного упрочнения инструмента, оснастки, деталей машин и механизмов, эксплуатирующихся в условиях повышенных температур (выше 473-573 К): прессовый инструмент для порошковой металлургии, детали инструментального производства – пуансоны, штампы, матрицы, державки пуансонов и др., детали поршневой группы двигателей внутреннего сгорания и т.п.

Применение нанокарбида кремния в технологии конструкционной керамики

Для технологии конструкционной керамики применяли нанокарбид кремния, полученный карбидизацией микропорошка кремния метаном – SiC (1) и модифицированием микропорошка карбида в плазменном потоке азота – SiC (2) с последующим рафинированием.

Нанокарбид кремния по основным характеристикам (уровню дисперсности, фазовому и химическому составам) не уступает карбидокремниевым порошкам конструкционного назначения зарубежных фирм (таблица 6). Технологическим преимуществом вводимого в обращение материала является возможность поставки его в виде композиции заданного состава, содержащей активирующие процесс спекания добавки (реакционноспособные бор и углерод).

Таблица 6

Химический и фазовый составы, режимы ТФС и физико-механические свойства карбидокремниевых керамических материалов

Характеристики порошков карбида кремния, условия подготовки и режимы ТФС	Торговая марка, изготовитель			
	ТУ 40-АЖПТ-002-2006 ЦПТ СибГИУ SiC (1)	ТУ 40-АЖПТ-003-2006 ЦПТ СибГИУ SiC (2)	А-10 "Hermann Starck Co."	В-10 "Hermann Starck Co."
Фазовый состав	β-SiC	β-SiC	α-SiC	β-SiC
Химический состав, % масс.				
SiC	90,16	90,00	97,0	95,0
$C_{своб.}$	2,70	2,69	1,0	1,9
$B_{своб.}$	2,52	2,63	–	–
$Si_{своб.}$	0,03	0,02	0,01	0,02
SiO_2	4,51	4,60	1,88	3,02
Al	0,04	0,03	0,1	0,04
Fe	0,04	0,04	0,01	0,02
Соотношение SiO_2 : C в шихте, моль/моль (стехиометрическое "на карбид" 1 : 3)	1 : 3,01	1 : 2,98	1 : 2,69	1 : 3,17
Удельная поверхность, $м^2$/кг	38000	37000	11000	15000
Размер* частиц, нм	67	66	700	600
Термообработка шихты T = 1073 К, P = 100 Па, τ = 1 ч	+	+	+	+
Пластифицирование шихты 5 %-ным раствором ПВС	+	+	+	+
Холодное прессование заготовок в стальной разборной прессформе P = 50 МПа	+	+	+	+
Относительная плотность до спекания	0,63	0,62	0,64	0,61
Твердофазное спекание в аргоне T = 2273 К, P = 0,1 МПа, τ = 2 ч	+	+	+	+
Относительная плотность спеченных образцов	0,95	0,96	0,86	0,87
$\sigma_{изг.}^{20^\circ C}$, МПа	340	380	310	320
Примечание: * Рассчитан по величине удельной поверхности.				

С целью импортозамещения безразмольного порошка карбида кремния печного синтеза фирмы "Hermann Starck Co." марок А-10 и В-10 проведено опробование и применение нанокарбида кремния в процессах твердофазного спекания заготовок для изготовления керамических уплотнительных колец серий 156.017 и 156.073 с наружным диаметром от 16 до 30 мм и высотой от 18 до 30 мм для насосов и погружных электродвигателей, перекачивающих нефть, нефтепродукты, сжиженные углеводородные газы. При этом подтверждены технологические преимущества нанокарбида кремния и получены следующие результаты (таблица 6). Использование нанокарбида кремния позволяет исключить при подготовке шихты введение в неё органических соединений и их карбонизацию для получения равномерно распределенного реакционно-способного углерода и восстановления пленки кремнезема на карбидных наночастицах, перемешивание на валках, что упрощает и удешевляет технологию и позволяет реализовать её по следующему промышленно приемлемому варианту: термообработка порошка в вакууме при 1073 К, введение пластификатора, смешивание и прессование при давлении 50 МПа, обжиг в течении 2-х часов в аргоне при давлении 0,1 МПа при температуре 2273 К. Соблюдение технологии обеспечивает относительную плотность после формования 0,62-0,63, после спекания 0,95-0,96 и стабильную усадку 26-29%.

Применение нанокарбида кремния в технологии поверхностного упрочнения сталей электровзрывным легированием

В технологии поверхностного упрочнения сталей электровзрывным легированием в качестве порошковой добавки впервые опробован нанокарбид кремния SiC (1) (таблица 1), содержащий 99,21 % масс. β-SiC, с удельной поверхностью 38000 $м^2$/кг. Исследовалось формирование композитных поверхностных слоев на образцах инструментальной стали Х12 при электровзрыве алюминиевой фольги с внесением в зону взрыва нанокарбида кремния по технологии, описанной в [7]. Выбор этой стали обусловлен тем, что она широко используется для изготовления инструментов, предназначенных для обработки материалов давлением (штампов, пуансонов и т.п.), в связи с чем для неё важна повышенная устойчивость против истирания. Это обстоятельство и предопределило повышенный интерес исследователей к нанокарбиду кремния. Определялись фазовый состав поверхностных слоёв стали после обработки, а также их свойства – микротвердость, износо- и жаростойкость.

В качестве взрываемого проводника использовали алюминиевую фольгу массой 30 мг, на которую помещали навеску нанокарбида кремния массой 7,5 мг. Обработке подвергали образцы стали размерами 25 х 20 х 5 мм. Время воздействия на поверхность составляло 100 мкс, эффективное значение поглощаемой плотности мощности – 6,0 ГВт/$м^2$, динамическое давление, оказываемое струей на поверхность, достигало 14,2 МПа. При таком режиме воздействия глубина зоны легирования составляла около 20 мкм.

Электровзрывное легирование в высокоинтенсивном режиме плазменного воздействия на поверхность приводило наряду с оплавлением к насыщению поверхностных слоев стали продуктами взрыва алюминиевой фольги и наночастицами карбида кремния с последующей самозакалкой с образованием аустенитной структуры. Микротвердость поверхности образцов без обработки оказалась равной 2513±205 МПа, а после обработки возросла в среднем в 2,8 раза. Потеря массы образцов стали в состоянии поставки при испытаниях на износостойкость составила 27,4 ± 7,3 мг, а после электровзрывной обработки – 3,3 ± 2,5 мг, т.е. износостойкость увеличилась в 8 раз. Испытания на жаростойкость показали, что значения массового показателя коррозии образцов в исходном состоянии составили 2,7; 5,2 и 10,6 г/($м^2$·ч) при температурах 800, 850 и 900 °С соответственно. После защитной обработки были получены значения 0,3; 1,5 и 5,3 г/($м^2$·ч). Увеличение жаростойкости при указанных температурах испытаний составило 9; 3,5 и 2 раза, что в среднем в 2 раза выше соответствующих показателей жаростойкости этой стали после двухкомпонентного электровзрывного легирования, например, бором и гадолинием.

Таким образом, зона легирования обладает высокой микротвердостью и устойчивостью против абразивного изнашивания и высокотемпературного окисления на воздухе.

Выводы

Подтверждена высокая эффективность применения нанокарбида кремния в технологии композиционного хромирования, конструкционной керамики, поверхностного модифицирования сталей электровзрывным легированием. Хром-карбидные покрытия имеют сопоставимые с хром-алмазными износостойкость, микротвердость, коррозионную стойкость, более высокий ресурс работы. Спеченные карбидокремниевые керамические заготовки характеризуются высокой плотностью и стабиль-

ной усадкой. Зона легирования, содержащая нанокарбид кремния, обладает высокой микротвердостью, стойкостью против абразивного износа, термоокислительной устойчивостью.

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

Литература.

1. Наноматериалы и нанотехнологии в производстве карбида кремния : монография : в 3 т. / В.В. Руднева; науч. ред. Г.В. Галевский. Дополнительный том : Плазмометаллургическое производство карбида кремния: развитие теории и совершенствование технологии. – М. : Флинта : Наука, 2008. – 387с.
2. Плазмометаллургическое производство карбида кремния для композиционного никелирования и хромирования : монография / О.А. Полях, В.В. Руднева ; науч. ред. Г.В. Галевский. – М. : Флинта : Наука, 2006. – 188 с.
3. Наноматериалы и нанотехнологии в производстве карбида кремния: монография : в 3 т. / науч. ред. Г.В. Галевский; Т. 2. Плазмометаллургическое производство карбида кремния для гальванотехники / О.А. Полях, В.В. Руднева. – М. : Флинта : Наука, 2007. – 190 с.
4. Пат. 2156838 РФ. МПК C25D15/00. Способ получения композиционных металлоалмазных покрытий / Е.В. Никитин, Л.А. Поляков, Н.А. Калугин. Комбинат "Электрохимприбор". - № 99108896/02; заявл. 21.04.99; опубл. 27.09.2000.
5. Пат. 2148109 РФ МПК C25D3/04. Способ получения термостойких хромовых покрытий / И.Г. Идрисов, В.В. Ковалев. БТИ АГТУ. - № 99102009/02; заявл. 01.02.99 : опубл. 27.04.2000.
6. Пат. № 2318083 РФ, МПК С25Д 15/00. Способ получения композиционных электрохимических покрытий на основе хрома / Г.В. Галевский, В.В. Руднева, О.А. Полях. - № 2006129821/02; заявл. 17.08.2006; опубл. 27.02.2008. – Бюл. 6. – 5 с.
7. Цвиркун О.А. Упрочнение и защита поверхности стали Х12 электровзрывным легированием / О.А. Цвиркун, Е.А. Будовских, В.В. Руднева, В.Ф. Горюшкин, В.Е. Громов // Журнал функциональных материалов. – 2007. – Т. 1. - № 3. – С. 117-119.

БАЗИРОВАНИЕ ЗАГОТОВОК ПРИ ОБРАБОТКЕ СЕКТОРОВ МОДУЛЯ СОПРЯЖЕНИЯ ГЕОХОДА НА СТАНКАХ С ЧПУ

С.Е. Лагунов, А.Н. Березовский, О.В. Тараканов, студенты
Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского Томского политехнического университета
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26
E-mail: lagunov.1993@bk.ru

Модуль сопряжения геохода является одним из наиболее ответственных узлов машины, качество которого непосредственно определяет надежность и эффективность всего агрегата. Основу конструкции модуля сопряжения составляет пара корпусов, сопрягающихся по поверхностям вращения и образующих опору трения скольжения. Подобно другим крупногабаритных корпусам геохода (секциям), корпуса модуля сопряжения состоят из разъемных секторов [1], однако, в отличие от них, требуют механической обработки отдельных секторов. При этом необходимо обеспечить точность взаимного положения поверхностей, полученных на отдельных секторах, и поверхностей, полученных на корпусах в сборе. Во многом данная задача состоит в установлении связи между системами координат заготовки и станка [2] и сводится к задаче выбора рациональной схемы базирования секторов на операциях механической обработки с использованием в качестве базы обработанных в сборе поверхностей вращения.

С учетом больших габаритов рассматриваемых изделий, а также опытный характер производства геоходов, рациональной является концентрация переходов, что в данных условиях предусматривает необходимость использования фрезерно-расточных станков [3]. Для полной реализации данного мероприятия необходимо использовать станки с числовым программным управлением, реализующие 2,5-координатную обработку [4] и поддерживающими измерительные циклы [5]. В таком случае базирование заготовки на станке может быть выполнено при помощи измерений точек поверхности щупами.

Предлагается использовать следующую общую последовательность базирования изделия на станке с выверкой щупами (рис. 1):

– установить сектор фланцем на стол станка и закрепить;
– вращением стола и касанием измерительным щупом кромок L и R добиться их одинаковых координат Z_{ML} и Z_{MR} в произвольной системе координат станка;
– снять координаты трех произвольных точек 1, 2, 3 на поверхности оболочки сектора;
– определить положение центра дуги оболочки сектора из выражения:

$$\begin{aligned} &\boldsymbol{r}_{MC} = \alpha_1 \boldsymbol{r}_{M1} + \alpha_2 \boldsymbol{r}_{M2} + \alpha_3 \boldsymbol{r}_{M3}; \\ &\alpha_1 = \frac{\left(\boldsymbol{r}_{M3} - \boldsymbol{r}_{M2}\right)^2}{8S^2}\left(\left(\boldsymbol{r}_{M1} - \boldsymbol{r}_{M2}\right)\cdot\left(\boldsymbol{r}_{M1} - \boldsymbol{r}_{M3}\right)\right); \\ &\alpha_2 = \frac{\left(\boldsymbol{r}_{M3} - \boldsymbol{r}_{M1}\right)^2}{8S^2}\left(\left(\boldsymbol{r}_{M2} - \boldsymbol{r}_{M1}\right)\cdot\left(\boldsymbol{r}_{M2} - \boldsymbol{r}_{M3}\right)\right); \\ &\alpha_3 = \frac{\left(\boldsymbol{r}_{M2} - \boldsymbol{r}_{M1}\right)^2}{8S^2}\left(\left(\boldsymbol{r}_{M3} - \boldsymbol{r}_{M1}\right)\cdot\left(\boldsymbol{r}_{M3} - \boldsymbol{r}_{M2}\right)\right); \end{aligned} \tag{1}$$

где $\boldsymbol{r}_{MC}$ – радиус-вектор положения центра дуги оболочки в системе координат станка; $\boldsymbol{r}_{M1}$, $\boldsymbol{r}_{M2}$, $\boldsymbol{r}_{M3}$ – радиус-векторы точек 1, 2, 3 на поверхности оболочки сектора.

Положение оси вращения стола относительно заготовки является произвольным, так как точная установка сектора относительно оси является весьма трудоемкой задачей и потребует применения специальных приспособлений. Это означает, что при повороте стола станка координаты центра дуги оболочки будут изменяться. В связи с этим необходимо после каждой смены позиции заново определять координаты центра дуги оболочки. Для обеспечения точности при этом следует использовать искусственные технологические базы, расстояние от которых до центра дуги оболочки является известным. Эти базы B_1 и B_2 могут быть выполнены в виде отверстий на фланцах или в виде пальцев, закрепленных на фланце (рис. 1).

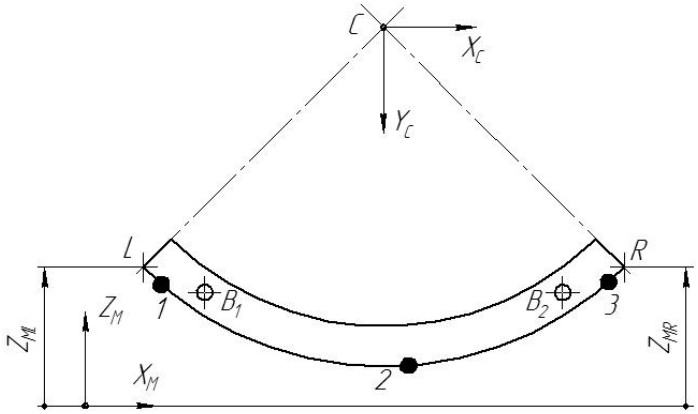


Рис. 1. Базирование сектора на станке с выверкой щупами

Для использования базы B_1 и B_2 на первой позиции необходимо определить их координаты и рассчитать расстояние от каждой базы до центра дуги оболочки по следующим выражениям:

$$\begin{aligned} &d_{B1C} = \left|\boldsymbol{r}_{MC} - \boldsymbol{r}_{MB1}\right|; \\ &d_{B2C} = \left|\boldsymbol{r}_{MC} - \boldsymbol{r}_{MB2}\right|; \end{aligned} \tag{2}$$

где d_{B1C} и d_{B2C} – расстояния от центров баз B_1 и B_2 до центра дуги оболочки; $\boldsymbol{r}_{MB1}$ и $\boldsymbol{r}_{MB2}$ – радиус-векторы положения центров базы B_1 и B_2 в системе координат станка.

При любом повороте сектора относительно произвольной вертикальной оси новое положение центра в системе координат станка может быть определено по новым координатам центров баз, полученных измерением их щупом на данной позиции. Для этого необходимо разрешить следующую систему уравнений:

$$\begin{cases} \left(x^*_{MB1} - x^*_{MC}\right)^2 + \left(y^*_{MB1} - y^*_{MC}\right)^2 = d_{B1C}{}^2 \\ \left(x^*_{MB2} - x^*_{MC}\right)^2 + \left(y^*_{MB2} - y^*_{MC}\right)^2 = d_{B2C}{}^2 \end{cases}; \tag{3}$$

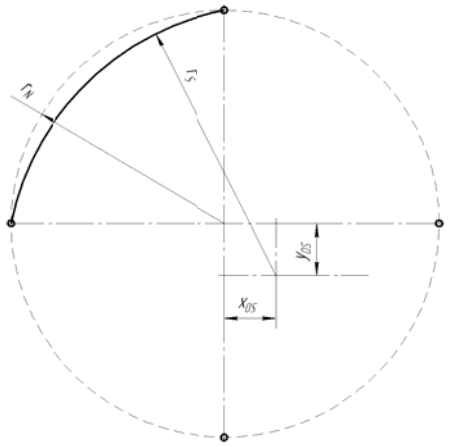


Рис. 2. Схема к определению погрешности формы

где x^*_{MC} и y^*_{MC} – координаты центра дуги сектора после произвольного поворота; x^*_{MB1}, y^*_{MB1}, x^*_{MB2}, y^*_{MB2} – координаты центров баз после произвольного поворота.

Если считать, что точность размеров, получаемых на операциях механической обработки, значительно выше точности размеров получаемых гибкой и сборкой сваркой, то точность формы может быть оценена по схеме, приведенной на рис. 2.

Максимальное отклонение формы может быть определено из выражения:

$$\Delta_{\max} = \begin{cases} r_N - r_S + \sqrt{x_{OS}^{\ 2} + y_{OS}^{\ 2}}, \text{ при } r_S \geq r_N \\ r_N - r_S - \sqrt{x_{OS}^{\ 2} + y_{OS}^{\ 2}}, \text{ при } r_S < r_N \end{cases}; \quad (4)$$

где r_N – номинальный радиус оболочки корпуса; r_S – действительный радиус оболочки корпуса; x_{OS} и y_{OS} – координаты смещения центра действительной поверхности оболочки относительно номинального центра.

Учитывая, что $x_{OS} = y_{OS} = r_N - r_S$, а максимальное значение разности радиусов задается допуском на оболочку сектора T_S, можно записать:

$$\Delta_{\max} = T_S\sqrt{2} - T_S \approx 0,414T_S.$$

Таким образом, при данном способе обеспечения точности формы оболочек последняя жестко связана с допуском на изготовление оболочек. Для более сложных случаев, учитывающих отклонения формы поверхностей вращения для расчета погрешностей может быть использована методика, приведенная в [6].

На основании выше изложенного можно заключить, следующее:

– в условиях опытного производства геоходов механическая обработка секторов корпусов модуля сопряжения должна осуществляться с выверкой заготовок на станках с ЧПУ при помощи измерительных циклов станка;
– для базирования заготовок необходимо установить взаимосвязь между системами координат заготовки и станка при помощи выражений (1) – (3);
– при предложенном способе базирования погрешности формы необрабатываемых поверхностей зависят от изначальной точности их формы и снижаются за счет перераспределения отклонений относительно номинальной поверхности.

Литература.

1. Аксенов В.В., Вальтер А.В., Бегляков В.Ю. Обеспечение геометрической точности оболочки при сборке секций геохода // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). – 2014. – № 4 (65). – С. 19-28.
2. Вальтер А.В. Программное обеспечение автоматизированного анализа кинематики процесса резания // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). – 2008. – № 1. – С. 18-19.
3. Таурит Г.Э., Пуховский Е.С., Грищенко Е.Ю. Обработка крупногабаритных деталей. – К.: Техніка, 1981. – 208 с.
4. Сапрыкин А.А., Вальтер А.В. Производительность процесса 2,5-координатного формообразования и технологичность изделий сложной пространственной формы // Технология машиностроения. – 2008. – № 2. – С. 20 - 22.
5. Никитина Л.Г. Методы измерения деталей на металлорежущих станках с ЧПУ // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности. – 2012. – № 3 (13). – С. 73-76.
6. Вальтер А.В., Аксенов В.В. Определение отклонений геометрической формы оболочек корпусных изделий геохода // Актуальные проблемы современного машиностроения: сборник трудов Международной научно-практической конференции/ Юргинский технологический институт. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – С. 165-170.

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ СВОЙСТВ КОМПОЗИЦИЙ СВЕРХВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНОГО ПОЛИЭТИЛЕНА - ФТОРОПЛАСТА 4

Нгуен Суан Тьук, аспирант, С.В. Панин, д.т.н., проф., Л.А. Корниенко, к.ф.-м.н.
Национальный исследовательский Томский политехнический университет
634050, г. Томск, пр. Ленина, 30, тел. (3822)-12-34-56
Email: nxthuc1986@gmail.com

Введение

Сверхвысокомолекулярный полиэтилен (СВМПЭ) в ряду полимерных связующих занимает особое место благодаря высокому сопротивлению изнашиванию, низкому коэффициенту трения, химической стойкости и высокой ударной вязкости СВМПЭ все чаще используется в машиностроении в узлах трения деталей машин и механизмов, а также изделия и конструкции специального назначения, в том числе корпусные элементы вооружений и военной техники, конструкционные материалы для авиа-, вертолето- и ракетостроения, средства индивидуальной и коллективной бронезащиты и т.д. [1]. Композиционные материалы на основе СВМПЭ позволяют кратно повысить износостойкость тяжело нагруженных изделий [2-4]. Основной проблемой при разработке СВМПЭ является низкая адгезионная способность [5,6].

Поиск путей повышения технологических свойств СВМПЭ без заметного снижения его механико-триботехнических характеристик является актуальной научно-технической проблемой.

В данной работе было исследование влияния Фторопласта 4 (Ф4) на триботехнические и некоторые механические свойства СВМПЭ.

Материал и методики исследований

В работе использовали СВМПЭ фирмы Ticona (GUR-2122) молекулярной массой 4,0 млн. и размером частиц 5-15 мкм, фторопласт Ф4 с размером порошка 50-300 мкм (после обработки ультразвуком агломераты: 20-70 мкм). Образцы полимерных композитов получали горячим прессованием при давлении 10 МПа и температуре 200ºС со скоростью последующего охлаждения 3-4ºС/мин. Оценку удельного давления экструдирования порошковых смесей проводили на плунжерном (поршневом) лабораторном экструдере UE-MSL.

Определение твердости по Шору Д проводили с помощью прибора «Instron 902». Износостойкость материалов при скольжении определяли по схеме «вал-колодка» с использованием машины трения СТМ-1. Изображения дорожек трения были исследованы с использованием оптического микроскопа «Carl Zeiss Stemi 2000-C» и площади дорожки трения были рассчитаны с помощью программного обеспечения «Rhinoceros, v 3». Механические свойства проводились с помощью разрывной машины «Instron 5582».

Результаты исследований

В данной работе исследовали механические и триботехнические свойства композиций СВМПЭ с различным содержанием введенных в исходный порошковый фторопласт. Интенсивность изнашивания образцов в виде соответствующей диаграммы изображена на рис. 1.

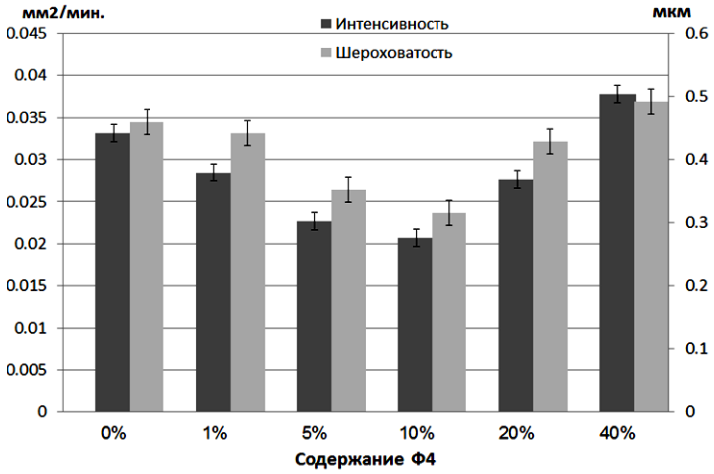


Рис. 1. Интенсивность изнашивания и шероховатость поверхности образцов при введении Ф4

Из рисунка видно, что при добавлении Ф4 до 10 мас. % в матрицу из СВМПЭ, интенсивность изнашивания снижается, и повышается с увеличением содержания Ф4 при наполнении до 40 мас. %.

Тоже видим, что изменение шероховатости поверхностей изнашивания коррелирует с интенсивностью износа, наименьшее значение шероховатости наблюдается в 1,6 раза при добавлении 10 вес. % Ф4.

Таблица 1

Механические свойства СВМПЭ с добавкой Ф4

Материал	Плотность г/мм^3	Твёрдость по Шору Д	Предел прочности МПа	Удлинение, %
СВМПЭ	0.92	60	32,2	485
СВМПЭ + 1 % Ф4	0.93	60,2	29,9	474,8
СВМПЭ + 5 % Ф4	0,97	59,5	28,5	438
СВМПЭ + 10 % Ф4	0,99	59,78	25,1	384,1
СВМПЭ + 20 % Ф4	1,01	59,6	22,6	322,2
СВМПЭ + 40 % Ф4	1,12	59,9	18,1	289

В табл. 1 приведены механические характеристики СВМПЭ с различным содержанием Ф4.

В результате исследований оказалось, что твёрдость такой композиции незначительно изменяется, а плотность новых композитов повышается с увеличением наполнителя.

Зависимость удлинения и предела прочности от содержания Ф4 в виде диаграммы показана на рис. 2 и на рис. 3.

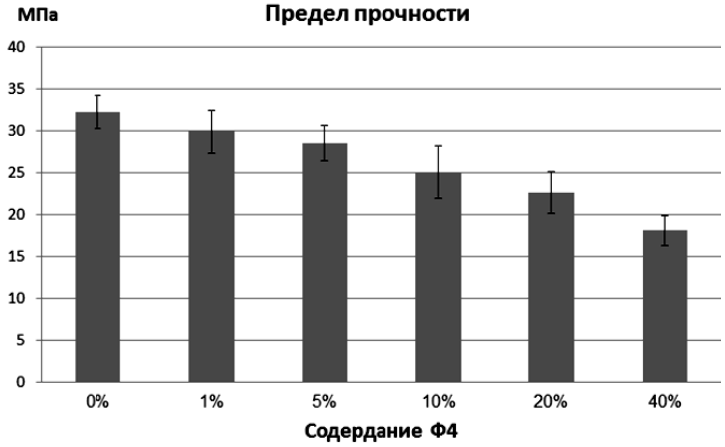


Рис. 2. Зависимость предела прочности от содержания Ф4.

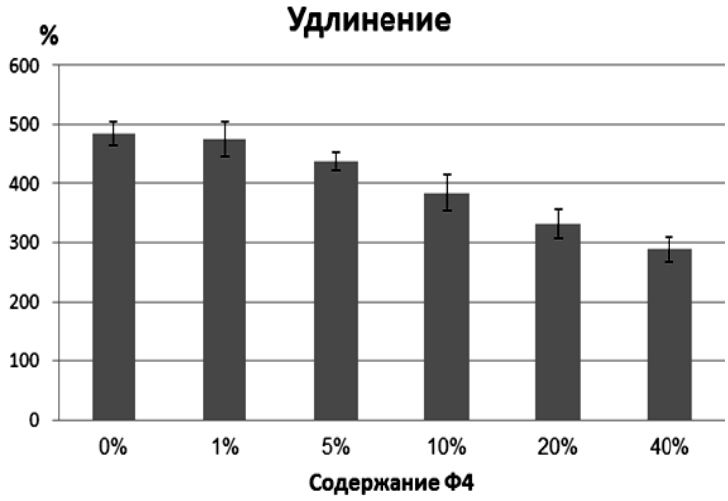


Рис. 3. Зависимость удлинения от содержания Ф4.

Из рисунков видно, что предел прочности и удлинение образцов снижается с увеличением содержания Ф4. При введении 40 мас.% Ф4, удлинение снижется до 295 % и предел прочности снижается до 18 МПа.

Заключение

На основе сравнения полученных результатов можно сделать следующие выводы:

Добавление Ф4 в матрицу из СВМПЭ с большим содержанием (больше 10 мас. %) не позволяет повысить изностойкость. При добавлении 10 мас. % наполнителя приводит к повышению износостойкости в 1,6 раза.

При введении Ф4, предел прочности и удлинение СВМПЭ снижаются с увеличением содержания наполнителя.

Литература.

1. Козлова С.П. Трансфер технологий из транспортной отрасли в городское хозяйство по созданию изделий, обладающих антиобледенительными и антикоррозионными свойствами и способных работать в агрессивной среде / «Полимерный кластер Санкт-Петербурга», 2012.
2. Harley L. Stein. Ultra high molecular weight polyethylene (UHMWPE)//Engineered Materials Handbook.-1999, Vol.2: Engineering Plastics.
3. Охлопкова А.А., Гоголева О.В., Шиц Е.Ю. Полимерные композиционные материалы на основе сверхвысокомолекулярного полиэтилена и ультрадисперсных соединений//Трение и износ.-2004(25), № 2, 202-206.
4. Galetz M.C., Blar T., Ruckdaschel H ., Sandler K.W., Alstadt V. Carbon Nanofibre-Reinforced Ultra-high Molecular Weiht Polyethylene for Tribological Applications// Jornal of Applied Polymer Science.-2007, Vol.104, 4173-4181.
5. Машков Ю.К., Овчар З.Н., Байбарацкая М.Ю., Мамаев О.А. Полимерные композиционные материалы в триботехнике. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2004. -262 с.
6. Полимерные композиционные материалы: структура, свойства, технология: учебн. пособие/ Кербер М.Л., Виноградов В.М., Головкин Г.С. и др., под ред. А.А. Берлина.- СПБ.: Профессия, 2008.- 560 с.

ЭКСТРАКЦИЯ ХРОМА ИЗ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА УГЛЕРОДИСТОГО ФЕРРОХРОМА

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

Металлургические предприятия сегодня большое значение придают рациональному использованию внутренних сырьевых ресурсов и утилизации промышленных отходов. В последние годы приоритетным направлением в сфере обращения с текущими отходами ферросплавного производства стало их максимальное вовлечение в технологические процессы, что в свою очередь способствует сбережению материальных и энергетических ресурсов, снижению себестоимости продукции [1, 2].

Одним из видов техногенных отходов производства высокоуглеродистого феррохрома является пыль (ферропыль), образующаяся в ходе технологического процесса производства ферросплавов и улавливаемая газоочисткой рудовосстановительной печи. При выплавке феррохрома в открытой печи вынос пыли в объеме отходящих газов составляет 50 – 60 г/м^3, в отдельных случаях достигает 100 г/м^3. Удельный выход пыли на 1 т феррохрома для открытой печи составляет 25 – 75 кг/т [3]. Пыль от производства феррохрома имеет следующий химический состав, %: Cr_2O_3 22,5 – 43,6; SiO_2 10,0 – 15,5; CaO 0,2 – 0,4%; MgO 25,2 – 33,1; Al_2O_3 3,2 – 5,4; FeO 4,1 – 6,0; C 5,4 – 6,2; S 1,0 – 1,2.

С учетом значительного количества образующейся ферропыли и высокого содержания в ней оксида хрома, рециклинг является актуальной задачей в современной технологической схеме производства феррохрома.

По данным ретгенофазового анализа хром в ферропыли присутствует в виде сложного соединения $(Mg,Fe)CrAl_2O_4$, что требует применения гидрометаллургического способа извлечения ведущего компонента, включающего обработку материала растворами кислот или щелочей и перевод извлекаемого компонента в раствор с его последующим извлечением экстракцией.

Процесс получения хромового концентрата химического обогащения (КХО) состоит их двух этапов:

1) переработки ферропыли с целью перевода хрома из сложного соединения в монохромат натрия и получения концентрированного раствора;

2) восстановления монохромата натрия до гидроксида хрома с последующим получением КХО.

Технология получения монохромата натрия основана на методике обогащения хромовых руд и включает в себя окислительную прокалку шихты, состоящей из ферропыли и кальцинированной соды (Na_2CO_3 не менее 98 %) [4].

Тщательно перемешанные в барабанном смесителе компоненты шихты подвергали окислительной прокалке в муфельной печи при температуре 1150 – 1250 °С в течение трех часов. После охлаждения полученный спек измельчали до фракции менее 50 мкм и подвергали рентгенофазовому анализу. Результаты рентгенофазового анализа, приведенные на рисунке 1, показывают, что хром, содержащийся в пыли, образовал монохромата натрия. Кроме того, в процессе окислительной прокалки в результате взаимодействия примесей ферропыли (SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3) с содой образуются силикаты, алюминаты и ферриты натрия.

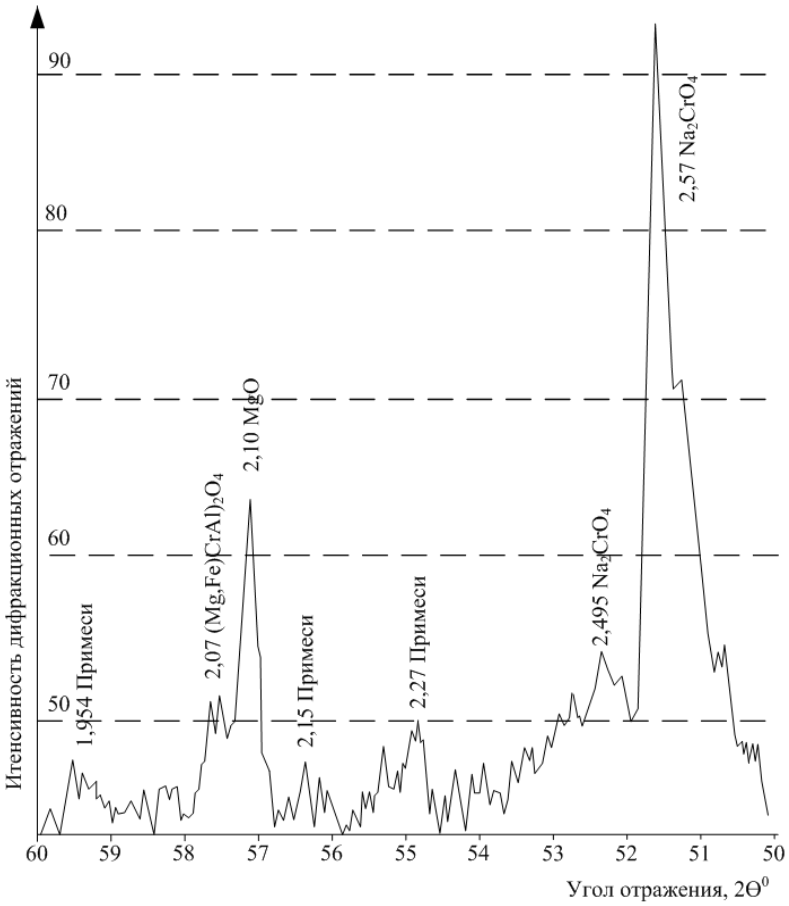


Рис. 1. Участок рентгенофазовой дифрактограммы спека

Для извлечения монохромата натрия из спека использовали водное выщелачивание при объемном соотношении твердой фазы к жидкой 1:1 [4]. Выщелачивание проводили в автоклаве в течение одного часа при температуре 70 – 90 °С. В ходе процесса образовалась пульпа, состоящая из раствора монохромата натрия и шлама. При дальнейшем разделении пульпы в нутч-фильтре был получен раствор монохромата натрия с концентрацией хрома 130 – 150 г/л и шлам химического состава %: 0,9 – 1,2 Cr_2O_3; 7,4 – 8,5 FeO; 68,3 – 69,4 MgO 15,9 – 16,4 Al_2O_3. Содержание примесей в растворе монохромата натрия не превышало 30 мг/л.

На втором этапе получения КХО монохромат натрия восстанавливали до гидроксида хрома. Процесс основан на автоклавном выщелачивании раствора в течение часа при температуре 140 – 150 °С и давлении 4 – 6 кгс/см^2 с добавлением элементарной серы [6]. Схема аппаратурного оформления приведена на рисунке 2.

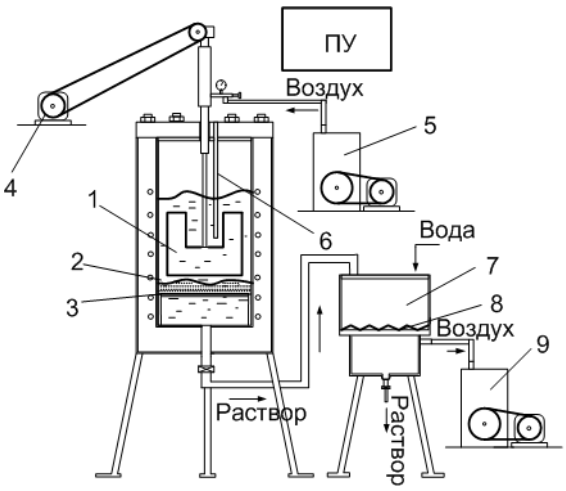


Рис. 2. Автоклав с механическим перемешиванием и нунч-фильтром
1 – лопастная мешалка в реакторе (скорость вращения 15 – 20 об/мин);
2 – раствор монохромата натрия Na2CrO4; 3 – осадок; 4 – электропривод;
5 – компрессор; 6 – термопара; 7 – нутч-фильтр; 8 – хлопчатобумажная перегородка;
9 – вакуумный насос

По истечении одного часа содержимое автоклава перекачивали в нутч-фильтр и промывали проточной водой, на поверхности фильтровальной ткани был обнаружен голубовато-зеленый осадок (гидрокисид хрома), в результате дальнейшего нагрева которого при температуре 600 °С получили порошок серо-зеленого цвета химического состава, %: Cr_2O_3 95,8; FeO 3,9 [7]. Результаты рентгенофазового анализа образца КХО приведены на рисунке 3.

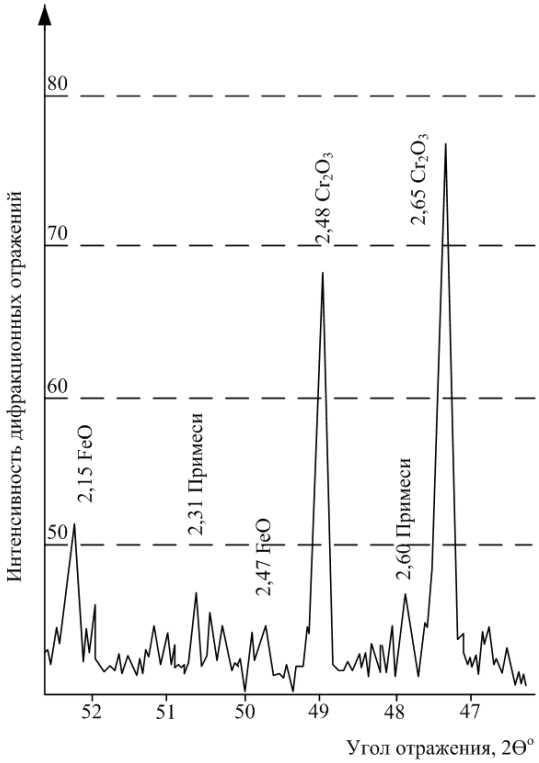


Рис. 3. Участок рентгенофазовой дифрактограммы хромового КХО

Гидрометаллургическая переработка пыли производства углеродистого феррохрома позволила получить хромовый концентрат химического обогащения, который можно использовать для получения металлического хрома.

Выплавку металлического хрома проводили внепечным алюмотермическим способом. В качестве шихтовых материалов использовали хромовый КХО (Cr_2O_3 95,8 %; FeO 3,9 %), алюминиевый порошок из первичного алюминия, натриевую селитру (> 99,0 % $NaNO_3$) и плавиковый шпат. Фракция шихтовых материалов менее 1 мм. В качестве запальной смеси применяли магниевую стружку и калиевую селитру в соотношении 4:1 соответственно.

Процесс протекает самопроизвольно за счет тепла экзотермических реакций в течение 20 – 25 минут.

Полученные металл и шлак подвергали рентгенофазовому анализу, результаты которого приведены на рисунке 4 соответственно. Кратность шлака равна 2,4.

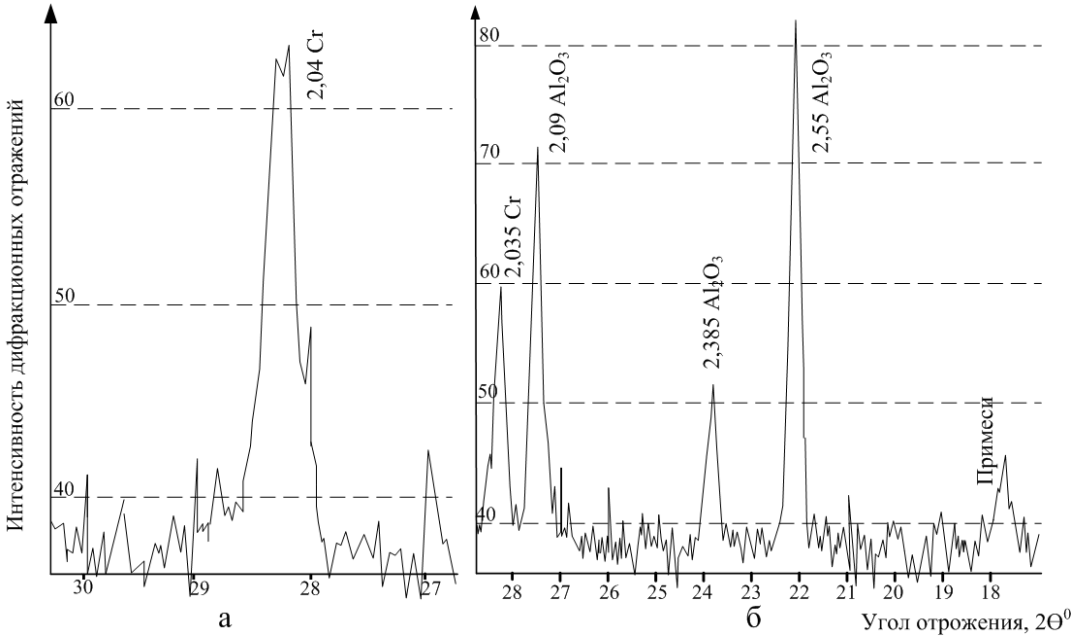


Рис. 4. Участок рентгенофазовой дифрактограммы металлического хрома (а) и шлака (б)

Из результатов рентгенофазового анализа следует, что металлическая часть продуктов восстановления представлена в виде хрома. Химический состав, %: 98,0 – 98,5 Cr, 0,4 – 0,5 Si, 0,5 – 0,7 Al, 0,6 – 0,8 Fe, 0,03 – 0,04 C, 0,02 – 0,03 S, 0,02 – 0,03 P. Полученный сплав соответствует ГОСТ 5905-2004

Рентгенофазовый анализ шлака позволил установить, что в нем содержится металлический хром. Это связано с тем, что шлак в основном состоит из тугоплавкого оксида алюминия, что приводит к запутыванию в шлаке корольков металла. В связи с этим требуется проведение мероприятий по снижению температуры плавления шлака и увеличения его жидкоподвижности.

На основании проведенных экспериментов и полученных результатов следует, что хромовый КХО, получаемый путем переработки пыли от производства феррохрома, можно применять для производства стандартного металлического хрома.

Таким образом, создание рациональных технологических схем утилизации дисперсных материалов, содержащих целевой элемент выплавляемого ферросплава, является экономически выгодным и экологически обоснованным мероприятием.

Литература.

1. Хайбулина Н.Е. Комплексное использование сырья в промышленности / Н.Е. Хайбулина. – Челябинск: Южноуральское книжное издательство, 1986. – с.
2. Багрянцев Г.И. Термическое обезвреживание и переработка промышленных и бытовых отходов / Г.И. Багрянцев, В.Е. Черников // Муниципальные и промышленные отходы: способы обезвреживания и вторичной переработки – аналитические обзоры. Новосибирск: Серия Экология, 1995. – 37 с.
3. Байкулатова К.Ш. Вторичное сырье – эффективный резерв материальных ресурсов. / К.Ш. Байкулатова. – Алма-Ата: Казахстан, 1982. – 78 с.

4. Пат. RU (11) 2281250 (13) C2, МПК C01G 37/14 (2006.01). Способ получения монохромата натрия / В.Я. Пиввуев; зявл. 2004.03.02; опубл. 2006.08.10.
5. Нохрина О.И. Получение малофосфористого концентрата из руд и железомарганцевых конкреций / О.И. Нохрина, И.Д. Рожихина // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. – 2000. – № 8. – С. 40 – 45.
6. Пат. (RU 2258039), МПК C01G37/02. Способ получения окиси хрома / В.Я. Пиввуев, Мартин Д.В. – № 2258039; зявл. 2004.03.02; опубл. 2005.08.10.
7. 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.

ПРИМЕНЕНИЕ МАРГАНЦЕВОГО КОНЦЕНТРАТА В СТАЛЕПЛАВИЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

О.И. Нохрина, д.т.н., проф., И.Д. Рожихина, д.т.н., проф.
Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского Томского политехнического университета
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26
Сибирский государственный индустриальный университет
654007, г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42, тел. (3843)-74-86-14
E-mail: kafamsf@sibsiu.ru

Анализ современной технологии выплавки стали показывает, что наиболее весомыми статьями в себестоимости металла являются затраты на раскисление и легирование стали и технологическую энергию, при этом влияние энерготарифов сказывается не только напрямую, но и опосредованно – через цену на ферросплавы. Кроме этого существующие способы легирования стали, в частности, марганцем, связаны с большими его потерями на всех стадиях передела: до 20 % марганца теряется при его добыче, 20 – 25 % – при обогащении, 20 – 25 % – при выплавке ферросплавов, при легировании стали теряется до 25 %, т.е. сквозное извлечение марганца не превышает 50 %.

Одним из путей решения задачи повышения эффективности технологии раскисления и легирования стали является изменение технологии получения легирующих с переходом в ряде случаев к прямому легированию стали в печи или в ковше, с использованием руд и концентратов [1 – 6].

Марганец может быть восстановлен алюминием, кремнием, углеродом.

Наиболее простой вариант раскисления и легирования стали в ковше – использование самоплавких брикетов, состоящих из оксидного материала и восстановителя [7].

Полнота протекания реакции в брикете зависит от величины поверхности контакта исходных веществ – крупности материалов и концентрации в них основных элементов, температуры, скорости отделения продуктов реакции – образования легкоплавкого при данной температуре и жидкоподвижного шлака.

В лабораторных условиях изучено влияние различных факторов на процесс металлотермического восстановления марганца кремнием.

В качестве восстановителя использовали как стандартный силикомарганец, так и нестандартные сплавы с различным содержанием кремния и алюминия. В качестве флюса использовали известь, доломит.

Использование в качестве восстановителя сплава, содержащего помимо кремния алюминий, позволяет улучшить показатели процесса восстановления марганца. В таблице 1 приведены результаты восстановления марганца с различными составами металла-восстановителя. Были изготовлены брикеты из марганцевой руды, металл-восстановителя и флюса. Брикеты загружали в графитовый тигель, который вводили в печь Таммана, нагретую до 1500 ^{o}C. После пятиминутной выдержки сплав и шлак сливали и анализировали. При совместном восстановлении алюминием и кремнием в заданном соотношении образуются легкоплавкие шлаки, что повышает скорость реакции в брикетах, позволяет

более полно восстановить ведущий элемент и уменьшить расход флюсов. Высокой скорости процесса и хорошему разделению металла и шлака способствует наличие в шлаке Al_2O_3 на уровне 15 – 20 %.

Использование в качестве сплава-восстановителя сплавов системы Mn–Si–Fe с содержанием марганца 15 – 30 % и кремния 40 – 45 % (таблица 2) позволяет повысить отношение марганца к кремнию в 1,5 – 2 раза в конечном металле. Это дает возможность использовать брикеты при раскислении и легировании в ковше углеродистых, низколегированных и различных марок легированных сталей.

Соотношение между расходом обожженного концентрата и расходом восстановителя в брикетах должно составлять (0,7–0,8)/1,0. При таком соотношении между компонентами брикета извлечение марганца в металл, образующийся в брикете, составляет 90 – 95 %, а из концентрата, входящего в брикет, 85 – 90 %. Содержание марганца в шлаке, образующемся в брикете, при остаточном содержании кремния в каплях металла 15 – 20 % снижается до 7 – 10 % и ниже, а кратность шлака после завершения процессов в брикете составляет лишь 0,70 – 0,75 вместо 2,0 – 2,5 при обычной плавке низкоуглеродистого ферромарганца.

Таблица 1

Результаты восстановления марганца из брикетов различными восстановителями

Показатели	ФС45 (44 % Si, 1,36 % Al)	ФС65 (66,2 % Si, 1,7 % Al)	ФС75 (75,65 % Si, 2,1 % Al)	Сплав системы Al-Mn-Si-Fe (6,5 % Al, 22,1 % Mn, 32,47 % Si)
Состав брикетов, %				
Ферросилиций	50	42	41,5	42
Руда	35	42	41,5	35
Зола ТЭЦ	5	5	5	5
Доломит	10	11	12	11
Состав сплава, %				
Mn	36,30	38,29	38,21	46,95
Si	17,43	28,34	34,65	18,29
Извлечение Mn, %:	84,9	80,4	75,6	94,0
Содержание MnO в шлаке, %	10,9	12,2	12,9	6,0

Таблица 2

Результаты восстановления марганца из брикетов

Показатели	Стандартный ФС45	ФС45Мн25
Состав брикетов, масс. %:		
ферросилиций	50,0	50,0
руда обожженная	35,0	35,0
шлак мартеновский	5,0	5,0
доломит	10,0	10,0
Выход металла, % от расхода восстановителя	133	130
Состав сплава: %		
Mn	32,3	52,7
Si	22,1	24,1
P	0,09	0,12
Извлечение:		
марганца	84,9	90,6
кремния	65,3	69,6

Для повышения извлечения марганца из карбонатных марганцевых руд было предложено в качестве окислителя использовать материал, который получен при более длительном обжиге карбонатной руды в окислительной атмосфере, так называемый продукт термической обработки карбонатной марганцевой руды.

Химический состав продуктов термической обработки карбонатной руды приведен в таблице 3, а фазовый состав – в таблице 4.

Таблица 3

Химический состав продукта термической обработки карбонатной марганцевой руды

Карбонатная марганцевая руда	Выход после обжига, %	Химический состав продукта термической обработки карбонатной марганцевой руды							
		Mn	MnO	CaO	MgO	SiO_2	Al_2O_3	P_2O_5	Fe_2O_3
Усинская, 26 % Mn	72,50	35,86	28,36	13,24	4,83	17,93	1,38	0,51	7,60
Усинская, 30 % Mn	70,27	42,69	33,77	14,94	1,42	11,38	1,42	0,53	6,70

Наилучшие результаты получаются при прокаливании в окислительной атмосфере карбонатной марганцевой руды с содержанием 26 – 31 % марганца, 8 – 11 % оксида кальция и 1 – 3 % MgO, 2 – 7 % Fe_2O_3, 8 – 17 % SiO_2.

Обжиг карбонатной марганцевой руды для получения продукта термической обработки карбонатной марганцевой руды, пригодного для получения влагостойких экзотермических брикетов для прямого легирования стали марганцем, необходимо производить в окислительной атмосфере примерно 1 ч при 850 – 950 °С. Охлаждение до 500 – 600 °С также необходимо производить в окислительной атмосфере. При этом в руде образуются легкоплавкие оксиды марганца, что ускоряет образование ферритов и манганитов кальция.

Таблица 4

Фазовый состав продуктов термической обработки

Исходная карбонатная марганцевая руда	Фазовый состав продуктов термической обработки карбонатных марганцевых руд, %		
	(Ca, Mg)Mn_2O_4 + (Ca, Mg) Fe_2O_4	Mn_2O_3 +Fe_2O_3	Кремнезем и другие оксиды
Усинская, 26 % Mn	75,0	5,5	19,5
Усинская, 30 % Mn	64,2	23,0	12,8

Таким образом, продукт термической обработки карбонатной руды свободных оснований не содержит и представлен следующими соединениями, масс. %:

(Ca, Mg) (Mn, Fe)$_2O_4$ 55 – 75;

Mn_2O_3 + Fe_2O_3 5 – 25;

Кремнезем и другие оксиды 10 – 30.

Исследования показывают, 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 объясняется тем, что, как показало рентгенофазное исследование, вся известь и магнезия в продуктах связана и представлена в изоморфной смеси ферритов и манганитов кальция и магния.

Из полученного материала и металла-восстановителя (30,13 % Mn; 30 % Si; 7 % Al) были изготовлены брикеты, состав которых приведен в таблице 5.

Результаты восстановления марганца из брикетов приведены в таблице 6.

Таблица 5

Состав брикетов

Компоненты	Составы, масс. %				
	1	2	3	4	5
Сплав алюминия, марганца, кремния и железа	56,5	47,5	43,0	60,0	40,0
Продукт термической обработки карбонатной марганцевой руды	39,5	47,5	51,5	36,0	45,5
Жидкое стекло	4,0	5,0	5,5	4,0	5,5

При спекании брикетов предложенного состава обеспечивается не только высокая скорость восстановления марганца из оксидов алюминием и кремнием, но и высокая скорость взаимодействия образующихся по реакциям Al_2O_3 и SiO_2

$Mn_2O_3 + Al = 2Mn + Al_2O_3$

$Fe_2O_3 + Al = 2Fe + Al_2O_3$

$Mn_2O_3 + 3/2Si = 2Mn + 3/2\ SiO_2$.

Таблица 6

Результаты восстановления марганца из продуктов термической обработки

Характеристики	Составы экзотермических брикетов				
	1	2	3	4	5
Составы сплава, %					
Mn	49,52	52,37	52,9	Металл от шлака отделён не полностью	54,9
Si	19,11	17,11	17,42		13,4
Al	0,22	0,24	0,20		0,20
Составы шлака, %					
MnO	4,36	6,68	6,03	Металл от шлака отделён не полностью	15,0
SiO_2	43,0	43,78	43,62		47,0
Al_2O_3	24,16	20,28	20,93		Не определяется
CaO	19,7	17,7	21,2		
Кратность шлака	0,48	0,52	0,53	0,6	0,7
Извлечение Mn в сплав, %	87,2	82,97	80,14	75,0	70,0

Вследствие того, что на первой стадии процесса, когда окисляется алюминий, кремнезем руды является активным флюсом в брикетах, успешно могут использоваться как продукты термической обработки богатой карбонатной марганцевой руды (30 – 35 % Mn; 8 – 10 % SiO_2; 8 – 11 % CaO; 1 – 3 % MgO), так и сравнительно бедной руды (25 – 27 % Mn; 13 – 17 % SiO_2; 6 – 10 % CaO; 1 – 3 % MgO; 3 – 7 % Fe_2O_3).

В лабораторных условиях были исследованы основные технологические параметры подготовки смесей для прямого легирования стали и их влияние на полноту восстановления марганца из оксидов. К таким параметрам относится степень смешения компонентов смеси, гранулометрический состав окислителя, восстановителя и флюса, вид связующего, а также технология окомкования смеси.

Экспериментально установлено, что смешение мелочи руды с порошком сплава-восстановителя и совместный их размол на бегунах позволяет обеспечить наиболее тесный контакт между частицами металла-восстановителя и частицами руды. Это позволяет получить более высокое извлечение марганца по сравнению с брикетами, изготовленными по обычной технологии. Извлечение марганца повысилось примерно на 5 %. Кроме того, в брикетах, где шихта подвергалась совместному размолу извлечение кремния в конечный металл повысилось примерно на 3 %.

Изучение влияния гранулометрического состава исходных материалов на показатели процесса восстановления марганца из оксидов при прямом легировании показало, что в смесях необходимо ограничить наличие материалов фракции крупнее 1 мм.

Экспериментально установлено, что в качестве связующих при окомковании смесей для прямого легирования стали марганцем в ковше может использоваться концентрат лигносульфанатов и жидкое стекло. Особенно эффективно применение в качестве связующего оксида бора. В этом случае даже брикеты с известью сохраняют прочность на воздухе в течение двух недель. При применении в качестве флюса золы ТЭЦ (8,88 % Al_2O_3, 23,98 % SiO_2, 0,56 % TiO_2, 45,85 % CaO, 4,98 % MgO, 6,32 % FeO, 8,18 % Fe_2O_3, 1,82 % ппп) целесообразно для увлажнения шихты использовать воду. Оксиды CaO, SiO_2, Al_2O_3, присутствующие в золе, взаимодействуют с водой и образуют прочные соединения: $2CaO{\cdot}SiO_2{\cdot}4H_2O$, $3CaO{\cdot}Al_2O_3{\cdot}6H_2O$, $SiO_2{\cdot}2H_2O$. Эти соединения обладают вяжущими свойствами.

Установлено, что окомкование смесей для прямого легирования стали может осуществляться путем брикетирования или окатывания на тарельчатом грануляторе, при этом способ окомкования существенно не влияет на показатели процесса восстановления марганца из оксидов. Брикеты и окатыши обладают достаточной прочностью для транспортировки.

Промышленные испытания технологии раскисления и легирования стали в ковше марганцем с использованием смесей различного состава проводили при ее выплавке в 25-тонных дуговых печах.

Применяли смеси следующего состава:

I – саморассыпающийся сплав [8] Al-Mn-Si-Fe-C (7 % Al, 25,5 % Si, 27 % Mn) – 39, 2 %, марганцевая руда – 39,2 %, доломит – 19,6 %, связующее – 2 %.

II – ФС45 – 42 %, марганцевая руда – 42 %, доломит – 12 %, связующее – 4 %.

III – ФС75 – 17,4 %, марганцевая руда – 43 %, доломит – 11,5 %, зола ТЭЦ – 23,2 %, вода – 4,9 %.

По технологии прямого легирования выплавляли сталь марок Ст40, Ст45, Ст20 (брикеты I и II составов) и Ст45Л, Ст35Л (окатыши III состава). Технологические характеристики некоторых плавок с использованием брикетов состава I приведены в таблице 7.

Таблица 7

Технологические характеристики некоторых опытных плавок

Характеристики	Обычные (среднее по 10 плавкам)	Номер плавки и марка стали						
		1	2	3	4	5	6	7
		Ст35	Ст45	Ст35	Ст40	Ст40	Ст40	Ст40
Перед раскислением, %								
C	0,26	0,37	0,44	0,37	0,39	0,41	0,38	0,38
Mn	0,19	0,17	0,18	0,16	0,22	0,22	0,23	0,23
В готовой стали, %								
C	0,35	0,35	0,35	0,36	0,42	0,44	0,38	0,39
Mn	0,63	0,70	0,68	0,68	0,68	0,69	0,70	0,68
Si	0,22	0,21	0,25	0,27	0,22	0,22	0,24	0,22
S	0,030	0,034	0,032	0,031	0,032	0,032	0,031	0,030
P	0,019	0,017	0,014	0,018	0,014	0,022	0,018	0,018
Расход раскислителей, кг								
В печь: ФМн70	123	-	-	-	-	-	-	-
Смн17	150	-	-	-	-	-	-	-
ФС65	-							
ФС25	-	150	150	150	100	100	100	100
В ковш: ФС65	150	70	60	60	60	60	60	60
Брикеты	-	800	750	750	700	700	700	700
Вес плавки, т	30,4	31	30,4	30,4	31	31	30,4	30,4
Извлечение Mn, %	70,5	78,08	77,05	75,5	77,5	79,1	77,6	75,5
Сквозное извлечение Mn, %	57,5	74,64	73,65	76,57	74,1	75,6	74,1	72,2

Смеси задавались в ковш во время выпуска. Температура стали перед выпуском составляла 1883 – 1893 К, что находится близко к верхнему пределу, рекомендуемому технологической инструкцией. Брикеты растворялись полностью за время выпуска. При применении брикетов и окатышей различного состава с использованием оксидных марганецсодержащих материалов было получено извлечение марганца 78 – 88 %.

Усвоение марганца на обычных плавках составляет примерно 70,5 %. Однако, если учесть, что при выплавке ферромарганца и силикомарганца из руды извлекается около 80 % марганца, то сквозной коэффициент использования марганца не превышает 60 %. Следовательно, использование оксидных марганецсодержащих материалов для раскисления и легирования стали в ковше по разработанной технологии обеспечивает более высокое сквозное извлечение марганца и позволяет практически полностью исключить использование стандартных марганцевых ферросплавов для сталей с содержанием марганца до 1 %. Применение оксидных марганецсодержащих материалов для раскисления и легирования стали в ковше позволяет снизить стоимость раскисления на 276 руб./т стали при содержании марганца в стали 0,35 – 0,65 %.

При исследовании качества стали, выплавленной по технологии прямого легирования оксидными марганецсодержащими материалами в ковше установлено, что металл по макроструктуре, содержанию газов, неметаллических включений и механическим свойствам удовлетворяет всем требованиям ГОСТ и не отличается от стали, выплавленной по обычной технологии (рисунки 1, 2).

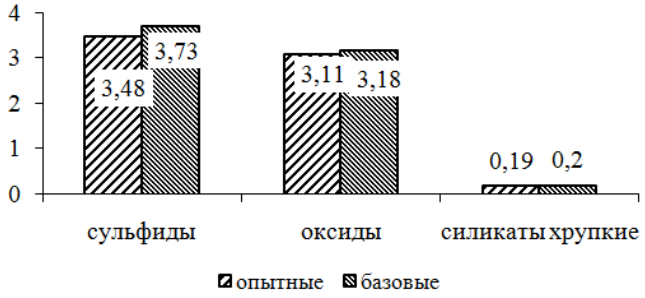


Рис. 1. Загрязненность неметаллическими включениями стали 40

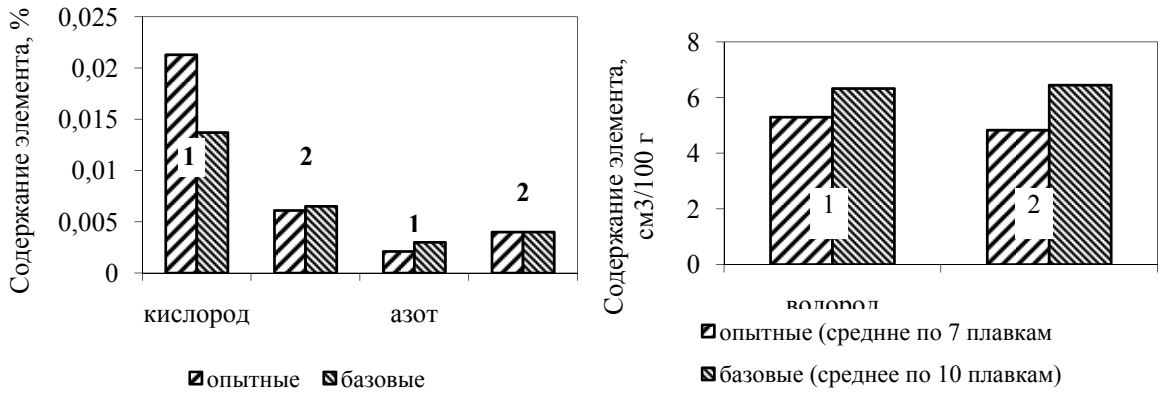


Рис. 2. Содержание газов в стали: 1 – проба из печи перед выпуском металла; 2 – проба из ковша после выпуска

Выводы.

1. В промышленных условиях опробованы смеси для прямого легирования на основе саморассыпающегося сплава системы Al-Mn-Si-Fe-C и на основе стандартных марок ферросилиция.

2. При прямом раскислении и легировании стали брикетами на основе сплава Al-Mn-Si марганец извлекается стабильно. Сквозное извлечение марганца из брикетов почти в 1,5 раза превышает извлечение его при использовании стандартных ферросплавов (с учетом потерь при плавке марганцевых ферросплавов и при их введении в сталь).

3. При прямом раскислении и легировании стали брикетами и окатышами в ковше с использованием в качестве восстановителя пыли аспирационных установок при фракционировании стандартных марок ферросилиция ФС45 и ФС75 извлечение марганца стабильно и составило около 90 %.

4. Металл опытных плавок по макроструктуре, неметаллическим включениям, содержанию газов, механическим свойствам соответствует требованиям ГОСТ.

Литература

1. Бобкова О.С. О механизме плавления оксидных материалов и восстановлении металлов из оксидных расплавов / О.С. Бобкова // Сталь. – 1991. – № 1. – С. 23–27.
2. Прямое легирование стали марганцевым агломератом в ковше на выпуске из конвертера / Ю.Н. Носов, В.П. Камшуков, В.В. Соколов [и др.] // Сталь. – 2004. – № 5. – С. 35–36.
3. Reduction of manganese from its oxides by silicon in direct furnace alloying of steel / Nokhrina O.I., Dmitrienko V.I. // Steel in translation. – 2004. – Т. 34. – № 6. – P. 34–37.
4. Developing a technology for the direct alloying of steel with manganese in an electric-arc furnace / Nokhrina O.I., Komshukov V.P., Dmitrienko V.I. // Metallurgist. – 2004. – Т. 48. – № 5 – 6. –P. 264–265.
5. Термодинамические основы конвертирования металла с элементами прямого восстановления / Е. В. Протопопов, К.М. Шакиров, Р.С. Айзатулов, К.С. Фокин // Изв. вузов. Черная металлургия. – 1997. – № 8. – С. 13–17.
6. Гасик М.И. Прямое легирование стали в условиях минерально-сырьевой и энергетической базы черной металлургии / М.И. Гасик, Н.П. Лякишев, Б.Ф. Величко // Актуальные проблемы и перспективы электрометаллургического производства. – Днепропетровск: Системные технологии. 1999. – С. 48 – 56.
7. Наконечный А.Я Эффективность прямого легирования стали марганцем / А.Я. Наконечный, В.И. Романенко, А.Ю. Зайцев // Сталь. – 1994. – № 1. – С. 17–20.
8. Гасик М.И. Фазовый состав саморассыпающихся комплексных сплавов системы Mn–Fe–Si–Al–C–P / М.И. Гасик, В.Г. Мячин, О.И. Поляков // Изв. вузов. Черная металлургия. – 1990. – № 1. – С. 103–104.

ЯВЛЕНИЯ САМООРГАНИЗАЦИИ ПРИ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ СТАЛИ 110Г13Л

Л.И. Квеглис, д.ф.-м.н., профессор, Р.Е. Сакенова, преподаватель, Ю.А. Орлова, аспирантка
Восточно-Казахстанский государственный университет имени С.Аманжолова
070004, Казахстан, г. Усть-Каменогорск, ул.Казахстан, 55
E-mail: orlova_ua87@mail.ru

Задача работы выявить особенности процесса структурной самоорганизации с помощью обработки разномасштабных изображений, полученных от пластически деформированных образцов стали 110Г13Л.

Методика выполнения работы изложена в известной книге Берже [1] и ее основные положения излагаются ниже.

Согласно теореме Винера - Хинчина автокорреляционную функцию сигнала X_i определяют как

$$\psi = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i x_{j+m} \tag{1}$$

Единица времени равна Δt, поэтому

$$\psi_m = \psi(m\Delta t) \tag{2}$$

Физически эта функция есть среднее произведения значений сигнала в данный момент времени и в более поздний момент времени mΔt.

Так как ряд x_i периодичен по n, автокорреляционная функция также обладает периодичностью:

$$\psi_m = \psi_{m++n} \tag{3}$$

Применяя обратное преобразование Фурье, получают следующее выражение:

$$\psi_m = \frac{1}{n^2}\sum_{i=1}^{n}\sum_{k'=1}^{n} \hat{x}_k \hat{x}_{k'} \exp\left[i\frac{2\pi}{n} + (j+m)k') \right]. \tag{4}$$

$$\psi_m = \frac{1}{n}\sum_{k=1}^{n} \left| \hat{x}_x \right|^2 \cos\left(\frac{2\pi mk}{n} \right). \tag{5}$$

Это означает, что с точностью до коэффициента пропорциональности автокорреляционная функция просто совпадает преобразованием Фурье величины $|\dot{x}|^2$.

Затем получают обратное соотношение между $[x_к^2]$ и Ψ_m.

Пусть S_k — функция, определяемая формулой

$$S_k = \sum_{m=1}^{n} \psi_m \cos\left(\frac{2\pi mk}{n} \right). \tag{6}$$

Подставляя в это определение вычисленное выражение для Ψ_m получают

$$S_k = \sum_{i=1}^{n} \left| \hat{x}_i \right|^2 \frac{1}{n}\sum_{m=1}^{n} \cos\left(\frac{2\pi mk}{n} \right) \cos\left(\frac{2\pi mk}{n} \right) \tag{7}$$

Используя равенство

$$cps\left(\frac{2\pi mp}{n} \right) = \frac{1}{2}\left[\left[\exp i\left(\frac{2\pi mp}{n} \right) \right] + \exp\left(-i\frac{2\pi mp}{n} \right) \right] \tag{8}$$

Преобразуют сумму по т в отрезок геометрической прогрессии длиной в *n* членов. Суммируя прогрессию, приходят к формуле

$$\frac{1}{n}\sum_{m=1}^{n} \cos\left(\frac{2\pi mk}{n} \right) \cos\left(\frac{2\pi ml}{n} \right) = \frac{1}{4}\left[\sigma_{k+l}^{n} + \sigma_{k-l}^{n} + \sigma_{-k-l}^{n} + \sigma_{-k+l}^{n} \right]. \tag{9}$$

Комбинируя этот результат с соотношением симметрии $\left|\hat{x}_{n-1}\right|^2 = \left|\hat{x}_i\right|^2$, получают,

$$S_k = \left|\hat{x}_k\right|^2 = \sum_{m=1}^{n} \psi_m \cos\left(\frac{2\pi mk}{n}\right) \tag{10}$$

Это и есть обратное соотношение, которое требовалось найти. Авторы полагают, что полученное соотношение есть одна из форм теоремы Винера — Хинчина, утверждающей, что функция $[x_n^2]$ пропорциональна преобразованию Фурье автокорреляционной функции Ψ_m сигнала. График величины $[x_к^2]$ как функции частоты ($f = k\Delta f$) называется спектром мощности.

$$\left|\hat{x}_k\right|^2 = \left|\hat{x}_{n-k}\right|^2, \tag{11}$$

Эта теорема была доказана Н. Винером после работы Дж. Тейлора, который аналогичным образом измерял величину; аналогичную $[x_к^2]$, по турбулентному сигналу (изменению сопротивления анемометра с нагреваемой проволокой).

В физике довольно часто наблюдается потеря информации о фазе, например при дифракции электронов и при столкновении элементарных частиц высокой энергии. Информация, содержавшаяся в фазе, связана со средней обратимостью сигнала. Авторы обращают внимание на то, что в таких функциях, как $[x_к^2]$ и Ψ_m, не изменяющихся при обращении порядка индексов переменной x_j, (они имеют одни и те же значения, когда временной ряд рассматривается в порядке 1, 2, ...,n и когда он рассматривается в обратном порядке n, ..., 2, 1), эта информация не может сохраняться, С другой стороны, это неверно для корреляционной функции Φ_m, определяемой соотношением

$$\phi_m = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(x_i^2 x_{i+m} - x_{i+m}^2 x_i) \tag{12}$$

и изменяющей знак при рассмотрении временного ряда в обратном порядке.

Авторы показывают путь выхода из этой трудности. Одним из следствий теоремы Винера-Хинчина является возможность определения спектра мощности. Традиционное название «спектр мощности» установилось по аналогии с случаем, когда ордината означает мощность, т. е. количество энергии в единицу времени.

Если рассмотреть сигнал x(t), возникающий при приеме волн (электромагнитных, звуковых и т. д.) антенной, то если детектор линеен и не вносит искажений в. рассматриваемой полосе частот, то измеряемая им величина пропорциональна изменениям электрического поля или давления вблизи антенны. Из теории волн известно, что мощность, переносимая волной, пропорциональна квадрату амплитуд волны (так же, как энергия гармонического осциллятора пропорциональна квадрату амплитуды его колебаний), усредненной по времени.

Авторы обращаются к формуле Парсеваля — Планшереля, которая позволяет заменить среднее по времени средним по частоте. Это оправдывает название «спектр мощности», которое авторы вводят. Величина шага $f=l/(n\Delta t)$ по оси абсцисс соответствует спектральному разрешению. Чтобы повысить разрешение, следует увеличить произведение $n\Delta t$. Наибольшая частота спектра равна $f_{макс}= 1/\Delta t$. Чтобы расширить исследуемый диапазон частот, следует уменьшить Δt. В силу соотношения

$$\left|\hat{x}\right|^2 = \left|\hat{x}_{n-k}\right|^2 \tag{13}$$

Следующим шагом у авторов явилось рассмотрение динамической системы в стационарном состоянии, например ламинарное течение вязкой жидкости. Авторы утверждают, что при некоторых условиях спектр мощности динамической системы будет эволюционировать как функция управляющего параметра следующим образом: спектр мошности будет содержать сначала одну частоту (f_1), затем две частоты (f_2 и f_3) и иногда три частоты (f_1, f_2, f_3). Как только в спектре появляется третья частота, возникает характерная для хаоса широкополосная шумовая компонента (рис.1). Третья частота может обнаруживаться (а может и не обнаруживаться) в спектре перед тем, как идентифицируется хаос. Нельзя не подчеркнуть еще раз принципиальное различие между механизмом [2] и механизмом Ландау: вместо бесконечно большого числа частот достаточно трех

частот. Это говорит о том, что система с небольшим числом степеней свободы может порождать хаотический режим [3].

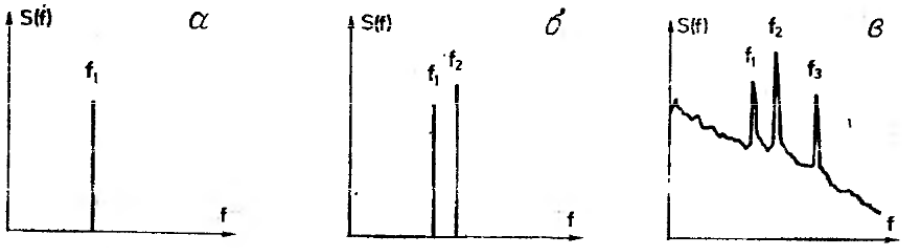


Рис. 1. Схема эволюции спектра мощности согласно теории Рюэля-Такенса

Авторы утверждают, что когда в спектре мощности появляются 2 частоты, динамический режим может порождать квазикристаллическую структуру. Если частота одна, то это может соответствовать появлению монокристаллического состояния.

Квазикристаллы наблюдались впервые Даном Шехтманом в экспериментах по дифракции электронов на быстро охлаждённом сплаве Al_6Mn, проведенных 8 апреля 1982 года. Существует две гипотезы о том, почему квазикристаллы являются (мета-) стабильными фазами. Согласно одной гипотезе, стабильность вызвана тем, что внутренняя энергия квазикристаллов минимальна по сравнению с другими фазами, как следствие, квазикристаллы должны быть стабильны и при температуре абсолютного нуля. При этом подходе имеет смысл говорить об определённых положениях атомов в идеальной квазикристаллической структуре, то есть мы имеем дело с детерминистическим квазикристаллом. Другая гипотеза предполагает определяющим вклад энтропии в стабильность. Энтропийно стабилизированные квазикристаллы при низких температурах принципиально нестабильны. Сейчас нет оснований считать, что реальные квазикристаллы стабилизируются исключительно за счёт энтропии.

Детерминистическое описание структуры квазикристаллов требует указать положение каждого атома, при этом соответствующая модель структуры должна воспроизводить экспериментально наблюдаемую картину дифракции. Общепринятый способ описания таких структур использует тот факт, что точечная симметрия, запрещённая для кристаллической решетки в трёхмерном пространстве, может быть разрешена в пространстве большей размерности D. Согласно таким моделям структуры, атомы в квазикристалле находятся в местах пересечения некоторого (симметричного) трёхмерного подпространства R^D (называемого физическим подпространством) с периодически расположенными многообразиями с краем размерности D-3, трансверсальными физическому подпространству.

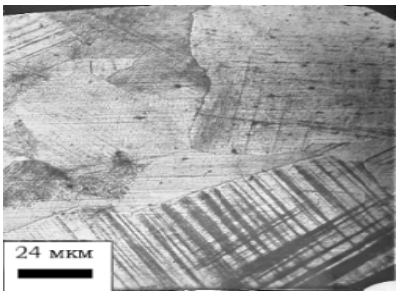
Существует другой подход для описания квазикристалла, основанный на процессах формирования фрактальных структур или процессах протекания. В этом случае структурообразование сводится к самоорганизации фрактальных кластеров из монокластеров или симплексов. Впервые пример такой самоорганизации предложил У.Пирсони и Н.Бульенков [4].

При исследований стали 110Г13Л были обнаружены эффекты самоорганизации структуры и особенности свойств, связанные со структурными и фазовыми превращениями.

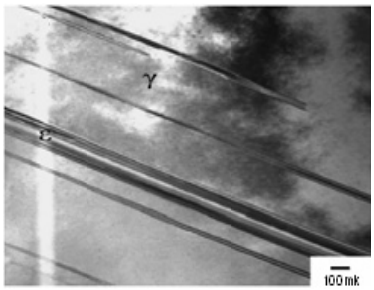
Целю работы было сделать анализ явлений самоорганизации, наблюдающихся при пластической деформации стали 110Г13Л.

Методики эксперимента. Проведен статистический анализ зависимости ударной вязкости от микроструктуры поверхности деталей и их «свидетелей» из стали 110Г13Л на основании выборки из технологических журналов АО «ВОСТОКМАШЗАВОД», а также на основании исследования микроструктуры оптическим методом.

Результаты эксперимента и их обсуждение. На рисунке 2 представлены изображение микроструктуры поверхности образца стали 110Г13Л, полученные в оптическом микроскопе. В правой части рисунка 2а виден полосчатый контраст. Такой контраст характерен для образцов, имеющих ударную вязкость 300 Дж/см^2. Аналогичную микроструктуру наблюдали исследователи (рисунок 2б) [5].



а)



б)

Рис. 2. Изображения микроструктуры марганцовистой стали в электронном микроскопе [5]: а) полученное в оптическом микроскопе поверхности образца стали 110Г13Л с ударной вязкостью 300 Дж/см^2 ; б) полосы сдвиговой деформации в образце Fe59Mn30Si6Cr5 в просвечивающем электронном микроскопе

Спектр мощности, построенный от системы полос, показал наличие двух частот, отношение которых равно золотому сечению.

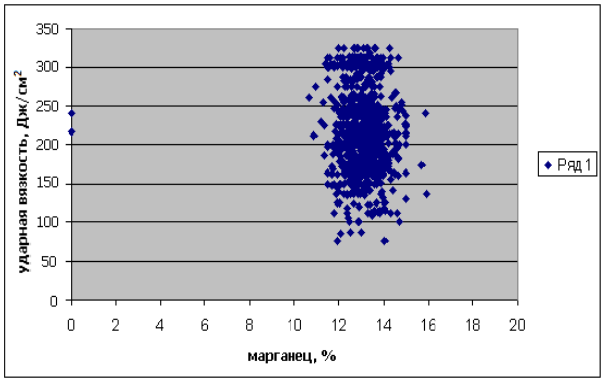
Золотое сечение (золотая пропорция, деление в крайнем и среднем отношении) - соотношение двух величин, равное соотношению их суммы к большей из данных величин. Приблизительная величина золотого сечения равна 1,6180339887и является корнем характеристического уравнения $x^2 – x – 1 = 0$

Такое соотношение частот свидетельствует о присутствие в структуре икосаэдрической фазы, о которой говорится в работе Шехтмана [6], и которая была обнаружена экспериментально в работе Казанцевой В.В [7].

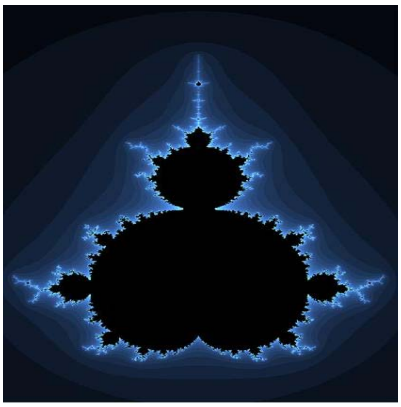
В последние десятилетия в синергетика активно изучается новый вид хаоса, отличный от молекулярного – так называемый детерминированный хаос. Название состоит из необычного словосочетания: детерминированность связана с определенностью, упорядоченностью, стабильностью, а хаос - это случайность, беспорядок, неустойчивость. Но тем не менее существование подобного хаоса обнаружено не только в теоретических моделях, но и поведении экспериментальных и природных объектов. Хаос был найден там, где его, казалось, принципиально не должен быть - в детерминированных системах с малым числом степеней свободы [8].

Аттрактор - геометрический объект в фазовом пространстве, к которому притягиваются фазовые траектории. Он может быть точкой, замкнутой кривой, тором для различных состояний системы. Но в системе Лоренца он располагался в ограниченном объеме фазового пространства, в котором и были сосредоточены все фазовые траектории. Этот аттрактор получил название странного аттрактора. К настоящему времени открыты несколько видов странных аттракторов [9].

На рисунке 3а приведена зависимость ударной вязкости марганцовистой стали в зависимости от содержания в ней марганца. Видно что, наибольшие количество точек на графике сосредоточенны вокруг двух значений ударный вязкости. Верхний 220 Дж/см^2 и 140 Дж/см^2. Эти значения соответствуют оптимальному содержанию марганца 13 %. Кроме того общая статистика журналов АО «ВОСТОКМАШЗАВОД», где изготавливалась сталь 110Г13Л подтверждает эти значения.



а)



б)

Рис. 3. а, б Сопоставление ударной вязкости с содержанием марганца в стали 110Г13Л

На рисунке 3б для сравнения представленно изображение, полученное с помощью компьютерного моделирования последовательности Мандельброта.

Процесс Мандельброта математически выражается как:

$$x_{n+1} = f(x_n) = x_n^2 + c \tag{14}$$

Выбрав произвольное число x_0, возведем его в квадрат и прибавим константу с для того, чтобы получить x_1; затем повторим вычисления для того, чтобы получить x_2, x_3, и т. д. Идея, использованная Мандельбротом, состояла в том, чтобы вместо действительных чисел рассмотреть комплексные и наблюдать процесс $x_0 \to x_1 \to x_2$... не на прямой, а в плоскости.

1) Числа получаются все меньшими и меньшими, их последовательность приближается к нулю. Нуль является аттрактором для процесса $x \to x^2$. Все точки, находящиеся на расстоянии меньше 1 от этого аттрактора, движутся к нему.

2) Числа становятся все большими и большими, стремясь к бесконечности. Бесконечность также является аттрактором для этого процесса. Все точки, лежащие на расстоянии больше 1 от нуля, движутся к бесконечности.

3) Точки находятся и продолжают оставаться на расстоянии 1 от нуля. Их последовательности лежат на границе двух областей притяжения, в данном случае на окружности единичного радиуса с центром в нуле.

Таким образом, плоскость делится на две зоны влияния, а границей между ними является просто окружность.

Если выбрать ненулевое значение c, например c = - 0.12375 + 0.56508i, то для последовательности $x_0 \to x_1 \to x_2$... также имеются три из перечисленных выше возможностей, но внутренний аттрактор уже не является нулем, а граница уже не является гладкой. Причем изломанность ее оказывается масштабно инвариантной. Именно это Б. Мандельброт назвал такую границу фрактальной структурой. Она напоминает линию морского берега, многие естественные границы, которые становятся явно тем длиннее, чем более мелкий масштаб используется для их измерения.

Выводы:

1. Анализ оптических изображений полученных с поверхности образцов стали 110Г13Л показал возможность упрочнения за счет образования икосаэдрической фазы.

2. Анализ зависимости ударной вязкости от содержания марганца в стали 110Г13Л показал наличие двух аттракторов, к которым стремится показатель ударной вязкости. Эти аттракторы могут быть вычислены с помощью последовательности Мандельброта.

Литература.

1. Берже П., Помо И., Видаль К. Порядок в хаосе. О детерминистском подходе к турбулентности: Пер.с франц.-М.:Мир, 1991.-368с.
2. Ruelle D., Determinisme et predictibilite, Poul ia Science, 82, 58 (1984).
3. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Гидродинамика.-М:Наука, 1986.
4. Prigogine I., Physique, temps et devenir, Masson, Paris, 1980.
5. H.C. Lin, T.P. Wang, K.M. Lin, C.Y. Chung, P.C. Wang and W.H. Ho Received 6 July 2007; revised 12 November 2007
6. Shechtman D., Blech I., Gratias D., Cahn J.W. Metallic Phase with Long-Range Orientation Order the No Translational Simmetry// Phys. Rev. Lett. 1984, V. 53, P. 1951-1953.5-328
7. Структурные и фазовые превращения, протекающие в областях локализации деформации стали 110Г13Л при динамических нагрузках. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук, Барнаул – 2010
8. Мандельброт, Бенуа, Джесси Рассел. High Quality Content by WIKIPEDIA articles Бенуа Мандельброт фр. Benot B. Mandelbrot; 20 ноября 1924.
9. Пайтген Х.О., Рихтер П.Х. Красота фракталов: Образы комплексных динамических систем.-М:Мир, 1993-176с.

ИЗНОСОСТОЙКОЕ ПОКРЫТИЕ НА КАРБИДОВОЛЬФРАМОВОМ ТВЁРДОМ СПЛАВЕ

Т.Н. Осколкова, к. т. н., доц.
Сибирский государственный индустриальный университет
654007, г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42, тел.(3843)74-87-63
E-mail: oskolkova@kuz.ru

Введение

Развитие многих отраслей народного хозяйства страны (металлообработка, машиностроение, горнодобывающая промышленность, деревообработка и т.д.) тесно связано с применением спечённых карбидовольфрамовых твёрдых сплавов, которые широко используют в качестве инструментальных материалов. Перспективным направлением совершенствования твёрдых сплавов является разработка упрочняющих технологий, обеспечивающих повышение комплекса эксплуатационных свойств, среди которых отмечается закалка этих сплавов в водных растворах полимеров [1], а также модифицирование поверхности тугоплавкими карбидами, боридами и т.д. [2 – 4].

Повышение износостойкости при сохранении вязкости обеспечивает долговечность любого инструмента, воспринимающего нагрузки высокой интенсивности при механической обработке, штамповке, бурении горных пород и т.д. В этой связи в настоящее время уделяется разработке упрочняющих технологий для карбидовольфрамовых твёрдых сплавов как у нас в стране, так и за рубежом. Поэтому применение новых способов поверхностного упрочнения, используя концентрированные потоки энергии, продолжают оставаться одним из приоритетных направлений в деле повышения эксплуатационной стойкости твёрдого сплава [5–7]. В нашей стране выпускаются WC-Co твёрдосплавные пластины с ионно-плазменными покрытиями из TiC и TiN. Выбор данных соединений в качестве материалов износостойких покрытий можно объяснить их удовлетворительными эксплуатационными свойствами, а также освоенной технологией нанесения. Однако покрытия из TiC и TiN не лишены недостатков, главный из которых – невысокая теплостойкость. В этой связи представляет интерес введение в состав ионно-плазменного покрытия TiN циркония и изучение его свойств на твёрдом сплаве ВК10КС.

Результаты и обсуждение

В настоящей работе для исследования использованы твёрдосплавные пластины из сплава ВК10КС, производства ОАО «Кировоградский завод твёрдых сплавов» (Россия), на которые были нанесены ионно-плазменные (Ti, Zr)N покрытия из раздельных катодов титана и циркония при соотношении этих элементов 50 % Ti + 50 % Zr с использованием азота в качестве реакционного газа.

Исследование структуры твёрдого сплава с ионно-плазменным покрытием осуществлялось с помощью растрового электронного микроскопа «Philips XL-30».

Металлографические исследования поперечных шлифов (рис. 1) показали, что нанесенные (Ti, Zr)N ионно-плазменные покрытия толщиной 15 мкм на твёрдосплавные пластины ВК10КС не приводят к образованию микротрещин как в самом покрытии, так и на его границе с основой сплава. Наличие двух фаз TiN и ZrN свидетельствует о микрослоистости структуры покрытия (рис. 2), что позитивно отразится на эксплуатационных свойствах. Несмотря на микрослоистость структуры покрытия, можно наблюдать равномерное распределение элементов в покрытии без образования микропор между слоями.

Для определения поверхностной твёрдости сплавов с ионно-плазменным покрытием применялся метод наноиндентирования на приборе «Nano Hardness Tester» с обработкой результатов с помощью компьютерной программы Mountains Map Universal. В результате наноиндентирования твёрдого сплава с ионно-плазменным (Ti, Zr)N покрытием установлено, что данное покрытие является сверхтвёрдым с нанотвёрдостью 38500 МПа.

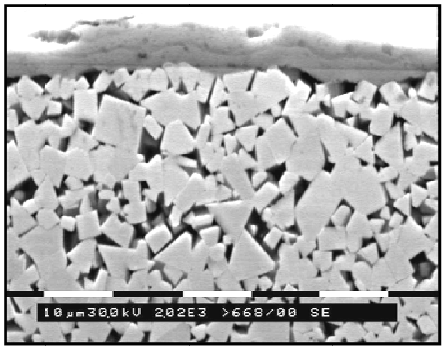


Рис. 1 Микроструктура сплава ВК10КС с ионно-плазменным покрытием (Ti, Zr)N

Введение в состав покрытия TiN легирующего элемента – циркония приводит к изменению его механических свойств: нанотвёрдость увеличивается на 23 %, модуль Юнга E – на 67 % (таблица). Увеличение значений модуля Юнга свидетельствует о повышении энергии связей между атомами и, следовательно, прочности материала покрытия.

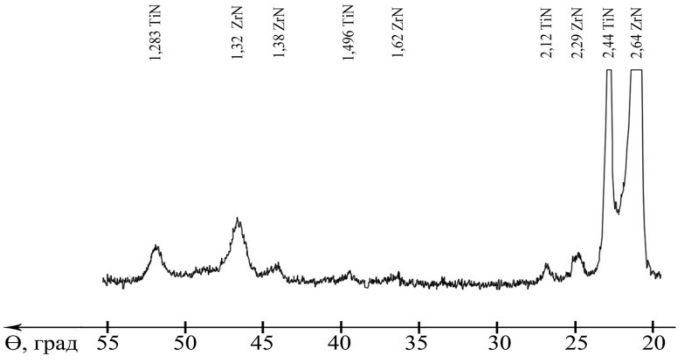


Рис. 2 Фрагмент дифрактограммы сплава ВК10КС с ионно-плазменным (Ti, Zr)N покрытием

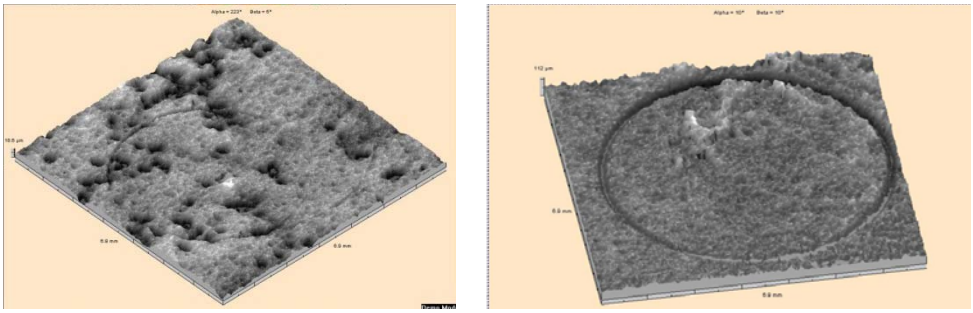
Таблица

Свойства износостойких покрытий

Свойства	Покрытия	
	TiN	(Ti, Zr)N
Нанотвёрдость, МПа	31450	38499
Модуль Юнга, ГПа	307,00	511,67

Трибологические испытания образцов в спечённом исходном состоянии и с покрытием при комнатной температуре проводились с помощью высокотемпературного трибометра «PC-Operated High Temperature Tribometer» с программным обеспечением. Износ образцов определялся путем измерения глубины и площади трека износа после испытаний, образованного в результате действия неподвижного алмазного индентора на вращающийся образец при нагрузке 3 Н, линейной скорости движения 2,5 см/с и количестве оборотов 4000 у исходных образцов и 12000 у образцов с покрытием. Трибологические испытания образцов с ионно-плазменным покрытием показали, что глубина трека износа у сплава ВК10КС составляет 76,6 нм, а у исходного образца – 58 мкм (рис. 3).

Площадь сечения трека изношенных образцов с покрытием составляет 4,2 мкм^2, на сплаве без покрытия – 12921 мкм^2. Коэффициенты трения (μ) сплава ВК10КС с ионно-плазменными (Ti, Zr)N покрытиями после приработки устанавливается на значении 0,07 по сравнению с коэффициентом трения исходного образца, равном 0,41.



а) б)

Рис. 3 Внешний вид треков при трибологических испытаниях^
а) сплав ВК10КС с ионно-плазменными (Ti, Zr)N покрытием; б) исходный сплав

Известно, что инструмент с большей шероховатостью эксплуатируется небольшой срок, поэтому при конструировании детали задаётся допустимая микрогеометрия её поверхности, обеспечивающая длительную её работоспособность. Допустимая чистота обработки поверхности твёрдого сплава ВК10КС, согласно ТУ 48-19-367-92, R_a = 2,5 мкм. Микрогеометрия поверхности твёрдого сплава до и после нанесения ионно-плазменного (Ti, Zr)N покрытия изучалась на установке «Micro

Measure 3D station». Профилометрические исследования показали, что ионно-плазменное покрытие улучшает качество поверхности образцов. Шероховатость поверхности исходного образца составляет R_a = 1,32 мкм. После нанесения ионно-плазменного (Ti, Zr)N покрытия на твёрдый сплав ВК10КС шероховатость поверхности образца составляет 0,97 мкм.

Адгезионные характеристики ионно-плазменного (Ti, Zr)N покрытия на твёрдом сплаве определялись с помощью установки Micro Scratch Tester с использованием методики «царапания» алмазным индентором. Причем, во время процесса на индентор действует линейно-возрастающая сила нагружения. Характеристикой адгезионной прочности выступает сила нагружения в момент начала отслаивания покрытия, которая называется критическая сила нагрузки. Критическая нагрузка определялась очень точно при помощи акустического датчика, датчиков нагрузки и глубины проникновения индентора.

При изучении адгезионной прочности покрытия с подложкой выявлено, что при значении 56,6 Н наблюдается одновременный внезапный скачок сигналов акустической системы и силы трения. Данное значение является критическим, поскольку соответствует моменту начала отслоения покрытия. В целом, адгезию ионно-плазменного (Ti, Zr)N покрытия с твёрдосплавной подложкой можно считать достаточно высокой. В действительности высокая адгезия ионно-плазменного (Ti, Zr)N покрытия с твёрдосплавной подложкой объясняется наличием в покрытиях, полученных из раздельных электродов, микрослоистости. Граница между микрослоями покрытия тормозит рост трещины, образовавшейся при внедрении в него индентора, что способствует снижению отслоения покрытия и, следовательно, повышает его трещиностойкость.

Выводы

На поверхности твёрдого сплава ВК10КС получено сверхтвёрдое с нанотвёрдостью 38500 МПа ионно-плазменное (Ti, Zr)N покрытие толщиной 10 ÷ 15 мкм с высокой износостойкостью и хорошей адгезионной прочностью с основой. Установлено, что дополнительное легирование цирконием ионно-плазменного покрытия TiN приводит к повышению нанотвёрдости на 23 %, модуля Юнга E – на 67 %. Увеличение значений модуля Юнга свидетельствует о повышении энергии связей между атомами и, следовательно, прочности материала покрытия.

Работа выполнена в рамках проектной части государственного задания Минобрнауки России № 11.153.2014/К

Литература.

1. Shorokhova O.V. Termovit-M Water-polymer Quenching Fluid / O.V. Shorokhova, T.N. Oskolkova // Steel in Translation. – 2011. T. 41, № 4. – P. 291 – 293.
2. Nozdrin I.V. Particle size of vanadium and chromium borides and carbides in a plasma flux / I.V. Nozdrin, G.V.Galevskii, L.S. Shiryaeva, M.A.Terenteva // Steel in Translation. 2011. T. 41. № 10. C. 799-804.
3. Nozdrin I.V Reactor for plasmometallurgical production of refractory borides and carbides / I.V. Nozdrin, L.S Shiryaeva, G.V. Galevskii, V.V. Rudneva // Steel in Translation. 2011. T. 41. № 8. C. 644-648.
4. Nozdrin I.V. Plasma synthesis and physicochemical certification of chromium nanocarbide / I.V. Nozdrin, V.V. Rudneva // Steel in Translation.– Vol.53.– No. 12.– 2012.–C.797-801.
5. Oskolkova T.N. Pulse plasma treatment of the surface of alloy VK10KS / T.N. Oskolkova, E.A. Budovskikh // Metal Science and Heat Treatment. – 2012. – vol. 53, № 11–12. P. 608 – 610.
6. Oskolkova T.N. Electric explosion alloying of the surface of hard alloy VK10KS with titanium and silicon carbide / T.N. Oskolkova, E.A. Budovskikh // Metal Science and Heat Treatment. – 2013. – vol. 55, № 1. – P. 96 – 99.
7. Oskolkova T.N. Features of structure formation of the surface layer in the course of electroexplosive alloying tungsten carbide hard alloy / T.N. Oskolkova, E.A. Budovskikh, V.F. Goryushkin // Non-Ferrous Metals. – 2014. – vol. 55, № 2. – P. 196 – 200.

НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ТВЁРДОГО СПЛАВА С ГРАДИЕНТНОЙ СТРУКТУРОЙ

Т.Н. Осколкова, к.т.н., доц.
Сибирский государственный индустриальный университет
654007, г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42, тел.(3843)74-87-63
E-mail: oskolkova@kuz.ru

Введение

Сплавы WC–Co наиболее прочные из известных спечённых твёрдых сплавов, но не всегда удовлетворяют требованиям по эксплуатационной стойкости. В общей массе амортизированного инструмента износ и поломки твёрдосплавных элементов составляет 80 %, поэтому одним из перспективных направлений совершенствования твёрдых сплавов является разработка технологий, обеспечивающих повышение износостойкости при сохранении вязкости. К ним относятся модифицирование поверхности карбидами, боридами и т.д., а также обработка поверхности твёрдых сплавов концентрированными потоками энергии [1–6]. В нашей стране выпускаются WC-Co твёрдосплавные пластины с ионно-плазменными покрытиями из TiC и TiN. Выбор данных соединений в качестве материалов износостойких покрытий можно объяснить их удовлетворительными эксплуатационными свойствами, а также освоенной технологией нанесения. Помимо нанесения покрытий на твёрдосплавный инструмент известны и другие способы повышения его износостойкости. К ним относится метод изготовления твёрдосплавных пластин способом спекания с градиентной прочностью.

Результаты и обсуждение

В рамках настоящей работы способом электроэрозионного упрочнения легированием было получено низкокобальтовое покрытие на поверхности высококобальтового твёрдого сплава ВК10КС. В качестве легирующего электрода использовался твёрдый сплав ВК6-ОМ. В этом случае менее прочная сердцевина может выдерживать ударные нагрузки и значительные напряжения изгиба, а более твёрдая поверхность – обладать повышенной износостойкостью, что обеспечит эксплуатационную стойкость твёрдого сплава ВК10КС.

Принцип работы установки для нанесения покрытия основан на периодических разрядах накопительных конденсаторов при касании вибрирующим электродом поверхности обрабатываемой детали при его возвратно-поступательном перемещении. При искровом разряде накопительных конденсаторов происходит эрозия электрода, перенос и диффундирование материала этого электрода в поверхностный слой обрабатываемой детали.

Поверхностное упрочнение твёрдого сплава ВК10КС способом электроэрозионного упрочнения легированием осуществлялось с помощью переносной установки UR – 121, при этом обработку твёрдого сплава легирующим электродом ВК6-ОМ производили из расчёта 2 минуты на 1 см^2 с частотой вибрации электрода, равной 100Гц, + 1 минута на 1 см^2 с частотой вибрации электрода, устанавливаемой автоматически магнитной системой, в пределах от 130 до 500 Гц.

Исследование особенностей структуры после обработки и определение глубины зоны поверхностного упрочнения осуществлялось с помощью оптического микроскопа OLIMPUS – GX 50.

На рис. 1 представлена микроструктура сплава ВК10КС с упрочнённым слоем из ВК6-ОМ после электроэрозионной обработки. На поверхности обнаружен плохо травящийся слой, толщина которого достигает 25 мкм.

По результатам рентгено-фазового анализа установлено, что помимо имеющегося монокарбида вольфрама WC и кобальтовой связующей, которые присутствовали в исходном состоянии в твёрдом сплаве, в поверхностном слое формируется монокарбид дивольфрама W_2C. Известно, что монокарбид дивольфрама W_2C имеет более высокую твёрдость по сравнению с твёрдостью WC.

Изменение фазового состава поверхностного слоя в твёрдом сплаве отразилось на показателях нанотвёрдости. Результатом наноиндентирования твёрдого сплава после электроэрозионной обработки является повышение нанотвёрдости до 22000 МПа.

Испытания на износостойкость проводились на установке «PC-Operated High Temperature Tribometer» при комнатной температуре. Износ образцов определялся путем измерения глубины и площади трека износа после испытаний, образованного в результате действия неподвижного алмазного индентора на вращающийся образец при нагрузке 3 Н, числе оборотов 4000, линейной скорости движения 2,5 см/с. Для сравнения аналогичные испытания проводились на исходных образцах.

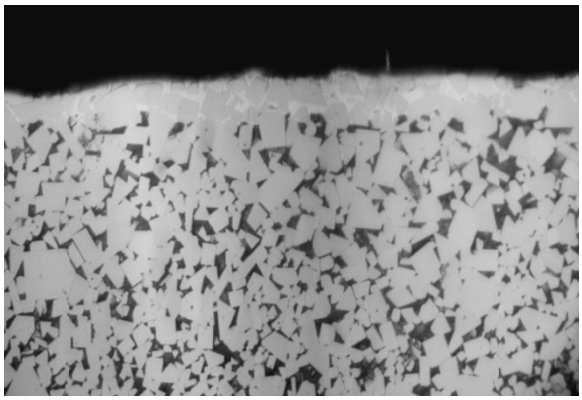
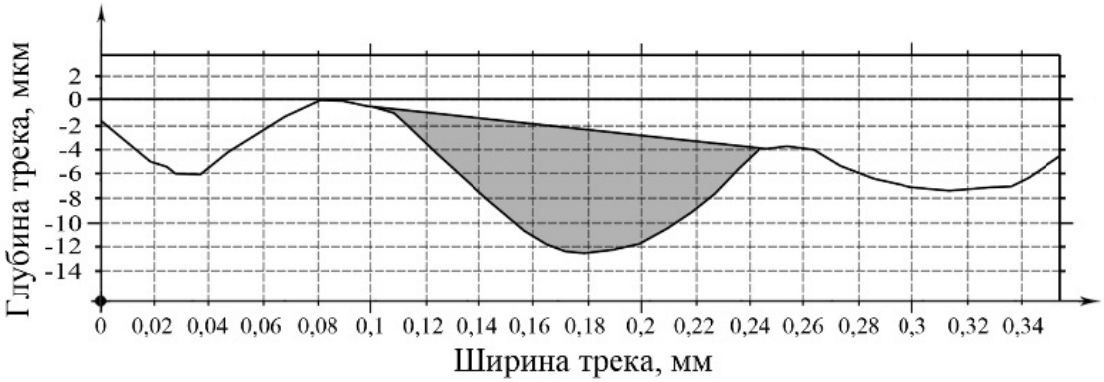


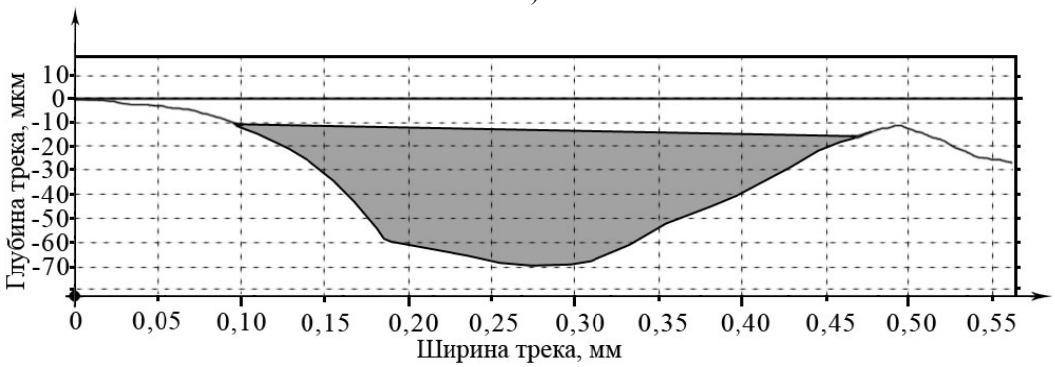
Рис. 1. Микроструктура сплава ВК10КС с покрытием ВК6-ОМ, х 1000

Износ образцов с покрытием ВК6-ОМ после электроэрозионной обработки показал (рис. 2), что глубина трека образца с покрытием составляет 10,8 мкм (у исходного образца глубина трека – 58 мкм). Площадь сечения трека изношенных образцов с покрытием и без него составляет 941 мкм^2 и 12921 мкм^2 соответственно. Коэффициент трения (μ) сплава ВК10КС с покрытием из ВК6-ОМ, полученного способом электроэрозионной обработки, после приработки устанавливается на значении 0,23 по сравнению с коэффициентом трения у исходного образца μ = 0,41.

Поскольку способ электроэрозионного упрочнения легированием всегда приводит к повышению шероховатости поверхности, немаловажным фактором является изучение микрогеометрии после упрочнения ВК10КС данным способом, результаты которой представлены в таблице. В настоящей работе микрогеометрия поверхности твёрдого сплава после поверхностной обработки определялась методом профилометрии на установке «Micro Measure 3D station». Упрочнение поверхности твёрдого сплава ВК10КС немного ухудшает микрогеометрию поверхности, но сохраняет её в пределах технических требований R_a = 2,5 мкм.



а)



б)

Рис. 2. Профили треков износа образцов с покрытием (а) и без покрытия (б)

Таблица

Результаты микрогеометрии поверхности покрытий

Обработка	Значение шероховатости R_a, мкм
Исходный образец	1,32
После поверхностного упрочнения	2,15

Применение способа электроэрозионного упрочнения легированием для нанесения покрытия на поверхность твёрдого сплава соответствующими электродами даёт возможность получения твёрдосплавной пластины с градиентной структурой, например, ВК3 – ВК6 – ВК8 –ВК10 – ВК15 – ВК20, а также можно производить реставрацию поверхности различных твёрдых сплавов после эксплуатации, это позволит продлить эксплуатационный срок изделий, оснащённых данными сплавами, сэкономить дефицитные материалы (вольфрам и кобальт).

Выводы

Способом электроэрозионного упрочнения легированием получен твёрдый сплав с градиентной структурой, состоящий из вязкой сердцевины из сплава ВК10КС и более износостойкой поверхности из сплава ВК6-ОМ. Повышение износостойкости связано с формированием монокарбида дивольфрама W_2C, который улучшает служебные свойства вставок из твердого сплава на основе монокарбида вольфрама WC.

Работа выполнена в рамках проектной части государственного задания Минобрнауки России № 11.153.2014/К

Литература.

1. Nozdrin I.V. Particle size of vanadium and chromium borides and carbides in a plasma flux / I.V. Nozdrin, G.V.Galevskii, L.S. Shiryaeva, M.A.Terenteva // Steel in Translation. 2011. T. 41. № 10. C. 799-804.
2. Nozdrin I.V Reactor for plasmometallurgical production of refractory borides and carbides / I.V. Nozdrin, L.S Shiryaeva, G.V. Galevskii, V.V. Rudneva // Steel in Translation. 2011. T. 41. № 8. C. 644-648.
3. Nozdrin I.V. Plasma synthesis and physicochemical certification of chromium nanocarbide / I.V. Nozdrin, V.V. Rudneva // Steel in Translation.– Vol.53.– No. 12.– 2012.–C.797-801.
4. Oskolkova T.N. Pulse plasma treatment of the surface of alloy VK10KS / T.N. Oskolkova, E.A. Budovskikh // Metal Science and Heat Treatment. – 2012. – vol. 53, № 11–12. P. 608 – 610.
5. Oskolkova T.N. Electric explosion alloying of the surface of hard alloy VK10KS with titanium and silicon carbide / T.N. Oskolkova, E.A. Budovskikh // Metal Science and Heat Treatment. – 2013. – vol. 55, № 1. – P. 96 – 99.
6. Oskolkova T.N. Features of structure formation of the surface layer in the course of electroexplosive alloying tungsten carbide hard alloy / T.N. Oskolkova, E.A. Budovskikh, V.F. Goryushkin // Non-Ferrous Metals. – 2014. – vol. 55, № 2. – P. 196 – 200.

ЗАВИСИМОСТЬ ДИСПЕРСНОСТИ КАРБИДНОЙ КОМПОНЕНТЫ ОТ ОБЪЕМНОГО СОДЕРЖАНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКОГО СВЯЗУЮЩЕГО В СИНТЕЗИРОВАННОЙ МЕТАЛЛОКЕРАМИКЕ TiC-(Ni-Cr)

*О.П. Солоненко, д.т.н., профессор, В.Е. Овчаренко***, д.т.н., профессор, А.Е. Чесноков, н.с.*
Институт теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича СО РАН, Новосибирск, Россия
**Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск, Россия*
*** Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского Томского политехнического университета*
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26
E-mail: ove45@mail.ru

Металлокерамические порошки декамикронного диапазона размеров, частицы которых состоят из высокотвердых ультрадисперсных включений в матрице из металлического сплава заданного химического состава (WC-Co, TiC-(Ni-Cr), Cr_3C_2-(Ni-Cr) и т.п.), широко используются при газотермическом напылении (ГТН) износо- абразивно- и коррозионностойких покрытий, предназначенных для экстремальных условий эксплуатации.

Большие перспективы в получении композиционных порошков открываются при использовании самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС), инициируемого в порошках-реагентах, однородно перемешанных с порошком-инертом с заданным объемным содержанием [1]. При этом синтез металлокерамического порошка возможен как в свободном режиме горения порошковой смеси исходных элементов, так и под давлением, с последующим механическим измельчением синтезированного компакта и разделением по фракциям полученного порошкового продукта. Подтверждением этому являются результаты, представленные в работе [2], в которой металлокерамический порошок TiC-30%об.(Ni-Cr) с размером частиц 45-90 μm, предназначенный для плазменного напыления, был получен механическим измельчением компакта, синтезированного под давлением. Однако выход указанной фракции порошка составил не более 20% [2], что объясняется достаточно высокой твердостью (~ 60 HRc) синтезированного металлокерамического спека, при измельчении которого получается достаточно большое количество частиц с размером <40 μm, а также сверхтвердых гранул с размером более 100 μm, дальнейшее измельчение которых с использованием энергонапряженных планетарных мельниц типа АГО-2 практически невозможно. В то же время, как показано в работе [1], измельчение СВС компакта, полученного, при прочих равных условиях, в режиме свободного горения механоактивированных (МА) исходных порошковых компонентов, обеспечивает кратное увеличение выхода указанной фракции (60% и более, см. рис. 1). При этом металлокерамические частицы имеют высокодисперсное строение: включения карбидной фазы достаточно равноосной формы равномерно распределены в металлической связке во всем объеме частиц. Было обнаружено, что, при прочих равных условиях, дисперсность карбидных включений в частицах композиционного порошка зависит не только от размера частиц исходных порошковых компонентов, но и от объемного содержания (Ni-Cr) связки. Для подтверждения этой закономерности был выполнен дополнительный цикл модельных экспериментов по исследованию эволюции дисперсного состава включений TiC в СВС компактах TiC-(Ni-Cr), полученных при изменении объемного содержания никель-хромовой связки как в режиме свободного горения, так и под давлением. В данных экспериментах, также как и в работе [1], СВС металлокерамического компакта осуществляли в порошковой смеси титана (ПТОМ-2), ламповой сажи (П803) и никель-хромового сплава (ПХ20Н80-56-24). Для измельчения исходных порошков титана и никель-хромового сплава проводилась их предварительная МА в энергонапряженной планетарной мельнице «Активатор – 2SL» [3]: порошка титана с добавлением 10%об. ламповой сажи, в качестве поверхностно-активного вещества, - в течение 90 секунд, порошка нихрома - в течение 120 секунд. При проведении СВС композита TiC-NiCr использовались смеси порошков с размерами частиц нихрома и титана ≤ 40 μm. В таблице 1 приведены составы исходных порошковых смесей с требуемой стехиометрической композицией Ti-C и различным объемным содержанием (Ni-Cr) связки, которые использовались при проведении модельных экспериментов.

Таблица 1

Состав исходных порошковых смесей для СВС.

Номер образца	Состав порошковой смеси Ti-C-NiCr
1	70%об. (80%мас.Ti + 20%мас.C) + 30%об. (Ni-Cr)
2	60%об. (80%мас.Ti + 20%мас.C) + 40%об. (Ni-Cr)
3	50%об. (80%мас.Ti + 20%мас.C) + 50%об. (Ni-Cr)

Данные порошковые композиции непосредственно перед проведением СВ-синтеза подвергались дополнительной совместной МА в течение 60 секунд для обеспечения их равномерного перемешивания. Перед проведением СВС в режиме свободного горения реактор продувался аргоном в течение 5 минут при расходе газа 36 л/мин, после чего инициировалась реакция синтеза. Все синтезированные металлокерамические спеки имели пористую структуру и достаточно легко разрушались. Дальнейшее кратковременное механическое воздействие на полученный порошок в планетарной мельнице позволяло получать металлокерамические частицы основной фракции с размерами от 40 до 90 μm. Гистограмма распределения частиц по размерам для порошковой смеси №2 (таблица 1) представлена на рис. 1.

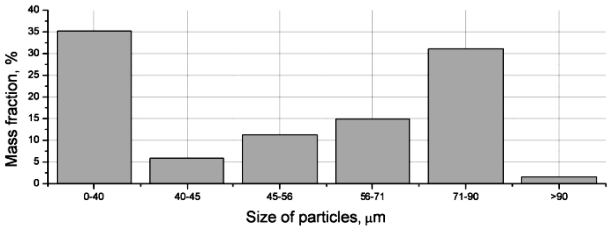
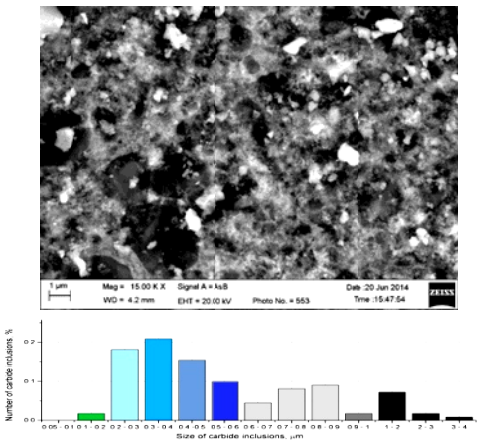


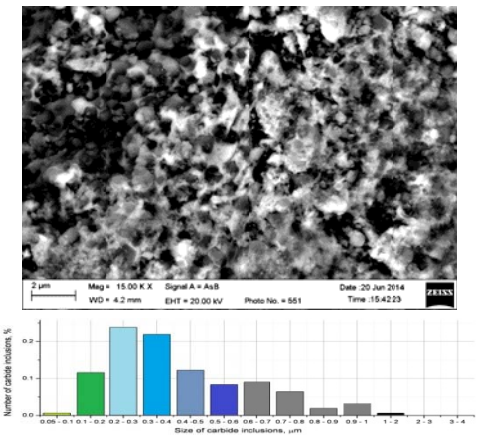
Рис. 1. Распределение металлокерамических частиц TiC-(Ni-Cr) по размерам, отвечающее исходной порошковой смеси №2 (таблица 1) после 30 секунд механического воздействия на СВС спек.

Рентгенофазовый анализ механически активированных смесей и СВС продуктов проводили на дифрактометре ДРОН-4.0 с использованием монохроматизированного $Cu_{K\alpha}$ - излучения. Анализ образцов, полученных как в свободном режиме горения, так и при СВС под давлением, подтвердил присутствие только фаз карбида титана и металлической связки – никель-хромового сплава.

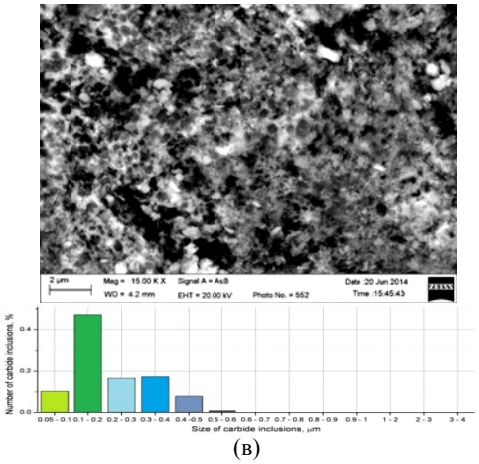
Для исследования эволюции дисперсного состава включений карбида титана в синтезированных СВС продуктах (рис. 2 и 3), по мере увеличения в них объемного содержания (Ni-Cr) связки (таблица 1, образцы 1-3), были построены эмпирические гистограммы. Данные гистограммы, характеризующие счетные распределения включений TiC по размерам, являются результатом визуальной обработки изображений, полученных с помощью сканирующей электронной микроскопии. Результаты экспериментов подтвердили установленную ранее закономерность [1]: с увеличением объемной доли (Ni-Cr) связки происходит перераспределение размеров карбидных включений в область меньших значений.



(а)



(б)



(в)

Рис. 2. СЭМ-фотографии, характеризующие морфологию и микроструктуру поверхности, а также гистограммы распределений по размерам карбидных включений в гетерогенном материале, синтезированном в свободном режиме горения при различном объемном содержании связующего: (а) - 30%, (б) - 40%, (в) - 50%.

Для объяснения полученного результата воспользуемся соображениями, приведенными в [1], основанными на предположении об одномерном характере движения фронта горения в порошковой насыпке. Как отмечено выше, при СВС металлокерамики нами были использованы МА порошки

титана, приготовленные в одних и тех же оптимальных условиях, определенных ранее в работе [1]. Ультрадисперсные МА частицы титана обладают высокой поверхностной активностью, что еще на стадии подготовки порошковых композиций может приводить к их агломерированию. Согласно [4], синтез карбида титана в порошковой смеси Ti-C осуществляется в условиях, когда в волне горения частицы титана, характеризующиеся температурой плавления $T_{m,Ti}$=1958 K, находятся в расплавленном состоянии, а образующийся продукт - карбид титана, имеющий температуру плавления $T_{m,TiC}$=3433 K, является твердофазным, поскольку температура горения не превосходит 3210 K. Следовательно, перед фронтом горения, распространяющимся в порошковой смеси Ti-C, вследствие теплопроводности среды, находится слой порошка, в котором УДЧ титана, а также их агломераты подвергаются плавлению. Плавление агломератов приводит к образованию в синтезированном спеке, представляющим собой ячеисто-пористый каркас, более крупных блоков из карбида титана. При последующем же механическом измельчении спека получаются порошковые частицы преимущественно неравноосной формы.

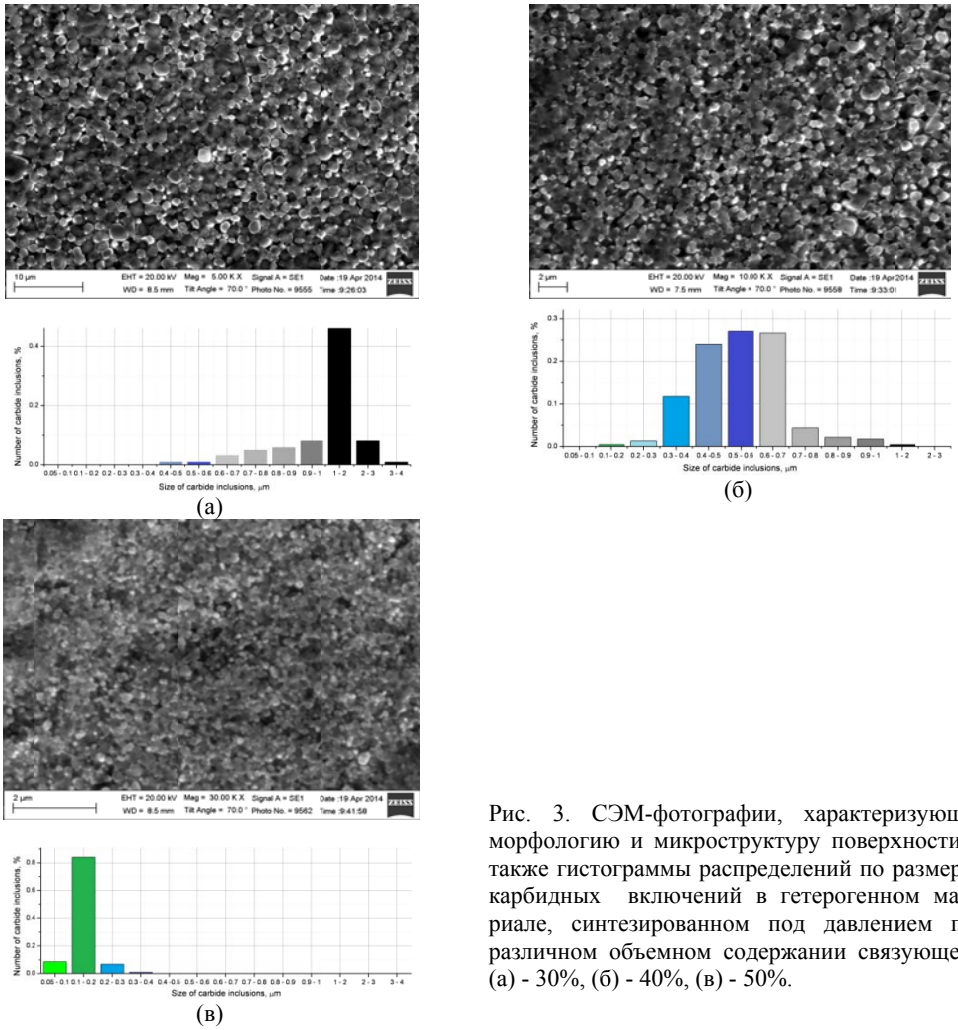


Рис. 3. СЭМ-фотографии, характеризующие морфологию и микроструктуру поверхности, а также гистограммы распределений по размерам карбидных включений в гетерогенном материале, синтезированном под давлением при различном объемном содержании связующего: (а) - 30%, (б) - 40%, (в) - 50%.

В свою очередь, при движении фронта горения в порошковой смеси в присутствии инертной связки (Ni-Cr) с температурой плавления $T_{m,NiCr}$=1663K, которая ниже температуры плавления титана $T_{m,Ti}$=1958 K, перед фронтом горения порошковой композиции Ti-C-(Ni-Cr) первоначально возникает слой, в котором включения (Ni-Cr) претерпевают плавление в то время, как УДЧ титана остаются еще в твердом состоянии. Предварительная МА металлических компонентов существенно увеличивает смачиваемость твердых включений титана расплавом нихрома, что, наряду с объемным расширением включений нихрома при их плавлении, способствует дезинтеграции агломератов, состоящих из УДЧ титана, ускорению плавления последних и, как следствие, приводит к уменьшению раз-

меров включений TiC в металлокерамическом спеке. Кроме того, плавление УДЧ нихрома и титана (средний размер ~ 2 μm), окруженных прослойками из твердых частиц сажи (средний размер ~ 0.3 μm), приводит к их локальному уплотнению и увеличению площади контактной границы между частицами сажи и титана, что ускоряет реакцию синтеза. Однако недостаточное содержание металла-связки приводит к остаточной распределенной пористости в синтезированном металлокерамическом спеке, поскольку микропустоты, образовавшиеся из-за поглощения УДЧ сажи, плотность которой существенно меньше плотности карбида титана, не могут быть полностью заполнены металлом-связкой. При увеличении объемного содержания металла-связки до 30% пористость синтезированного спека, а, следовательно, и порошковых частиц, значительно падает, поскольку расплав (Ni-Cr) достаточно равномерно распределяется в поровом пространстве металлокерамики. При дальнейшем увеличении объемного содержания (Ni-Cr) связки до 40% отмеченная тенденция сохраняется: происходит дальнейшее уменьшение размера включений TiC, равномерно распределенных в (Ni-Cr) (рис. 2).

В то же время, СВ-синтез под давлением способствует большей дезинтеграции агломератов, состоящих из ультрадисперсных частиц титана, ускорению плавления последних и, как следствие, приводит к их дополнительному диспергированию в синтезированном металлокерамическом спеке (рис. 3).

Литература.

1. O.P. Solonenko, A.E. Chesnokov, and A.V. Smirnov, Production and plasma spraying of cermet powders TiC-NiCr with given volume content of carbide ultra-fine inclusions// Proc. of ITSC'2014, 21-23 May 2014, Barcelona, Spain. - P. 373-378.
2. O.P. Solonenko, V.E. Ovcharenko, Yu.F. Ivanov, and A.A. Golovin, Plasma-sprayed metal-ceramic coatings and modification of their structure with pulsed electron-beam irradiation, Journal of Thermal Spray Technology, 2011, Vol. 20, Issue 4. - P. 927-938.
3. Патент на полезную модель № RU 33037 U1 от 11.03.2003. Планетарная шаровая мельница. Автор: Леуткин Аркадий Алексеевич. Патентообладатель: Закрытое акционерное общество "Активатор".
4. А.Г. Мержанов, Твердопламенное горение, Черноголовка, ИСМАН, 2000. - 224 с.

МОДИФИЦИРОВАНИЕ ЗЕРЕННОЙ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ ИНТЕРМЕТАЛЛИЧЕСКОГО СОЕДИНЕНИЯ Ni_3Al НАНОЧАСТИЦАМИ ТУГОПЛАВКОГО ХИМИЧЕСКОГО СОЕДИНЕНИЯ

****В.Е. Овчаренко, д.т.н., профессор, Лю Гуансюнь***, д.т.н., Е.Н. Боянгин*, к.т.н., н.с.*
**Институт физики прочности и материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук, 634021, Томск, пр. Академический, 2/4*
***Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 634050, Томск, пр. Ленина, 30*
****Пекинский институт авиационных материалов, Пекин, КНР*
E-mail: ove45@mail.ru

1. Введение

Со времени создания в середине прошлого века в Англии жаропрочного интерметаллического сплава нимоник во всех странах мира наблюдается постоянно растущее внимание к разработкам новых методов повышения физических и прочностных свойств интерметаллических сплавов на основе алюминида никеля Ni_3Al [1-5]. Основное внимание уделяется методам комплексного легирования, направленной кристаллизации, получения изделий из монокристаллов [6-9]. При этом сохраняется необходимость разработки новых подходов к получению интерметаллических сплавов нового поколения для авиационного и ракетного двигателестроения, энергетики больших мощностей, химической промышленности, отличающихся более высокими физическими и прочностными свойствами.

Известно, что физические и прочностные свойства интерметаллических сплавов в значительной мере зависят от структурно-фазового состояния их зеренной структуры – измельчение зеренной структуры повышает предел текучести сплавов, предел их прочности и величину деформации до разрушения [10]. Принимая во внимание, что известные методы измельчения зеренной структуры интерметаллических сплавов методами комплексного легирования и термической обработки к настоящему времени практически исчерпали свои потенциальные возможности, в настоящей работе приведены результаты исследования влияния на размерность зеренной структуры, физические и прочностные свойства интерметаллического соединения Ni_3Al наноразмерных частиц тугоплавкого химического соединения нитрида TiN, как потенциальных стопоров роста отдель-

ных зерен при формировании зеренной структуры интерметаллида на стадии его кристаллизации из расплава [11,12].

2. Материалы и методики экспериментальных исследований

Образцы интерметаллического соединения были получены методом высокотемпературного синтеза в порошковой смеси никеля (ПНК, ~2,0 μm) с алюминием (АСД, ~1,0 μm) стехиометрического состава в режиме теплового взрыва смеси под давлением. Наноразмерные частицы нитрида титана (рис. 1) в количестве 0,3; 0,5 и 0,7 мас.% добавляли в исходную порошковую смесь никеля с алюминием на стадии смешения порошков. Рентгенофазовый анализ синтезированных образцов интерметаллида был проведен в излучении Cu Kα при 40 кВ и 40 мА. Зеренную структуру интерметаллических сплавов исследовали методами оптической металлографии (Neophot 32) и сканирующей электронной микроскопии (SEM-515 Philips с энергодисперсионным анализатором элементного состава EDAX ECON IV) после ионного травления металлографических шлифов. Исследование прочности образцов на растяжение проводили на машине «INSTRON» со скоростью растяжения 0,2 мм/мин.

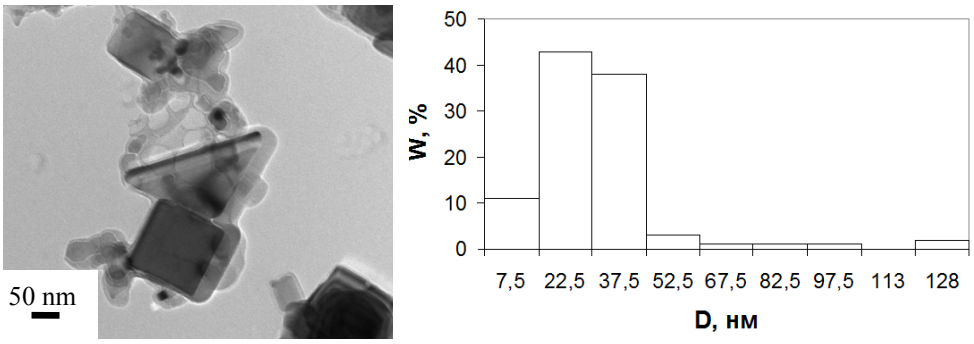


Рис. 1. Общий вид и распределение по размерам наночастиц TiN.

3. Результаты исследования и их обсуждение

На рис. 2 представлены зеренные структуры синтезированного под давлением интерметаллида Ni_3Al стехиометрического состава и интерметаллида Ni_3Al с добавками в исходную порошковую смесь различного количества наноразмерных частиц нитрида титана.

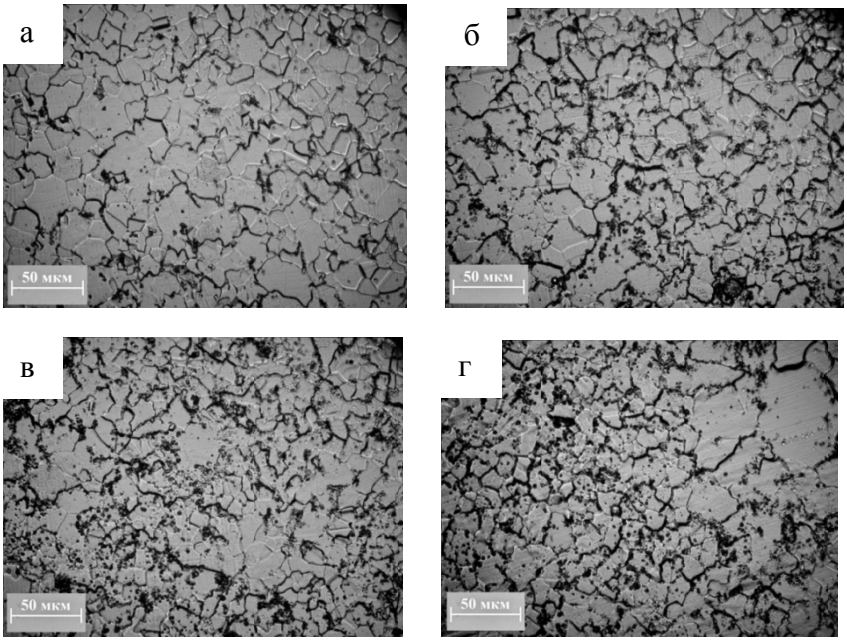


Рис. 2. Зеренные структуры синтезированного под давлением интерметаллического соединения Ni_3Al стехиометрического состава (а) и интерметаллического соединения Ni_3Al с добавками в исходную порошковую смесь никеля с алюминием различного количества наноразмерных частиц нитрида титана TiN: 0,3 мас.% (б), 0,5 мас.% (в), 0,7 мас.% (г)

Графическая зависимость среднего размера зерна в синтезированном интерметаллиде от содержания наночастиц нитрида титана представлена на рис. 3.

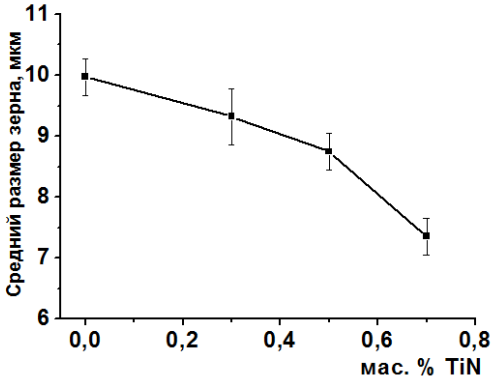


Рис. 3. Зависимость среднего размера зерна в синтезированном интерметаллиде Ni_3Al от содержания наноразмерных частиц TiN

Можно констатировать, что введение в исходную порошковую смесь никеля с алюминием наночастиц TiN приводит к измельчению зеренной структуры интерметаллида и тем в большей степени, чем выше содержание наночастиц в порошковой смеси.

Исследование тонкой структуры рельефа поверхности образцов интерметаллида после ионного травления показало, что наноразмерные частицы нитрида титана преимущественно распределены по границам зерен. На рис. 4 а,б представлены микрофотографии поверхности зерна и энергетические спектры элементного состава тела зерна и наноразмерной частицы на границе зерна.

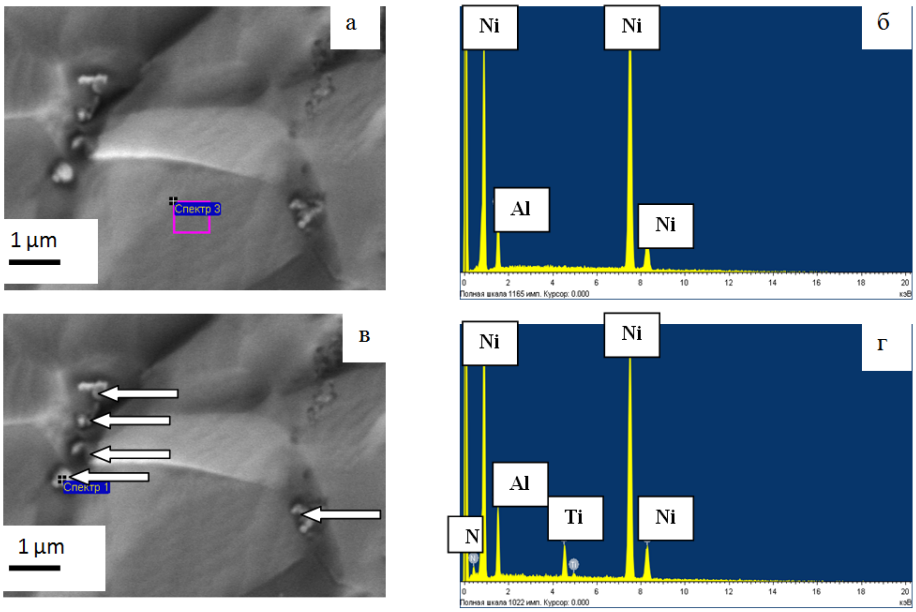


Рис. 4. Поверхность синтезированного под давлением интерметаллида Ni_3Al с добавкой 0,5 мас.% наноразмерных частиц TiN (показаны стрелками) (а,в) и энергетические спектры элементного состава тела зерна (б) и наноразмерной частицы на границе зерна (г)

На границах зерен синтезированного интерметаллида хорошо видны наноразмерные частицы, энергетический спектр которых показывает, что они содержат азот и титан (рис. 4, в,г).

В соответствии с изменением размерности зеренной структуры интерметаллического соединения при введении в исходную порошковую смесь наноразмерных частиц нитрида титана происходит и изменение его физических свойств – износостойкости и величины коэффициента трения, основных

показателей для оценки эффективности материалов в качестве пар трения для эксплуатации при повышенных температурах и нагрузках.

Исследования температурных зависимостей износостойкости были основаны на анализе треков резания по поверхности интерметаллических образцов контртелом из твердого сплава. На рис. 5 представлены общий вид трека резания по поверхности интерметаллического образца (а) и профиль канавки резания (б), позволяющий определить глубину резания, площадь поперечного сечения канавки резания и интенсивность интрузии материала испытуемого образца из канавки резания, как параметров износостойкости испытуемых материалов.

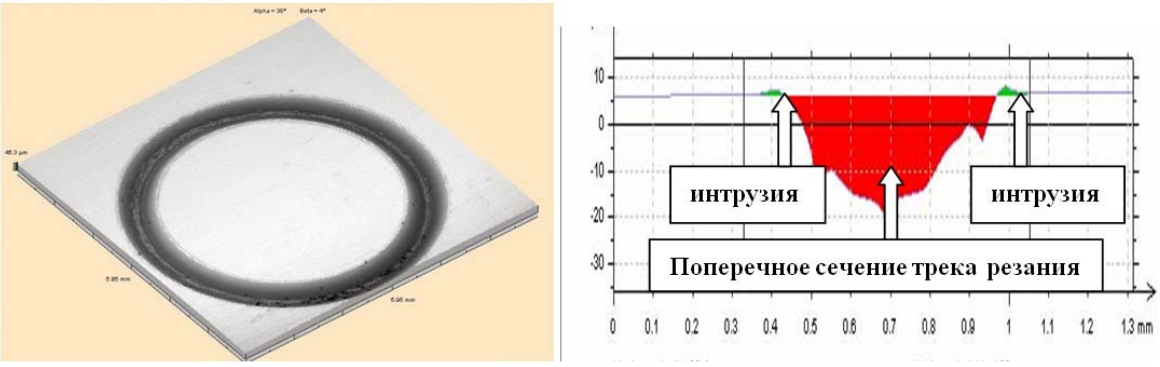


Рис. 5. Общий вид трека резания образца синтезированного интерметаллида контртелом из твердого сплава (а) и профиль поперечного сечения канавки резания (б)

На рис. 6 представлены зависимости величины площади поперечного сечения канавки резания от содержания в образцах интерметаллида наночастиц TiN при температурах 20, 200, 400 и 600 ^{o}C (а), температурные зависимости величины площади поперечного сечения канавок резания при различном содержании в образцах интерметаллида наночастиц TiN (б) и температурные зависимости интенсивности интрузии (по высоте выхода материала образца из канавки резания) на образцах интерметаллида с различным содержанием наноразмерных частиц TiN (в).

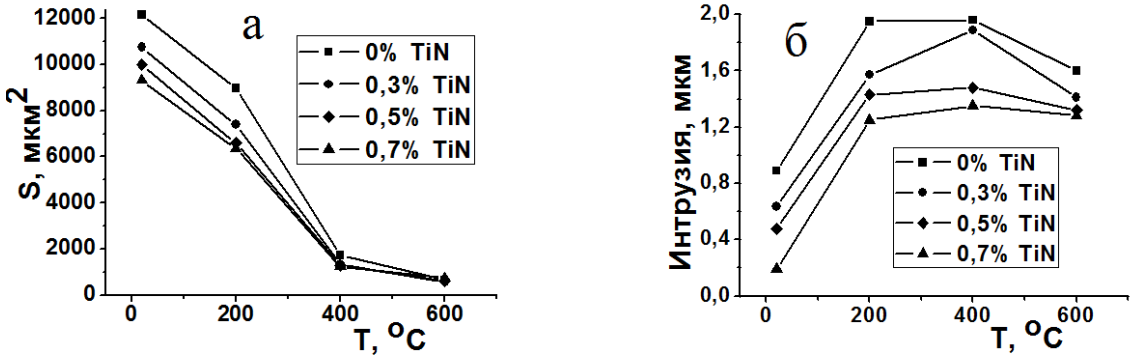


Рис. 6. Зависимости величины площади поперечного сечения канавки резания от содержания в образцах интерметаллида наночастиц TiN при температурах 20, 200, 400 и 600 ^{o}C (а), температурные зависимости величины площади поперечного сечения канавок резания при различном содержании в образцах интерметаллида наночастиц TiN (б) и температурные зависимости интенсивности интрузии на образцах интерметаллида с различным содержанием наноразмерных частиц TiN (в)

Представленные на рис. 6а данные позволяют констатировать, что введение в интерметаллид наночастиц TiN в значительной степени влияет на его износостойкость - с повышением содержания наночастиц TiN повышается износостойкость интерметаллида практически во всем исследованном интервале температур. Неотъемлемой частью понятия износостойкости является проявление эффекта интрузии материала из зоны его силового взаимодействия с высокотвердым контртелом (рис. 6б). Количество материала, вышедшее на поверхность выше нулевой отметки поверхности исследуемого

образца с контртелом, отражает устойчивость материала к внешнему силовому воздействию в условиях трения в высоконагруженных механических системах. Из рис. 6б следует, что введение в интерметаллид наночастиц TiN снижает интенсивность интрузии материала во всем исследованном температурном интервале и тем в большей степени, чем выше содержание наночастиц в интерметаллиде.

Представленные температурные зависимости устойчивости интерметаллического соединения Ni_3Al к внешнему механическому воздействию от содержания в его структуре микроколичеств наночастиц нитрида титана коррелируют с температурными зависимостями другого определяющего технический уровень трибосистем параметра – величины коэффициента трения по внешней поверхности материала. На рис. 7 представлены температурные зависимости величины коэффициента трения по внешней поверхности интерметаллических образцов от содержания в образцах наночастиц TiN.

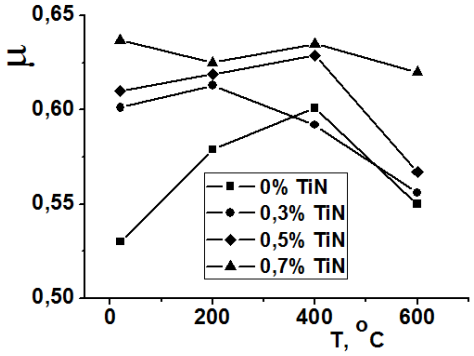


Рис. 7. Температурные зависимости величины коэффициента трения по внешней поверхности образцов интерметаллического соединения Ni_3Al в зависимости от содержания в образцах наночастиц нитрида титана

Температурные зависимости величины коэффициента трения по внешней поверхности синтезированного интерметаллида при различном содержании в образцах интерметаллида наночастиц нитрида титана отражают две основные особенности. Во-первых, с введением наночастиц нитрида титана незначительно, но повышается величина коэффициента трения по внешней поверхности во всем исследованном температурном интервале. Во-вторых, с введением наночастиц нитрида титана стабилизируется и при содержании 0,7 мас.% TiN практически нивелируется температурная зависимость коэффициента трения. Последнее имеет принципиально важное значение, как показатель температурной стабильности трибологических свойств пар трения в высоконагруженных механических системах.

Повышение дисперсности зеренной структуры, износостойкости и снижение температурной зависимости величины коэффициента трения при введении в интерметаллическое соединение Ni_3Al наноразмерных частиц TiN адекватно соотносится с температурной зависимостью предела прочности интерметаллида на растяжение. На рис. 8 представлены температурные зависимости предела прочности синтезированных под давлением интерметаллического соединения Ni_3Al и интерметаллического соединения Ni_3Al с добавкой 0,5 мас.% наноразмерных частиц TiN.

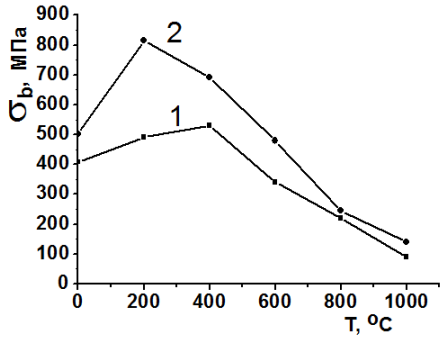


Рис. 8. Температурные зависимости предела прочности интерметаллического соединения Ni_3Al (1) и интерметаллического соединения Ni_3Al с добавкой 0,5 мас.% наночастиц TiN (2)

Добавка 0,5 мас.% наночастиц TiN приводит к повышению предела прочности интерметаллида во всем исследованном температурном интервале, вплоть до 1000 °C. Наибольшее повышение предела прочности наблюдается на первой стадии аномальной температурной зависимости – предел прочности при 200 °C повышается почти в два раза.

Заключение.

1. Введение в порошковую смесь никеля с алюминием стехиометрического состава наноразмерных частиц нитрида титана приводит к уменьшению среднего размера зерна в синтезированном под давлением алюминиде никеля Ni_3Al и тем в большей степени, чем выше содержание наночастиц в исходной порошковой смеси.

2. Модифицирующее влияние наночастиц нитрида титана на зеренную структуру синтезированного под давлением интерметаллида определяется преимущественным распределением наночастиц по границам зерен в процессе кристаллизации интерметаллического соединения.

3. Уменьшение среднего размера зерна повышает износостойкость и прочность интерметаллического соединения Ni_3Al в температурном интервале от 20 до 1000°C, что является принципиально важным для эксплуатации интерметаллического сплава в качестве составляющей пары трения в высоконагруженных механических системах.

Работа выполнена в рамках Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук РФ на 2013-2020 годы.

Литература

1. Суперсплавы II. Жаропрочные материалы для аэрокосмических и промышленных энергоустановок/Под ред. Симса Ч.Т., Столоффа Н.С., Хагеля К.К.: Пер. с англ. В 2-х книгах.-М.: Металлургия, 1995.
2. Мровец С., Вербер Т. Современные жаростойкие материалы: Справочник.-М.: Металлургия, 1986.-359 с.
3. Каблов Е.Н. Конструкционные материалы на основе интерметаллидов Ni и Ti для высокотемпературных деталей газотурбинных двигателей авиационного и энергетического применения // Перспективные материалы. 2007. № 1. С.77-83.
4. Поварова К.Б. Перспективы развития конструкционных сплавов на основе интерметаллидов // Перспективные материалы. 2007. № 5. С.481-489.
5. Структура и свойства интерметаллических материалов с нанофазным упрочнением. Колл. Авторов/Под научной редакцией Е.Н. Каблова и Ю.Р. Колобова.-М.: Издательский Дом МИСиС, 2008.-328с.
6. Сомов А.И., Тихоновский М.А. Эвтектические композиции.-М.: Металлургия.-1975.-304 с.
7. Монокристальные волокна и армированные ими материалы. Под ред. А.Т.Туманова. М.: Мир. 1973. 464 с.
8. Портной К.И., Бабич Б.Н., Светлов И.Л. Композиционные материалы на никелевой основе. М.: Металлургия. 1979. 264 с.
9. Гессингер Г.Х. Порошковая металлургия жаропрочных сплавов: Челябинск: Металлургия, Челябинское отделение. 1988. 320 с.
10. Кишкин С.Т., Строганов Г.Б., Логунов А.В. Литейные жаропрочные сплавы на никелевой основе. М.: Машиностроение .1987. 116 с.
11. Плазмохимический синтез ультрадисперсных порошков и их применение для модифицирования металлов и сплавов / Сабуров В.П., Черепанов А.Н., Жуков М.Ф., Галевский Г.В., Крушенко Г.Г., Борисов В.Т. Новосибирск: Наука. 1996. 312 с.
12. Модифицирование сталей и сплавов дисперсными инокуляторами / Сабуров В.П., Еремин Е.Н., Черепанов А.Н., Миннеханов Г.Н. Омск: изд-во ОмГТУ. 2002, 212 с.

ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ СХЕМЫ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ОТВЕРСТИЙ НА КОМПЬЮТЕРИЗИРОВАННОМ ОБОРУДОВАНИИ

С.П. Пестов, к.т.н., доц., С.Н. Юдин, инж.
Филиал ФГБОУ ВПО «ЮУрГУ» (НИУ) в г. Усть-Катаве
456043, г. Усть-Катав, ул. Центральная, 38, тел. (35167)-2-64-04
E-mail: yudinsn@susu.ac.ru

При обработке деталей на компьютеризированном оборудовании, в частности на станках с устройствами ЧПУ, необходимо выделять этап настройки оборудования и этап формообразования, рассматривая их с учётом специфики обеспечения точности обработки поверхностей деталей на этих этапах [1]. Проанализируем наиболее трудоемкие операции обработки поверхностей отверстий на таком оборудовании.

Этап настройки оборудования с устройствами ЧПУ определяет в основном точность расположения осей отверстий [2]. При этом точность расположения осей отверстий на этапе настройки достаточно высока и сопоставима в отдельных случаях с точностью позиционирования подвижных узлов станка с ЧПУ в заданные координаты. Однако, при дальнейшей обработке на этапе формообразования отверстий возникают значительные трудности в обеспечении точности обработки, особенно по расположению оси при выполнении получистовых и чистовых переходов концевыми мерными инструментами типа многолезвийных зенкеров, разверток и т.п. Для повышения точности обработки поверхностей отверстий на универсальном оборудовании и автоматических линиях широко применяются направляющие элементы типа кондукторных плит, втулок и т.п. На оборудовании с устройствами ЧПУ такие элементы практически не используются, что связано с необходимостью быстрой переналадки элементов технологической системы для направления. Таким образом, для повышения точности обработки отверстий на компьютеризованном оборудовании необходимо разработать быстропереналаживаемые элементы технологической системы для направления инструмента.

Для решения этой задачи разработаны принципиальные схемы элементов технологической системы для переднего и заднего направления режущего инструмента с учётом требований переналадки (рис. 1). Схемы с передним направлением инструмента показаны на рис. 1,а,б; а схема с задним направлением — на рис. 1,в.

На схеме с передним направлением (см. рис. 1,а) устройство с направляющим элементом I расположено всегда соосно режущему инструменту II. После позиционирования детали в направлении III, центровое отверстие режущего инструмента при его осевом перемещении стыкуется с конической поверхностью направляющего элемента I. Аналогично рассмотренной работает и схема, приведенная на рис. 1,б, однако, направляющие элементы I в этой схеме необходимо предварительно настроить в размеры, координирующие оси отверстий. Две выше приведенные принципиальные схемы предусматривают использование стандартных режущих инструментов, в том числе, многолезвийных зенкеров и разверток.

На принципиальной схеме с задним направлением (см. рис. 1,в) в качестве направляющего элемента используется кондукторная втулка I, установленная в кондукторной насадке III. Режущий инструмент II направляется кондукторной втулкой при его осевом перемещении. При установке кондукторных втулок в кондукторной плите принципиальная схема с задним направлением будет аналогична схеме, приведенной на рис. 1,б.

Использование разработанных принципиальных схем позволит более эффективно подойти к вопросам проектирования конструкций элементов технологической системы, учитывая специфику обеспечения точности на этапе формообразования отверстий концевыми мерными инструментами на оборудовании сверлильно-фрезерно-расточной группы с устройствами ЧПУ. Рассмотренный подход к проектированию элементов технологической системы для обработки отверстий на станках с ЧПУ был частично реализован в работе [3], где представлены разработанные трёхмерные твердотельные модели устройства для переднего направления и кондукторной оправки для заднего направления концевых мерных инструментов.

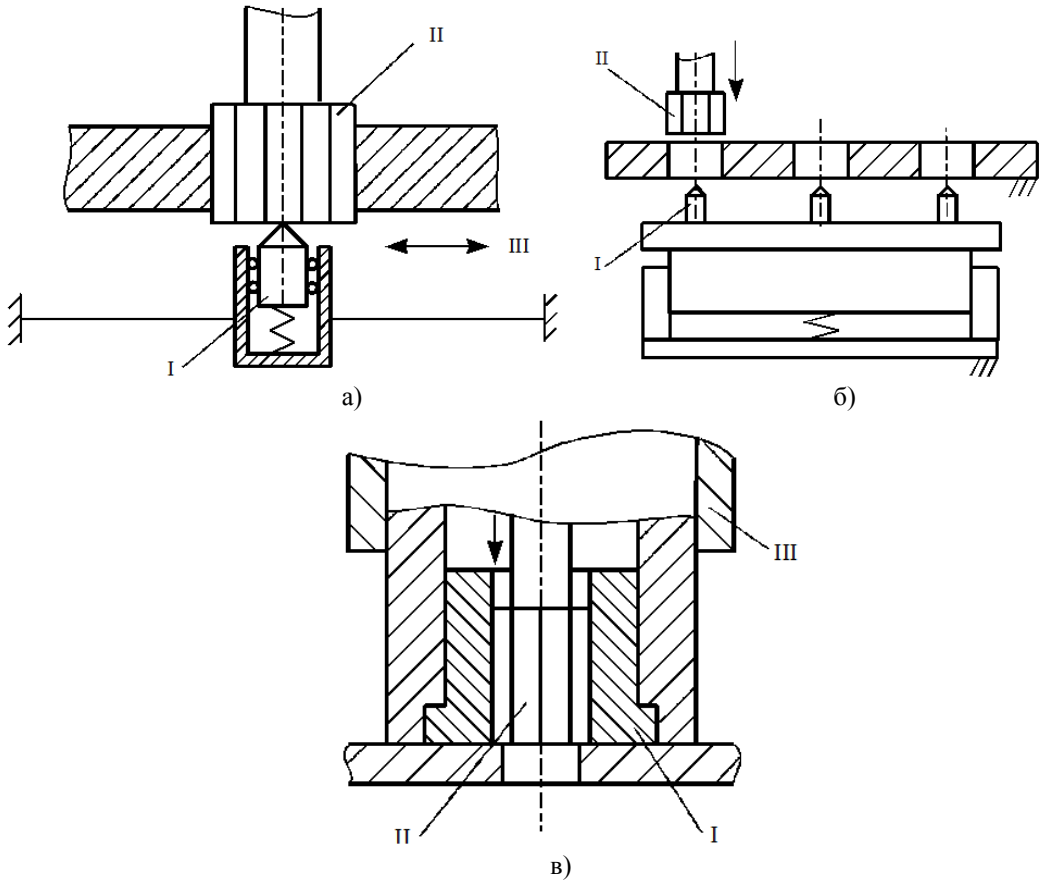


Рис. 1. Принципиальные схемы элементов технологической системы для этапа формообразования: а, б – с передним направлением; в – с задним направлением

Литература
1. Пестов, С.П. Стратегии обеспечения точности при обработке отверстий / С.П. Пестов, П.Г. Мазеин // Вестник машиностроения. – 2007. - №4. С. 31 – 34.
2. Пестов, С.П. Точность настройки станков с ЧПУ на обработку отверстий / С.П. Пестов, П.Г. Мазеин // СТИН. – 2006. - №11. С. 5 – 9.
3. Пестов, С.П. Разработка элементов технологической системы для обработки отверстий развертыванием на станках с ЧПУ / С.П. Пестов, С.Н. Юдин. // Автоматизация и и информатизация в мащиностроении: тематический сб. науч. тр. №5. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2013. – С. 114–117.

К ПРОБЛЕМЕ ОТСЛАИВАНИЯ ИЗНОСОСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ ИНСТРУМЕНТОВ И ДЕТАЛЕЙ МАШИН

С.И. Петрушин, д.т.н., проф., Р.Х. Губайдулина, к.т.н., доц., А.А. Галеева, студент
Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского Томского политехнического университета
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел. (8384-51)6-22-48
E-mail: victory_28@mail.ru

ВВЕДЕНИЕ

Износостойкие покрытия, наносимые на поверхности инструментальных и конструкционных материалов, широко применяются в машиностроении с целью повышения долговечности трущегося поверхностного слоя при одновременном сохранении прочностных характеристик изделия. Так, например, ведущие инструментальные фирмы [1, 2] наносят на поверхность режущих лезвий из быстрорежущих сталей и твердых сплавов различные комбинации из тонких слоев карбидов и нитридов тугоплавких материалов и окиси алюминия (TiC, TiN, Al_2O_3 и др.). При этом общая толщина покрытия не превышает 10 – 20 мкм. В случае превышения данной величины покрытие становится хрупким и может отслоиться как при воздействии рабочих нагрузок, так и в процессе нанесения слоев [3]. Подобное явление может возникать также при наплавке, напылении, хромировании, никелировании и ряде других процессов, где имеется четкая граница между слоями (отсутствует значительная диффузионная зона). При отслаивании появляются межслойные трещины на границе раздела покрытия и основного материала (подложки). Рассмотрим общий подход к решению задачи трещиностойкости покрытия на основе анализа термических остаточных напряжений (ТОН), изложенного в работах [4,5].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

1. РАСЧЕТ ТЕРМИЧЕСКИХ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В СЛОИСТЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛАХ

Изделие с покрытой поверхностью представляет собой двухслойный композиционный материал (КМ), в котором верхний слой имеет сравнительно малую величину по сравнению с подложкой. Прочность многослойных композиционных материалов определяется не только пределами прочности материалов слоев, но и межслойной прочностью. Часто именно прочность границы между двумя смежными слоями является лимитирующей с точки зрения обеспечения сплошности композита. Обусловлено это тем, что изготовление композиционных материалов сопровождается нагревом изделия до значительной температуры (T_H). После спекания, наплавки, нанесения покрытия, послойного синтеза и т.п. происходит охлаждение композита до температуры окружающей среды (T_O). В связи с различием в значениях коэффициента линейного расширения (КЛР) между двумя смежными слоями на их границе возникают термические остаточные напряжения. В случае превышения ими предела прочности материала какого-либо слоя возникают холодные межслойные трещины, и композиционный материал становится непригодным для работы в данном изделии.

Когда величина термических остаточных напряжений меньше пределов прочности материалов слоев, обеспечивается монолитность композиционного материала. Однако их наличие может снизить прочностные характеристики изделия. Слой материала с большим коэффициентом линейного расширения при охлаждении стремится сократить свои размеры больше, чем слой с меньшим коэффициентом линейного расширения. В результате первый слой будет растянут вторым, а второй будет сжат первым. В материале с большим коэффициентом линейного расширения возникнут растяги-

вающие термические остаточные напряжения, а в материале с меньшим коэффициента линейного расширения – сжимающие термические остаточные напряжения [4].

Рассмотрим двухслойный композиционный материал, синтезированный при разнице температур $\Delta T = T_И - T_O$ и нагруженный только термически остаточными напряжениями (рис. 1). Материал 1 имеет коэффициент линейного расширения α_1, модуль упругости E_1 и коэффициент Пуассона μ_1, а материал 2 имеет значения: α_2, E_2 и μ_2. Рассмотрим вначале случай, когда $\alpha_1 \succ \alpha_2$. Так как толщина единичного слоя в композиционном изделии как правило, значительно меньше его длины и ширины, то в нем при охлаждении будет реализовано плоское напряженное состояние, для которого закон Гука имеет вид [6]:

для слоя 1 (растяжение) - $\sigma = \dfrac{\varepsilon E_1}{1-\mu_1}$; (1)

для слоя 2 (сжатие) - $\sigma = \varepsilon E_2 (1-\mu_2)$. (2)

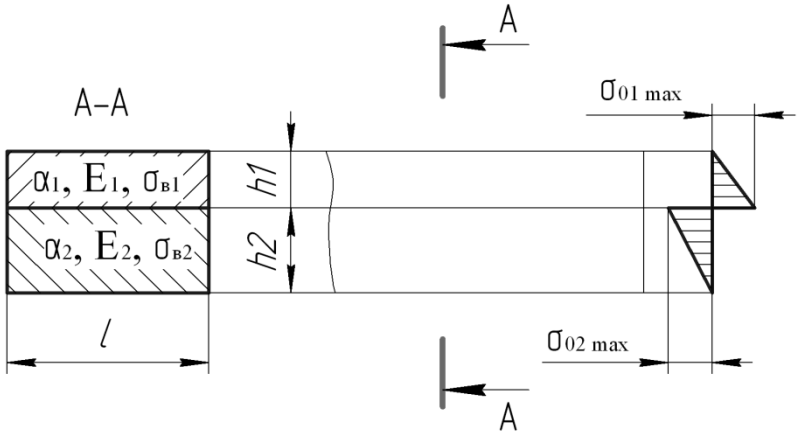


Рис. 1. Схема двухслойного композиционного материала, нагруженного только термическими остаточными напряжениями ($\alpha_1 \succ \alpha_2$).

При отсутствии внешних нагрузок максимальные значения термически остаточных напряжений $\sigma_O^{\max}$ будут находиться на границе раздела слоев. На верхней поверхности слоя 1 и нижней поверхности слоя 2 термически остаточные напряжения равны нулю, а внутри слоев они распределяются линейно (см. рис. 1). Если обозначить через $F_1 = bh_1$ площадь поперечного сечения слоя 1, а через $F_2 = bh_2$ – слоя 2, где b – ширина слоев, h_1 и h_2 – их толщины, то имеем условие равновесия сил при сплошности композиционного материала на границе:

$$\frac{1}{2}\sigma_{O1}^{\max} bh_1 = \frac{1}{2}\sigma_{O2}^{\max} bh_2 .$$

Отсюда

$$\sigma_{O2}^{\max} = \sigma_{O1}^{\max} \frac{h_1}{h_2} . \quad (3)$$

Отсутствие термических трещин на межслойной границе композиционного материала должно обеспечиваться условием равенства деформаций [6]. Деформация в слое 1 от термического охлаждения $\varepsilon = \alpha \Delta T$ направлена в противоположную сторону по отношению к остаточной деформации от термически остаточных напряжений, а в слое 2 эти деформации складываются. Отсюда с учетом выражений (1) и (2) имеем:

$$\alpha_1 \Delta T - \frac{\sigma_{O1}^{\max}(1-\mu_1)}{E_1} = \alpha_2 \Delta T + \frac{\sigma_{O2}^{\max}}{E_2(1-\mu_2)} . \quad (4)$$

Для рассматриваемого случая ($\alpha_1 \succ \alpha_2$) большую опасность с точки зрения появления межслойных трещин в композиционном материале представляет максимальное растягивающее напряжение в слое 1. Его величина определится из (4) и (3) следующим образом:

$$\sigma_{O1}^{\max} = \frac{\Delta T(\alpha_1 - \alpha_2)}{\dfrac{1-\mu_1}{E_1} + \dfrac{1}{E_2(1-\mu_2)}\dfrac{h_1}{h_2}}. \qquad (5)$$

Обозначим далее предел прочности на растяжение материала слоя 1 через σ_{b1}, а через $k \succ 1$ – коэффициент запаса, учитывающий отклонение фактических физико-механических характеристик материалов слоев расчетных ($k_{\min} \approx 1{,}5$). Тогда условие трещиностойкости двухслойного композиционного материала (см. рис.1), остывшего на разницу температур ΔT и пока не нагруженного рабочими тепловыми и силовыми нагрузками, принимает следующий вид:

$$\frac{\sigma_{b1}}{k} \geq \frac{\Delta T(\alpha_1 - \alpha_2)}{\dfrac{1-\mu_1}{E_1} + \dfrac{1}{E_2(1-\mu_2)}\dfrac{h_1}{h_2}}. \qquad (6)$$

Важно отметить, что условие (6) позволяет перейти к первому этапу проектирования слоистых композиционных материалов и композиционных материалов с покрытиями, связанных с обеспечением их сплошности при изготовлении. Для этого выразим из (6) отношение толщин слоев:

$$\frac{h_1}{h_2} \geq \left[E_1 \Delta T(\alpha_1 - \alpha_2)k - (1-\mu_1)\sigma_{b1}\right]\frac{E_2(1-\mu_2)}{E_1\sigma_{b1}}. \qquad (7)$$

Неравенство (7) задает границу для отношения толщин слоев в двухслойном композиционном материале, после перехода через которую в шве будут возникать межслойные термические трещины.

В случае, когда $\alpha_1 \prec \alpha_2$, для него аналогичным путем было получено следующее условие трещиностойкости:

$$\frac{h_1}{h_2} \leq \frac{\sigma_{b2}E_2}{\left[\Delta T(\alpha_2 - \alpha_1)kE_2 - (1-\mu_2)\sigma_{b2}\right]E_1(1-\mu_1)}, \qquad (8)$$

где σ_{b2} – предел прочности материала слоя 2.

При выводе неравенства (8) учитывалось то, что после охлаждения слой 1 будет сжат, а слой 2 – растянут.

2. ОТСЛАИВАНИЕ ПОСЛЕ НАНЕСЕНИЯ ПОКРЫТИЯ

На основе изложенного рассмотрим проблему отслаивания покрытий применительно к технологиям пайки и наплавки. Выражения (7) и (8) задают условия отсутствия отслаивания покрытия от подложки при отсутствии внешних нагрузок на композиционный материал. На рис. 2 представлен пример расчета границ трещиностойкости по (9) и (10) для двухслойного композиционного материала, состоящего из Стали 60 ($\sigma_b = 1500$ МПа; $\alpha = 11{,}5 \cdot 10^{-6}\, 1/^oC$; $\mu = 0{,}3$; $E = 218500$ МПа) и вольфрамокобальтового твердого сплава ВК8 ($\sigma_b = 1590$ МПа; $\alpha = 5{,}1 \cdot 10^{-6}\, 1/^oC$; $\mu = 0{,}23$; $E = 598400$ МПа). Из него следует, что отношение толщин слоев существенно зависит от рабочей температуры изготовления композиционного материала. Термические трещины будут полностью отсутствовать при нагреве не выше 500^oC, что соответствует, например, условиям низкотемпературной пайки мягкими припоями. При большей температуре процесса (пайка твердыми припоями, совместное спекание порошков, наплавка и др.) необходимо обязательно учитывать соотношение толщин слоев композиционного материала. Как следует из рис. 2, при $\alpha_1 \succ \alpha_2$ (покрытие сталью твердосплавной подложки) с увеличением рабочей температуры толщина верхнего слоя КМ должна возрастать прямо пропорционально, а при $\alpha_1 \prec \alpha_2$ (покрытие стали твердым сплавом) – уменьшаться по гиперболической зависимости.

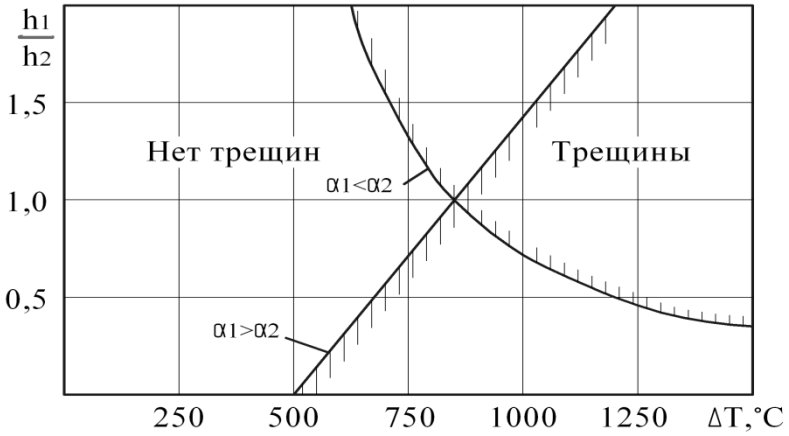


Рис. 2. Границы трещиностойкости для двухслойного композиционного материала

Таким образом, композиционные материалы с покрытиями могут до начала их эксплуатации иметь внутри своей структуры термические остаточные напряжения, величина которых зависит от рабочей температуры изготовления композиционного материала и от разницы в значениях коэффициента термического линейного расширения материалов слоев. Этот факт необходимо учитывать при проектировании изделий с покрытиями, так как эксплуатационные напряжения, алгебраически складываясь с термически остаточными напряжениями могут привести либо к отслаиванию покрытия, либо, наоборот, к повышению прочности его сцепления с подложкой.

Следует заметить, что после охлаждения двухслойного композиционного материала как в первом, та и во втором случае в стальном слое будут образовываться ТОН растяжения, а в слое твердого сплава – ТОН сжатия, то есть мы имеем предварительно напряженный композиционный материал.

До сих пор рассматривались слоистые композиты, в которых покрытие и подложка выполнены из одного и того же материала. Если при этом условия (7) и (8) дают неприемлемые для функционирования КМ значения отношения толщин, можно достичь цели проектирования путем введения между ними промежуточного слоя, состоящего из смеси исходных слоев (двухслойного покрытия). Наиболее просто можно изготовить такого рода КМ методами порошковой металлургии. Согласно правилу смесей [7], физико-механические характеристики промежуточного слоя определятся следующим образом:

- предел прочности

$$\sigma_{bc} = \sigma_{b1}\upsilon_1 + \sigma_{b2}\upsilon_2 = \sigma_{b2} - \upsilon_1(\sigma_{b2} - \sigma_{b1});$$

- коэффициент линейного расширения

$$\alpha_c = \alpha_1\upsilon_1 + \alpha_2\upsilon_2 = \alpha_2 - \upsilon_1(\alpha_2 - \alpha_1);$$

- коэффициент Пуассона

$$\mu_c = \mu_1\upsilon_1 + \mu_2\upsilon_2 = \mu_2 - \upsilon_1(\mu_2 - \mu_1);$$

- модуль упругости

$$E_c = E_1\upsilon_1 + E_2\upsilon_2 = E_2 + \upsilon_1(E_1 - E_2),$$

где $\upsilon_1 = V_1/V_c$ - объемная доля материала 1 в смеси;

$\upsilon_2 = V_2/V_c$ - объемная доля материала 2 в смеси, причем $\upsilon_1 + \upsilon_1 = 1$.

Подставим эти значения в критерий трещиностойкости (7). Тогда условие отсутствия холодных термических трещин между верхним слоем покрытия и смесью примет вид:

$$\frac{h_1}{h_c} \geq \left[E_1\Delta T(\alpha_1 - \alpha_c)k - (1-\mu_1)\sigma_{b1}\right]\frac{E_c(1-\mu_c)}{E_1\sigma_{bc}}. \quad (9)$$

То же самое, между смесью и материалом подложки:

$$\frac{h_c}{h_2} = \left[E_c\Delta T(\alpha_c - \alpha_2)k - (1-\mu_c)\sigma_{bc}\right]\frac{E_2(1-\mu_2)}{E_c\sigma_{bc}} \quad (10)$$

В случае изготовления градиентной композиции по схеме $\alpha_1 \prec \alpha_C \prec \alpha_2$ имеем аналогичные условия обеспечения трещиностойкости, полученные на основе выражения (8):

$$\frac{h_1}{h_c} \le \frac{\sigma_{bc} E_c}{\left[\Delta T(\alpha_c - \alpha_1) k E_c - (1-\mu_c)\sigma_{bc}\right] E_1 (1-\mu_1)}; \tag{11}$$

$$\frac{h_c}{h_2} \le \frac{\sigma_{b2} E_2}{\left[\Delta T(\alpha_2 - \alpha_c) k E_2 - (1-\mu_2)\sigma_{b2}\right] E_c (1-\mu_c)}. \tag{12}$$

Таким образом, варьируя объемными долями смежных материалов в смеси, с помощью выражений (9) – (12) можно добиться монолитности градиентного КМ с промежуточными слоями многослойного покрытия.

3. ОТСЛАИВАНИЕ ПРИ РАБОЧИХ НАГРУЗКАХ

Если изделие с покрытием работает в условиях термических рабочих нагрузок, подбор соотношения толщин покрытия и подложки можно проводить на основе формул (7) и (8), в которых ΔT представляет собой разницу между температурой синтеза покрытия и рабочей температурой. В случае силовой нагрузки покрытия, например, силами трения, необходимо решать задачи сопротивления материалов в зависимости от схемы нагружения.

Рассмотрим двухслойный композит прямоугольного сечения шириной b, синтезированный при разнице температур $\Delta T = T_H - T_O$ и нагруженный как растягивающей силой P, так и ТОН. Верхний материал толщиной h_1 имеет КЛР α_1, модуль упругости E_1 и коэффициент Пуассона μ_1, а нижний материал толщиной h_2 – α_2, E_2 и μ_2, причем $\alpha_1 \prec \alpha_2$. В результате действия силы P в брусе возникнут напряжения растяжения

$$\sigma_p = \frac{P}{(h_1 + h_2)\cdot b} \tag{13}$$

Для нашего случая формула (7) позволяет рассчитать максимальную величину ТОН на верхней границе нижнего слоя, а формула (8) – на нижней границе верхнего слоя двухслойного композита. Если к этим остаточным напряжениям добавить рабочие растягивающие нагрузки согласно (13), то суммарные напряжения на границе раздела слоев будут равны:

для слоя 1 – $$\sigma_{\Sigma 1} = \frac{\Delta T(\alpha_1 - \alpha_2)}{\dfrac{1}{E_1(1-\mu_1)} - \dfrac{1-\mu_2}{E_2}\cdot\dfrac{h_1}{h_2}} + \frac{P}{(h_1+h_2)\cdot b}; \tag{14}$$

для слоя 2 – $$\sigma_{\Sigma 2} = \frac{\Delta T(\alpha_2 - \alpha_1)}{\dfrac{1-\mu_2}{E_2} - \dfrac{1}{E_1(1-\mu_1)}\cdot\dfrac{h_2}{h_1}} + \frac{P}{(h_1+h_2)\cdot b}. \tag{15}$$

В формуле (14) первое слагаемое будет отрицательным ($\alpha_1 \prec \alpha_2$), в (15) – положительным. Таким образом, сжимающие ТОН в покрытии при силовой нагрузке будут компенсироваться напряжениями растяжения от внешней силы. Наоборот, в слое 2 (подложке) эти напряжения будут складываться, что вероятнее всего приведет к возникновению трещины на границе раздела слоев. Тогда условие трещиностойкости двухслойного КМ с покрытием, остывшего на разницу температур ΔT и нагруженного растягивающей силой P, примет следующий вид:

$$\frac{\sigma_{b2}}{k} \ge \frac{\Delta T(\alpha_2 - \alpha_1)}{\dfrac{1-\mu_2}{E_2} - \dfrac{1}{E_1(1-\mu_1)}\cdot\dfrac{h_2}{h_1}} + \frac{P}{(h_1+h_2)\cdot b}. \tag{16}$$

В случае сжатия композиционного материала с покрытием критическим становится выражение (14), на основе которого можно вывести условие трещиностойкости, аналогичное неравенству (16).

ВЫВОДЫ

1. При проектирование изделий с износостойкими покрытиями необходимо учитывать вероятность появления отслаивания покрытия, причиной которого являются термические остаточные напряжения, возникающие между покрытием и подложкой при технологическом нагреве при нанесении покрытия и последующим охлаждением полученного композита.
2. Для покрытий, имеющих четкую границе раздела с изделием, термические остаточные напряжения зависят от физико-механических характеристик материалов покрытия и подложки (коэффициент линейного расширения, модуль упругости, коэффициент Пуассона, пределов прочности), температуры нагрева изделия при синтезе покрытия и соотношения толщин материалов.
3. Полученные условия отсутствия трещин позволяют на стадии проектирование композиционных материалов с покрытием согласовать толщину покрытия и технологию его нанесения.
4. Решена задача расчета трещиностройкости слоистых композиционных материалов при нагружении их тепловыми и силовыми рабочими нагрузками, решение которой зависит от вида нагружения изделия с покрытием (растяжение, сжатие, изгиб и т.п.).

Литература.

1. Л.Н. Тялина, Новые композиционные материалы: учебное пособие / Л.Н. Тялина, А.М. Минаев, В.А. Пручкин. – Тамбов: Изд-во ГОУ ВПО ТГТУ, 2011. – 80с.
2. В.М. Бузник, Металлополимерные композиты (получение, свойства, применение)/ В.М. Бузник, В.М. Фомин, А.П. Алхимов и др.– Новосибирск: изд-во СО РАН, 2005. – 260 с.
3. Верещака А. С. Работоспособность режущего инструмента с износостойкими покрытиями. - М.: Машиностроение, 1993. – 336 с.
4. Петрушин С. И., Сапрыкин А. А., Дуреев В. В. Проектирование и производство изделий из инструментальных композиционных материалов. – Томск: Изд-во ТПУ, 2014. – 205 с.
5. Petrushin S. I. Calculation of residual stresses in multilayer composite materials. // Applied Mechanics and Materials. vol. 379 (2013). pp. 95-100.
6. Машиностроение. Энциклопедический справочник. Т. 1, Кн. 2. Инженерные расчеты в машиностроении. – М.: Машгиз, 1948. – 457 с.
7. Баженов С. Л., Берлин А. А., Кульков А. А., Ошмян В. Г. Полимерные композиционные материалы. – Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2010. – 352 с.

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ В ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМ ПОЛЕ

А.П. Родзевич, к.ф.-м.н., доц., Л.В. Кузьмина, д.ф.-м.н., проф., Е.Г. Газенаур*, к.ф.-м.н., доц., В.И. Крашенинин*, д.ф.-м.н., проф.*
Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского Томского политехнического университета
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел. (38451)77761
**Кемеровский государственный университет*
650043, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел. (3842)580605
*E-mail: nimez@tpu.ru, specproc@kemsu.ru**

В последние годы не ослабевает интерес к проблемам управления физико-химическими свойствами материалов посредством различных обработок, оказывающих воздействие на их дефектную структуру. Что касается полупроводниковых и энергетическим материалам, то это связано с возможностью интенсификации химических процессов, а также улучшения некоторых эксплуатационных свойств – например стабильности и реакционной способности. В настоящей работе представлены результаты исследования влияния комплексного воздействия механического напряжения и электромагнитного поля на дефектную структуру энергетических материалов.

В качестве объекта исследования выбран типичный представитель энергетических материалов – азид серебра, который является модельным объектом в химии твердого тела. В азиде серебра достаточно хорошо изучена дефектная структура. Азид серебра дефектен по Френкелю с преимущественно подвижными междоузельными катионами серебра (Ag^+). Поверхность кристаллов азида серебра заряжена положительно, а приповерхностная область обогащена отрицательно заряженными катионными вакансиями (V_k^-). Известен качественный и количественный состав примесей положи-

тельных ионов металлов: Cu^{2+}, Fe^{3+}, Al^{3+}, Bi^{3+}, Pb^{2+}, Ca^{2+}, Si^{4+}, Ti^{2+}, Mg^{2+} с концентрацией $3\cdot10^{-5}\div10^{-4}$ мольных процентов; краевые дислокации имеют электрический заряд ($\sim10^{-16}$ Кл) и магнитный момент (5×10^{-21} А·м^2) [1-3].

Существует представление о том, что реакция разложения в анионной подрешетке азида серебра происходит при локализации двух дырок на катионной вакансии. В свою очередь, концентрация анионных и катионных вакансий определяется концентрацией примеси в азиде серебра и должна определяться концентрацией двухзарядных катионов.

Таким образом, можно ожидать интенсификацию механического воздействия при одновременном действии электромагнитного поля на дефектную структуру, которая в азиде серебра оказывает существенное влияние на физические и химические свойства данного материала. Особенно следует отметить роль дефектов в образовании реакционных областей в кристаллах [3].

Объектами настоящего исследования являются нитевидные кристаллы азида серебра (AgN_3), выращенные по известной методике Ф.И. Иванова и имеющие средние размеры $10\times0.1\times0.03$ мм^3 [4].

Для приготовления образцов отбирали оптически прозрачные кристаллы, имеющие совершенную огранку, как показано на рисунке 1.

Для проведения экспериментов готовили образцы в планарном варианте геометрии, которая позволяет фиксировать выделяющийся при разложении газообразный продукт и проводить наблюдения за топографией его распределения. На предварительно обезжиренную этиловым спиртом слюдяную подложку кристаллы наклеивали за оба конца клеем БФ–6.

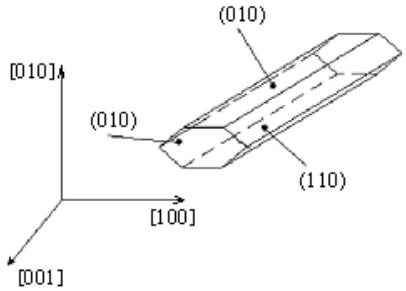


Рис. 1. Индексы граней и направления в нитевидном кристалле азида серебра

Механическое напряжение в образцах создавалось путём одноосного сжатия вдоль оси [010] в специальной ячейке, изготовленной из оргстекла (Рис. 2.а). Нагружение образцов в магнитном и электрическом поле осуществлялось в ячейке, изготовленной из немагнитного материала, в режиме одноосного сжатия под действием постоянного напряжения (Рис. 2.в).

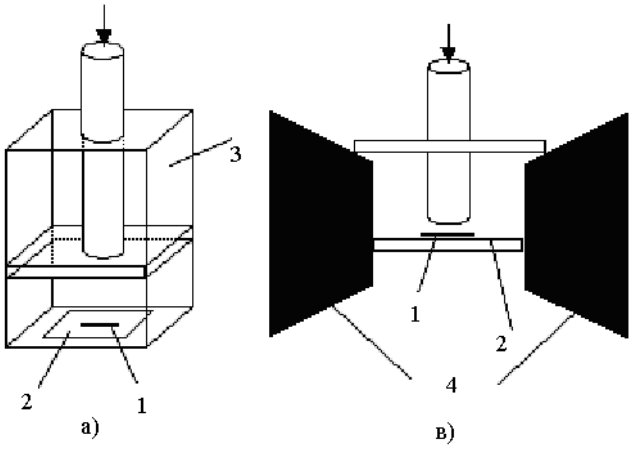


Рис. 2. Схема проведения экспериментов: а – механическое нагружение образцов; б – механическое нагружение образцов в постоянном магнитном либо электрическом полях: 1 – кристалл; 2 – слюдяная подложка; 3 – ячейка из оргстекла; 4 – полюса электромагнита либо электроды из материала меди

Также для обеспечения изгибного деформирования образца в межэлектродное пространство выставляли стержень с конусной заточкой основания, выполненный из диэлектрического материала.

Локальное давление в обоих случаях изменяли в диапазоне от $5\cdot10^5$ Н/м^2 до $5\cdot10^7$ Н/м^2. Напряжение на электроды подавали от источника постоянного тока (Б5-44, Б 5-50). Расстояние между электродами и кристаллом было минимальным и составляло не более 50 мкм (при такой толщине воздушного промежутка внешнее напряжение полностью падает на кристалле). Напряженность бесконтактного электрического поля составляла 10÷40 В/м, контактного электрического поля – 30 кВ/м (в качестве контактов использовали галлий).

Магнитное поле создавали с помощью электромагнита (ЭМ-1) с регулируемой напряженностью до 0.3 Тл. Магнитная индукция измерялась с помощью измерителя магнитной индукции Ш1-8 либо тесламетра (чувствительность 10^{-5} Тл).

Ультразвуковая волна в образцах возбуждалась методом составного вибратора с использованием магнитострикционного преобразователя с собственной частотой 20 кГц. Интенсивность возбуждаемых волн не превышала ≈1.5 Вт/см^2. Образцы помещали на вершину магнитострикционного преобразователя плоскостью (010).

Газообразные продукты разложения исследовали волюмометрическими методами [3-5]. Образец через определённое время после энергетического воздействия помещался в кювету с водным раствором тиосульфата натрия. Процесс растворения наблюдали с помощью микроскопа в проходящем красном свете, при этом фиксировали диаметр и пространственные координаты пузырьков выделившегося газообразного продукта.

Для растворения нитевидных кристаллов и последующего подсчёта выделившегося газа использовалась стандартная кювета для измерения оптических констант жидкостей с расстоянием между стенками до 10^{-3} м. Это обеспечивало удержание растворителя в кювете силами поверхностного натяжения при её горизонтальном расположении. При измерении объёма пузырька газа считалось, что давление газа внутри пузырька равно атмосферному давлению.

Объём газа, выделившегося при растворении кристаллов, относили к площади грани, с которой наблюдали газовыделение.

Известно, что реакционные области в азиде серебра, т.е. области кристалла, из которых происходит выделение газообразных продуктов разложения (Рис. 3), совпадают с местами выхода дислокаций на поверхность, следовательно, возникает необходимость выявления последних.

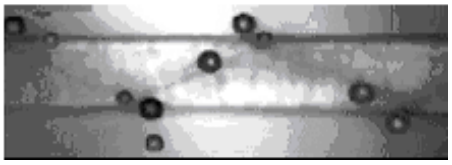


Рис. 3. Дислокационная структура азида серебра, выявленная волюмометрическим методом

Дислокационную структуру исследовали методом ямок травления. Контрастные ямки травления получались при травлении кристаллов AgN_3 в 10 % водном растворе тиосульфата натрия. Приклеенный за оба конца кристалл опускали в раствор $Na_2S_2O_3$ на 2 – 3 секунды, затем промывали в дистиллированной воде, либо в спирте. Данную процедуру повторяли, чтобы убедиться в том, что плотность фигур травления (ямок) не увеличивается, а наблюдается лишь небольшое увеличение их размеров и глубины, тогда ямки травления можно связать с выходом дислокаций на поверхность. Плотность дислокаций определяли как отношение количества ямок травления к площади поверхности кристалла.

На каждую точку экспериментальных кривых брали не менее 10 образцов. Обработка экспериментальных результатов проводилась на ПК по программе Microsoft Excel.

Ранее были проведены мсследования влияния различных видов воздействия (механического напряжения, электрического поля) на дефектную структуру (дислокации и примесь) в кристаллах азида серебра [1,6].

Были получены кинетические зависимости накопления дислокаций при механическом воздействии, из которых следует, что уже за 7-9 секунд воздействия образец теряет механическую прочность и подвергается хрупкому разрушеию.

Что касается совместного действия магнитного поля (0.3 Тл) и механической нагрузки, то кинетика накопления дислокаций от времени воздействия представляет собой сложную зависимость, изображённую на рисунке 4. В этих экспериментах были использованы предварительно деформированные образцы с начальной плотностью краевых дислокаций $4\cdot10^3$ см$^{-2}$.

Механическое напряжение, воздействующее на кристалл, составляло $5 \cdot 10^5$ Н/м^2 – это оптимальная величина, при которой можно надежно фиксировать накопление дислокаций, при больших значениях механического напряжения образец хрупко разрушается уже на первых секундах воздействия.

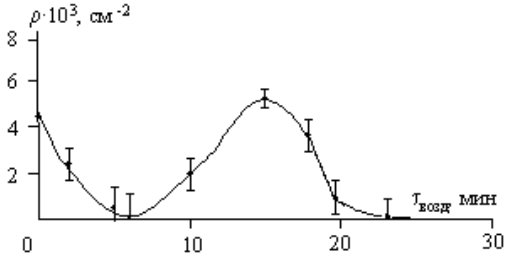


Рис. 4. Зависимость плотности дислокаций в кристаллах азида серебра от времени совместного воздействия механического напряжения ($5 \cdot 10^5$ Н/м^2) и магнитного поля (0,3 Тл)

Как видно из Рис. 4 с увеличением времени воздействия происходит цикличное изменение плотности дислокаций, а после 30 минут воздействия плотность лислокаций уменьшается до 0. Но одновременно с изменением дислокационной структуры в кристаллах азида серебра при механическом воздействии в магнитном поле наблюдается медленное разложение, фиксируемое по выделению газообразных продуктов – пузырьков газа (Рис. 5, кривая 2), а при больших временах воздействия образцы претерпевают хрупкое разрушение без взрыва. На этом же рисунке для сравнения показано разложение в магнитном поле (0.3 Тл), которое не сопровождается потерей прочности (Рис. 5, кривая 1.).

Следует отметить, что механическое напряжение образцов, находящихся между полюсами электромагнита, сопровождается направленным движением краевых дислокаций (определяется по смещению ямок травления).

Обсудим полученные экспериментальные результаты.

Хрупкое разрушение образцов, фиксированное через определенное время воздействия вероятно включает в себя 2 стадии – зарождение микротрещины и ее развитие. Зарождение микротрещины может быть вызвано в нашем случае образованием сверхдислокации, которая появляется в результате объединения ближайших к стопору дислокаций, при этом заторможенные дислокации оказывают давление, превышающее во много раз давление, при котором они перемещались свободно. Это повышение давления может превысить прочность кристалла и тогда в месте стопора появляется трещина, которая является стоком для вновь образующихся дислокаций. В качестве стопора можно рассматривать любое скопление точечных дефектов.

В магнитном поле уменьшается энергия взаимодействия дислокаций с парамагнитными примесными центрами, что облегчает отрыв дислокаций от других видов препятствий. Движение дислокаций в немагнитных материалах в постоянном магнитном поле при отсутствии внешних воздействий объясняется медленной релаксацией дислокационной структуры в поле внутренних напряжений.

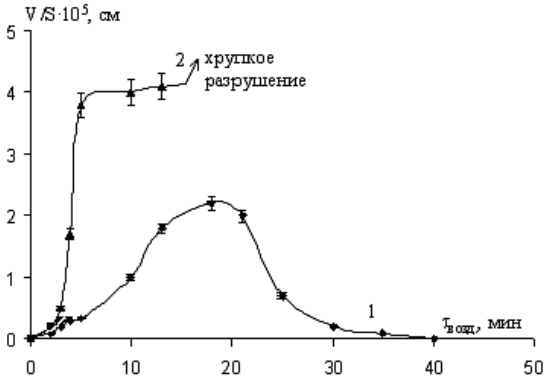


Рис. 5. Зависимость количества удержанного газа в кристаллах азида серебра от времени воздействия: 1 - магнитного поля (0.3 Тл); 2 - совместного действия магнитного поля и механической нагрузки

Действующая на образец одновременно с магнитным полем внешняя сила (механическая) усиливает релаксацию дислокационной структуры, что вызывает увеличение пробега дислокаций при комбинированном действии на образец магнитного поля и механического напряжения.

Поскольку в нашем случае наблюдается направленное движение отрицательно заряженных краевых дислокаций, а это возможно только в электрическом поле, то была сделана попытка подобрать бесконтактное электрическое поле, при котором движение дислокаций, фиксируемое по изменению положения ямок травления, не будет обнаруживаться. Такое внешнее бесконтактное электрическое поле, компенсирующее внутреннее, создаваемое магнитным полем, было подобрано, что не противоречит ранее обнаруженному магнитоэлетрическому эффекту в кристаллах азида серебра [4].

Аналогичное изменение плотности дислокаций, имеющее цикличный характер, наблюдается и при ультразвуковой обработке. Согласно специфике эксперимента использовали изначально бездислокационные кристаллы. (Рис. 6). В этом случае время преобразования дислокационной структуры значительно меньше, т.е. за 5 минут воздействия наблюдается 2 максимума плотности дислокаций, и по истечени этого времени образец разрушается.

После ультразвуковой обработки образцов и последующего инициировании реакции разложения контактным электрическим полем (30 кВ/м) отмечено, что в области минимума дислокаций образцы взрывались через 3 минуты после включения напряжения, а в области максимума дислокаций – через 9 минут. Это свидетельствует о преимущественном развитии реакции медленного разложения в случае больших концентраций дислокаций в образце над критическим процессом разрушения.

Возможной причиной такого эффекта может быть упрочнение приповерхностного слоя образца после ультразвуковой обработки.

С ростом числа дислокаций требуется более длительное воздействие электрическим полем до взрыва образца, тогда как с уменьшением плотности дислокаций образцы взрываются раньше.

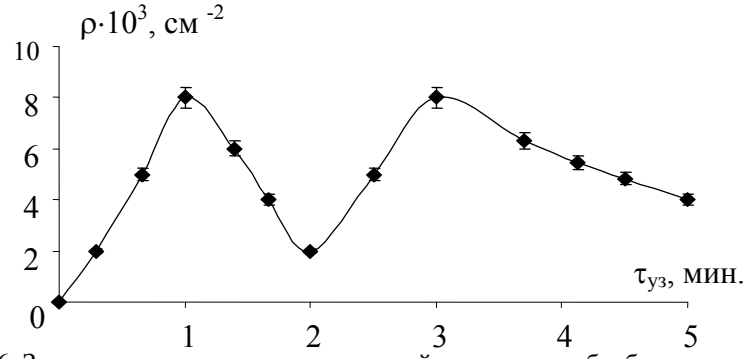


Рис. 6. Зависимость плотности дислокаций от времени обработки ультразвуком в кристаллах азида серебра

По-видимому, данные результаты объясняются тем, что с ростом числа дислокаций увеличивается рассеяние на них носителей заряда, что затрудняет доставку этих носителей к реакционным областям; при этом наблюдается медленное разложение, переходящее во взрыв при достижении критической концентрации дырок, основных носителей заряда – реагентов химической реакции. С уменьшением числа дислокаций происходит обратный процесс.

В заключнии отметим, что ультразвуковая обработка и механическое нагружение кристаллов азида серебра приводит к генерации и изменению плотности дислокаций в широких пределах, воздействие постоянного магнитного поля способствует открепленню дислокаций от скоплений дефектов, а электрическое поле (внутреннее поле поляризации или внешнее бесконтактное) приводит к выводу дислокаций.

Комплексное воздействие магнитного поля и механического напряжения в кристаллах азида серебра стимулирует размножение, срыв со стопоров, перемещение дислокаций и зарождение сверхдислокаций.

Таким образом, предлагается способ механического и электрического упрочнения с помощью изменения плотности дислокаций в нитевидных кристаллах.

Литература.
1. Rodzevich, A.P. Plasticity and decomposition of whiskers on electric-induced deformation / A.P. Rodzevich, L.V. Kuzmina, E.G. Gazenaur and V.I. Krasheninin //AIP Conf. Proc. – 2014. – Vol. 1623 – P. 519-522.
2. Babakova, E.V. Comparison of Activation Technologies Powder ECP-1 for the Synthesis of Products Using SLS / E.V. Babakova, A.V. Gradoboev, A.A. Saprykin, E.A. Ibragimov, V.I. Yakovlev, A.V. Sobachkin // Applied Mechanics and Materials. – 2015. – Vol. 756 – P. 220-224.
3. Krasheninin, V.I. Decomposition of crystalline asides of heavy metals in constant magnetic field / V.I. Krasheninin, L.V. Kuzmina, V.E. Ivaschenco // Materials Research Innovations. – 2002. – Vol. 5 – 219 p.
4. Krasheninin, V.I. Silver azide decomposition in an electric field / V.I. Krasheninin, L.V. Kuz'mina, V.Yu. Zakharov, A.Yu. Stalinin // Chem. Phys. Reports. – 1995. – Vol. 4 – P. 529-538.
5. Rodzevich, A.P. The Polarization of Silver Azide in Electric Field / A.P. Rodzevich, E.G. Gazenaur, L.V. Kuz'mina, V.I. Krasheninin // Advanced Materials Research. – 2014. – Vol. 1040 – P. 744–747.
6. Zakharov, V.Yu. The control of solid phase decomposition of silver azide by noncontact electric field / V.Yu. Zakharov, V.I. Krasheninin, L.V. Kuz'mina, Yu.A. Zakharov // Solid State Ionics. – 1997. – Vol. 101-103 – P. 161–164.

ТЕПЛОЕМКОСТЬ ХЛОРИДОВ ЩЕЛОЧНЫХ МЕТАЛЛОВ (NaCl, LiCl, KCl) В ОБЛАСТИ ТЕМПЕРАТУР 293-673 К

Э.Г. Соболева, к.ф. - м.н., доцент, А.Л. Игишева, В.В. Литвиненко, студенты гр. 10730
Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского Томского политехнического университета
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел. (38451) 64432
E-mail: sobolevaeno@mail.ru

Среди большого класса кристаллических диэлектриков особый интерес представляет изучение ионных кристаллических диэлектриков и, в частности, монокристаллов галогенидов щелочных металлов. Это, прежде всего, объясняется тем, что они служат идеальным объектом (как соединения с наиболее ярко выраженной ионной связью) для построения и проверки различных моделей кристаллических решеток, теорий дислокационной неупругости (как соединения с низким барьером Пайерлса) [1], являются модельными объектами в радиационном материаловедении и геофизике. Галогениды щелочных металлов образуют твердые растворы, у которых можно целенаправленно изменять химический состав, не меняя структурный тип решетки. И, наконец, они находят практическое применение при оптических исследованиях, например, в голографии – как оптические элементы, позволяющие запоминать большой объем информации; ИК-оптике – в качестве окон вывода излучения CO_2-лазеров); в ядерной физике – как чувствительные элементы сцинтилляционных счетчиков; в установках высокого давления (например, в качестве передающей давление среды или стандартов давления при рентгеновских дифракционных измерениях; в акустоэлектронике и измерительной технике (например, в качестве эталонов твердости и ультразвуковых линий задержки). Многие экспериментальные и теоретические методики, отработанные на этих кристаллах, с успехом применялись при изучении физических свойств более сложных по структуре материалов. Этим и определяется неослабевающий интерес к изучению физических и термодинамических свойств монокристаллов галогенидов щелочных металлов.

Объектами наших исследований были оптически однородные монокристаллы NaCl, LiCl и KCl, выращенные из водных растворов этих химически чистых солей при комнатной температуре. Ориентированные по плоскостям куба и октаэдра монокристаллы представляли собой исходный материал для получения способом мокрой нити образцов в виде стержней с примерными размерами 10×5×5 мм^3. Некоторые физические свойства хлоридов щелочных металлов представлены в таблице 1.

Таблица 1

Некоторые физические свойства хлоридов щелочных металлов (300 К) [2, 3, 4]

Свойство	NaCl	LiCl	KCl
1. Плотность ρ, 10^3 кг/м^3	2,165	2,075	1,980
2. Параметр решетки r_0, Å	2,794	2,539	3,144
3. Период решетки а, Å	5,627	5,1398	6,28
4. Температура плавления $T_{пл}$, К	1074	883	1049

Свойство	NaCl	LiCl	KCl
5. Температура Дебая θ, К	299,2	398	222,3
6. Энергия решетки U, кДж/моль	765	841	691,5
7. Энтропия вещества в стандартном состоянии S, Дж/моль·К	72,36	59,3	82,56
8. Молярная теплоемкость при постоянном давлении C_p, Дж/моль·К	49,71	48,0	51,29
9. Энтальпия образования ΔH, кДж/моль·К	-410,9	-408,4	-435,9
10. Энергия Гиббса образования ΔG, кДж/моль	-384,0	-384	-408,0
11. Соотношение Коши $\Delta=c_{12}/c_{44}$	1,03	0,908	0,990
12. Фактор упругой анизотропии $A=\frac{2c_{44}}{c_{11}-c_{12}}$	0,700	1,858	0,370

В работе использовался метод монотонного охлаждения, с помощью которого для объектов исследования прибором БИТ-400 были измерены удельные теплоемкости в температурном интервале 293–673 К, с шагом 10 К с погрешностью не более 5 %. Принцип действия прибора основан на тепловой стимуляции образца с последующим монотонным охлаждением образца и регистрацией процесса охлаждения адиабатической камеры с образцом.

Влияние температуры на молярную теплоемкость кристаллов NaCl, LiCl, KCl представлено на рис. 1. Видно, что с увеличением температуры теплоемкости возрастают, на зависимостях $C_p(T)$ нет каких-либо экстремумов.

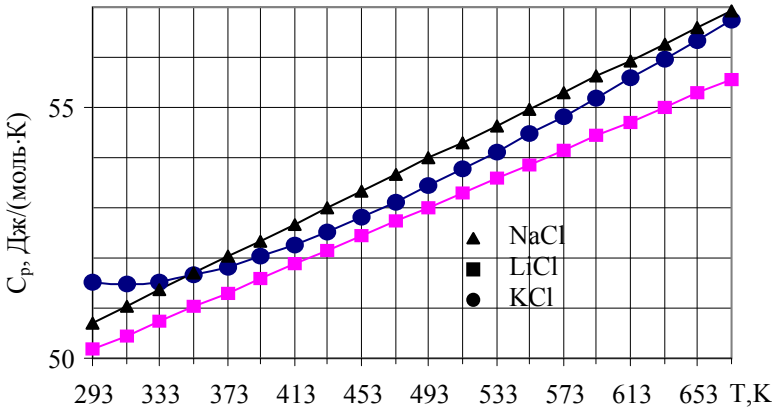


Рис.1. Влияние температуры на молярную теплоемкость хлоридов щелочных металлов

Зависимости теплоемкости от температуры могут быть описаны уравнениями Майера-Келли (в единицах Дж·моль$^{-1}$·К$^{-1}$) [5]:

для NaCl $C_p = 45{,}94+16{,}32\cdot10^{-3}T$, (1)

для LiCl $C_p = 46{,}02+14{,}18\cdot10^{-3}T$, (2)

для KCl $C_p = 41{,}38+21{,}76\cdot10^{-3}T+3{,}22\cdot10^{5}T^{-2}$. (3)

На основании соотношений (1)-(3) рассчитаны термодинамические функции (изменения энтальпии $H_T^0 - H_{293}^0$ и энтропии $S_T^0 - S_{293}^0$). Для этого использованы известные уравнения, связывающие теплоемкость C_p с функциями энтальпии и энтропии [6]:

$$H_T - H_0 = \int C_p(T)dT, \quad (4)$$

$$S_T - S_0 = \int \frac{C_p(T)}{T}dT. \quad (5)$$

Для определения изменения энергии Гиббса при нагреве от температуры T_1 до температуры T_2 воспользовались уравнением [6]:

$$G^0_{T_2} - G^0_{T_1} = \int_{T_1}^{T_2} C_p dT - (T_2 - T_1)\cdot S^0_{T_1} - T_2 \int_{T_1}^{T_2} \frac{C_p}{T} dT. \quad (6)$$

Отметим, что для всех объектов исследования молярная теплоемкость превышает классический предел Дюлонга-Пти 3Rn, где R – универсальная газовая постоянная, n – число атомов в формульной единице (n = 2). Сглаженные значения молярной теплоемкости и рассчитанные по ним изменения энтропии, энтальпии и энергии Гиббса хлоридов щелочных металлов приведены в таблицах 2-4.

Таблица 2

Молярная теплоемкость, термодинамические функции и энергия Гиббса NaCl

T, K	C_p, Дж/(моль·К)	$S^0_T - S^0_{293}$, Дж/(моль·К)	$H^0_T - H^0_{293}$, кДж/(моль·К)	$G^0_T - G^0_{293}$, кДж/(моль·К)
293	50,72	–	–	–
313	51,05	3,36	1,02	-1,48
333	51,37	6,53	2,04	-3,03
353	51,70	9,54	3,07	-4,64
373	52,03	12,40	4,11	-6,30
393	52,35	15,13	5,15	-8,03
413	52,68	17,75	6,20	-9,81
433	53,01	20,25	7,26	-11,64
453	53,33	22,67	8,32	-13,53
473	53,66	24,99	9,39	-15,46
493	53,99	27,24	10,47	-17,43
513	54,31	29,42	11,55	-19,46
533	54,64	31,52	12,64	-21,53
553	54,96	33,56	13,74	-23,63
573	55,29	35,55	14,84	-25,79
593	55,62	37,49	15,95	-27,99
613	55,94	39,37	17,07	-30,22
633	56,27	41,21	18,19	-32,50
653	56,60	43,00	19,32	-34,81
673	56,92	44,76	20,45	-37,17

Таблица 3

Молярная теплоемкость, термодинамические функции и энергия Гиббса LiCl

T, K	C_p, Дж/(моль·К)	$S^0_T - S^0_{293}$, Дж/(моль·К)	$H^0_T - H^0_{293}$, кДж/(моль·К)	$G^0_T - G^0_{293}$, кДж/(моль·К)
293	50,17	–	–	–
313	50,46	3,32	1,01	-1,19
333	50,74	6,46	2,02	-2,46
353	51,03	9,43	3,04	-3,78
373	51,31	12,25	4,06	-5,16
393	51,59	14,94	5,09	-6,60
413	51,88	17,52	6,12	-8,09
433	52,16	19,99	7,16	-9,64
453	52,44	22,36	8,21	-11,22
473	52,73	24,64	9,26	-12,86
493	53,01	26,84	10,32	-14,54
513	53,29	28,97	11,38	-16,28
533	53,58	31,04	12,45	-18,05
553	53,86	33,04	13,52	-19,87

T, K	C_p, Дж/(моль·К)	$S_T^0 - S_{293}^0$, Дж/(моль·К)	$H_T^0 - H_{293}^0$, кДж/(моль·К)	$G_T^0 - G_{293}^0$, кДж/(моль·К)
573	54,15	34,98	14,60	-21,73
593	54,43	36,87	15,69	-23,62
613	54,71	38,71	16,78	-25,56
633	55,00	40,51	17,88	-27,54
653	55,28	42,26	18,98	-29,55
673	55,56	43,97	20,09	-31,60

Таблица 4

Молярная теплоемкость, термодинамические функции и энергия Гиббса KCl

T, K	C_p, Дж/(моль·К)	$S_T^0 - S_{293}^0$, Дж/(моль·К)	$H_T^0 - H_{293}^0$, кДж/(моль·К)	$G_T^0 - G_{293}^0$, кДж/(моль·К)
293	51,51	–	–	–
313	51,48	2,94	0,89	-2,12
333	51,53	5,75	1,80	-4,29
353	51,65	8,44	2,72	-6,52
373	51,81	11,03	3,65	-8,81
393	52,02	13,52	4,61	-11,14
413	52,26	15,93	5,57	-13,53
433	52,52	18,26	6,54	-15,98
453	52,81	20,51	7,53	-18,46
473	53,11	22,70	8,53	-20,99
493	53,43	24,82	9,54	-23,57
513	53,77	26,89	10,56	-26,19
533	54,11	28,91	11,59	-28,86
553	54,47	30,87	12,64	-31,56
573	54,83	32,78	13,69	-34,31
593	55,20	34,67	14,75	-37,11
613	55,58	36,50	15,82	-39,95
633	55,96	38,30	16,90	-42,82
653	56,34	40,06	18,00	-45,73
673	56,74	41,79	19,10	-48,68

Таким образом, с помощью быстродействующего измерителя теплоемкости была измерена теплоемкость хлоридов щелочных металлов NaCl, LiCl KCl в интервале температур 293-673 К. Установлено, что на экспериментальных зависимостях $C_p = f(T)$ нет экстремумов. По экспериментальным данным теплоемкости методом численного интегрирования определены термодинамические свойства в исследуемых объектах исследования.

Литература.

1. Беломестных В.Н., Похолков Ю.П., Ульянов В.Л., Хасанов О.Л. Упругие и акустические свойства ионных, керамических диэлектриков и высокотемпературных сверхпроводников. – Томск: STT, 2001. – 226 с.
2. Беломестных В. Н. , Соболева Э. Г. Коэффициенты Пуассона щелочно-галоидных кристаллов. Ч.I. Галогениды лития // Известия Томского политехнического университета. - 2012 - Т. 320 - №. 2 - С. 137-139.
3. Беломестных В. Н. , Соболева Э. Г. Коэффициенты Пуассона щелочно-галоидных кристаллов. Ч.II. Галогениды натрия // Известия Томского политехнического университета. - 2013 - Т. 323 - №. 2. - С. 140-142.
4. Беломестных В. Н. , Соболева Э. Г. Коэффициенты Пуассона щелочно-галоидных кристаллов. Ч.III. Галогениды калия // Известия Томского политехнического университета. – 2015. – Т. 326. – № 3. – С. 99-104.
5. Краткий справочник физико-химических величин / Под ред. К.П. Мищенко и А.А. Равделя. – Л.: Химия, 1974 г. – 200 с.
6. Семиохин И.А. Физическая химия: Учебник. Изд-во МГУ, 2001. 272 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ НЕОФЛЮСОВАННЫХ ОКАТЫШЕЙ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ФЕРРОСИЛИЦИЯ

С.А. Теслев, ведущий инженер «ЮФЗ», Е.П. Теслева, к. ф – м. н., доц.
Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского Томского политехнического университета
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел. 6–44–32

Ферросилиций – это сплав железа с кремнием, который применяется для раскисления и легирования стали, а также для получения отливок из чугуна с заданным содержанием кремния [1, 2]. Вводить в сталь кремний в виде его сплава с железом, а не в чистом виде удобнее вследствие более низкой температуры плавления и выгоднее, так как стоимость сплава ниже по сравнению со стоимостью кристаллического кремния.

В любом восстановительном металлургическом процессе шихта состоит из рудной составляющей и восстановителя. В производстве ферросилиция рудным компонентом шихты является кварцит, а восстановителем – коксовый орешек. Для получения ферросилиция помимо кремниевой руды и восстановителя необходим железосодержащий материал.

Железо в шихту можно ввести в виде оксидов (руда, окатыши, окалина), в виде частично восстановленного материала (металлизованные окатыши, отходы от машин огневой зачистки слитков) или в виде стальной, чугунной стружки или их смеси – доменного присада.

Производство ферросилиция относится к бесшлаковым процессам, точнее – малошлаковым, поскольку кратность образующегося шлака составляет в среднем около 3% [3]. Шлак формируется в печи из примесей кварцита и золы восстановителя, поэтому традиционно, чтобы не увеличивать кратность шлака и не повышать удельный расход электроэнергии, железо в шихту вводится в виде стальной или чугунной стружки.

Требования к стальной стружке таковы:

1. Можно использовать стружку только углеродистых, нелегированных марок стали (СТ1-6 по ГОСТ 380-2005). Исключение допускается только для сталей легированных кремнием, например трансформаторной.

2. Стружка не должна быть загрязнена минеральными и органическими примесями (маслами, эмульсиями) более 3% по массе.

3. Стружка не должна быть спутанной. Допускается длина витков не более 50 мм.

Чугунная стружка в отличие от стальной не спутывается, хорошо дозируется, содержит минимум вредных примесей (хрома, никеля, меди), но при этом имеет в 4 раза большую концентрацию фосфора. Поэтому стружка из литейного чугуна обычного качества при производстве ферросилиция марок ФС45 и ФС65 имеет ограниченное применение (40-60% от массы стальной стружки), а при производстве ферросилиция марки ФС75 может заменять до 100% стальной стружки. При выплавке ферросилиция марки ФС45 неограниченное применение имеет стружка из рафинированного от фосфора синтетического чугуна, в котором концентрация фосфора находится на уровне сталей рядового качества.

Стальная и чугунная стружка, используемая в ферросплавном производстве, должна соответствовать ГОСТ 2787-75. Требования к химическому составу сталей и чугунов представлены в табл. 1.

Таблица 1

Требования к химическому составу сталей и чугунов

Марка стружки	Марка металла	Химический состав, %								
		C	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	Ti	S	P
14А	Сталь углеродистая Ст1(КП, ПС, СП)	0,06-0,12	0,05-0,30	0,25-0,50	<0,30	<0,30	<0,30	--	<0,050	<0,040
	Ст2 -//-	0,09-0,15	-//-	-//-	-//-	-//-	-//-	--	-//-	-//-
	Ст3 -//-	0,14-0,22	-//-	0,30-0,65	-//-	-//-	-//-	--	-//-	-//-
	Ст4 -//-	0,18-0,27	-//-	0,40-0,70	-//-	-//-	-//-	--	-//-	-//-
	Ст5 -//-	0,28-0,37	-//-	0,50-0,80	-//-	-//-	-//-	--	-//-	-//-
	Ст6 -//-	0,38-0,49	-//-	-//-		-//-	-//-	--	-//-	-//-
	Стружка, фактически	0,20-1,70	0,16-0,64	0,56-0,90	0,23-0,94	0,16-0,75	0,12-1,20	0,007-0,014	0,035-0,057	0,021-0,046

Марка стружки	Марка металла	Химический состав, %								
		C	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	Ti	S	P
24А	Чугун литейный Л1-Л6	3,5-4,6	1,2-3,6	0,3-1,50	--	--	--	--	0,02-0,05	0,08-1,20
	Чугун специальный Gh190бл	3,25-3,35	2,10-2,20	0,5-0,7	0,10-0,20	0,15-0,35	Cu+Ni ,50+0,70	--	<0,06	<0,06
	Gh75-50-03	3,60-3,80	2,60-2,80	0,5-0,6	<0,07	0,70-0,90	-//-	--	<0,012	<0,06
	Gh56-40-05	3,60-3,80	2,65-2,85	0,37-0,47	<0,07	0,80-0,90	),10-0,30	--	<0,012	<0,06
25А	Доменный присад, фактически	н.д.	1,25	н.д.	),23-0,26	0,31	н.д.	0,006	н.д.	0,029

Предприятия, которые занимаются производством ферросилиция, приобретают металлическую стружку у специализированных поставщиков.

На сегодня, в связи с резким изменением котировки курса доллара по отношению к рублю возникла проблема дефицита стружки. Основные специализированные поставщики стружки в 2015 году поспешили массово отгрузить весь имеющийся запас в зарубежные страны. Машиностроительное производство в России переживает спад выпуска продукции, и как следствие, выдает недостаточное количество стружки, которое не позволяет обеспечить потребность ферросплавной промышленности.

Таким образом, на сегодняшний день в Кузбассе возникла острая необходимость использования заменителей железной стружки. При выборе материалов, которые могли бы заменить стружку необходимо руководствоваться следующими принципами:

1. Максимальная концентрация железа в материале.
2. Минимальная концентрация фосфора.
3. Минимум оксидов алюминия и титана.

Химический состав некоторых железосодержащих материалов представлен в табл. 2.

Таблица 2

Химический состав некоторых железосодержащих материалов

Наименование материла	Fe	FeO	Fe_2O_3	SiO_2	Al_2O_3	CaO	MqO	MnO	TiO_2	Cr	P_2O_5	S
Агломерат доменный	53,8	11,96	63,05	8,30	2,50	10,32	1,71	0,62	0,10	0,024	0,11	0,022
Агломерат литейный	57,4	14,76	65,76	8,60	2,50	5,34	1,67	0,62	0,10	0,024	0,11	0,019
Таштагольская руда	49,1	20,65	47,29	13,75	5,53	8,83	0,28	0,46	0,16	н.д.	0,12	0,350
Обожженные окатыши, Лебединский ГОК	65,4	1,00	92,30	5,70	0,30	0,20	0,30	н.д.	н.д.	н.д.	0,03	0,004
Обожженные окатыши, Михайловский ГОК	59,1	1,30	83,00	10,10	0,20	4,80	0,40	н.д.	н.д.	н.д.	0,02	0,020
Обожженные окатыши, Оскольский ЭМК	67,2	0,48	95,50	3,30	0,20	0,15	0,30	н.д.	н.д.	н.д.	0,015	0,001
Окалина прокатных цехов	63,0	--	90,00	7,25	1,17	0,20	н.д.	0,43	н.д.	н.д.	0,25	0,001
Металлизованные окатыши	78,1	21,74	--	12,48	0,80	0,78	0,55	0,56	н.д.	н.д.	0,03	0,001

Для сохранения текущих объемов производства ферросилиция в Кузбассе были проанализированы и проработаны возможные варианты замены железной стружки.

1. Полная замена стружки железной рудой. Одним из возможных вариантов является использование железной руды вместо стружки. Из опыта выплавки ферросилиция на «Ключевском заводе ферросплавов» (Свердловская обл.) известно, что в 1959г. на одной из печей, выплавляющих ферросилиций марки ФС75, железную стружку заменяли железной рудой. Позднее, в 1971 году П.В. Топильский и др. на УЗФ повторили опыты по полной замене стружки железной рудой [4]. Результаты этих опытных компаний показал, что данный способ замены возможен, но при этом значительно увеличивается удельный расход электроэнергии. По мнению М.А.Рысса [5] применение же-

лезной руды является нецелесообразным, т.к. она вносит большое количество шлакообразующих компонентов и требует дополнительных, значительных затрат электроэнергии и углерода на восстановление оксидов железа и нагрев шлака.

2. Замена стружки металлическим ломом (скрапом). В качестве заменителя стружки возможно применение высокоуглеродистого низколегированного лома. Однако для введения его в шихту необходимо провести работы по его измельчению и сортировке. Для этого предприятие должно приобрести соответствующую рубительную машину либо обратиться к организациям, имеющим данное оборудование. Недостатком данного метода является значительное увеличение стоимости продукта.

3. Частичная замена стружки железистым кварцитом. Опыт ОАО «Серовский завод ферросплавов» (Свердловская обл.) показывает, что при определенных условиях можно часть стружки заменять высококачественной кусковой железной рудой (в частности Криворожского бассейна). Куски железной руды в верхних горизонтах печи восстанавливаются богатым оксидом углерода (CO) противоточным газом. В связи с наличием железистых кварцитов с содержанием 34-44% Fe вохможно их использование взамен части кварцита и железной стружки. Однако применение железистых кварцитов в кусковом виде затруднено по ряду причин. Структура железистых кварцитов такова, что кремнезем и минералы железа имеют тонкое прорастание. При температурах колошника и, тем более верхних горизонтов ванны, оксиды железа, восстановившиеся до закиси железа, активно взаимодействуют с оксидом кремния (SiO_2) с образованием легкоплавких составов на основе фаялита ($2FeO{\cdot}SiO_2$). Образование жидкой фазы резко уменьшает электросопротивление содержимого в ванне печи, приводит к сегрегации компонентов шихты, спеканию колошника, что, в конечном счете, нарушает электрический и газовый режим работы печи [2].

Чтобы избежать приведенных выше недостатков, А.А.Чайченко и В.А.Кравченко [6] подвергли брикетированию и окатыванию хвосты обогащения железистых кварцитов совместно с газовым углем на сульфитно-спиртовой барде (8-10% от массы сухих материалов). Опытные плавки проводили в печи ОКБ-616 мощностью 1200 кВ·А. Полученный ферросилиций марки ФС75 по данным авторов отвечал требованиям стандарта. Удельный расход электроэнергии был на 12,3% ниже, чем в плавках на обычной шихте, а извлечение кремния в сплав – на 9,7% выше. Описанные опыты были проведены в 1971г. С тех пор существенно повысились требования к качеству ферросилиция по содержанию примесных металлов, усовершенствованы технологические параметры выплавки ферросилиция, а так же претерпела изменение стоимость различных материалов и технологических переделов.

4. Частичная замена стружки железорудными неофлюсованными окатышами. Окатыши – комочки измельчённого рудного концентрата. Полуфабрикат металлургического производства железа. Является продуктом обогащения железосодержащих руд специальными концентрирующими способами [7].

Ферросплавная компания ОАО «Кузнецкие ферросплавы» используя положительный опыт работы А.А.Чайченко и В.А.Кравченко приступила к выплавке ферросилиция с использованием неофлюсованных железорудных окатышей АО «Соколовско-сарбайского горно-обогатительного производственного объединения» (Казахстан) (рис.1).

Рис. 1. Неофлюсованные железорудные окатыши

Окатыши и стальная стружка использовались в соотношении 30:70 и 20:80 (по количеству вносимого железа). Окатыши подавались на печь без дробления и отсева мелочи. В течение всего экспериментального периода постоянно контролировались следующие параметры: текущий контроль качества окатышей (химический гранулометрический состав, влажность), количество шлака, химический состав шлака (SiO_2, SiC,$Si_{мет}$, C, Al_2O_3, CaO, MgO), масса металла, состав металла (Si,Al,Ca,P), расходные показатели (шихтовые материалы, электродная масса, электроэнергия). В качестве шихты на время проведения опытной компании использовались: кварцит, длиннопламенный уголь, щепа, окатыши и стружка.

Проведение опытных плавок на ОАО «КФ» подтвердило результаты работы ОАО «СЗФ». В шихте образовались легкоплавкие составы на основе фаялита, что, в конечном счете, нарушает электрический и газовый режим работы печи.

Обобщив вышесказанное можно сделать следующие выводы:

1. Замена металлической стружки неофлюсованными железорудными окатышами при производстве ферросилиция возможна.

2. Использование окатышей требует подбора, как электрического режима, так и процентного содержания компонентов шихты.

3. При использовании окатышей как заменителя металлической стружки необходимо подобрать соответствующие флюсовые добавки.

4. Использование окатышей вызывает потери производства и перерасход электроэнергии.

5. Расчет экономической эффективности показывает, что низкая стоимость окатышей перекрывается высокой стоимостью перерасхода электроэнергии и вспомогательных материалов.

Литература.

1. Воскобойников В.Г., Кудрин В.А., Якушева А.М. Общая металлургия: учебник для вузов. 6-изд., перераб и доп.-М.: ИКЦ «Академкнига», 2002. – 768 с.:253 ил.
2. Зубов В.Л., Гасик М.И. Электрометаллургия ферросилиция. Днепропетровск: Системные технологии, 2002. – 704 с.
3. Толстогузов Н.В. Теоретические основы и технология плавки кремнистых и марганцевых сплавов. М.: Металлургия. 1992 г. – 241 с.
4. Топильский П.В., Друинский М.И., Рукавишников Н.В., Меликаев Н.П., Пасюков В.Н. Выплавка ферросилиция с частичной заменой стальной стружки губчатым железом. //Сталь. 1971. №1.-С.333.
5. Рысс М.А. Производство ферросплавов. М.: Металлургия. 1985. – 344с.
6. Чайченко А.А., Кравченко В.А. Исследование возможности производства ферросилиция из окускованных хвостов от обогащения железистых кварцитов. //Сталь. 1971. №10. – С. 915.
7. Окатыши // Википедия [электронный ресурс] – Режим доступа. – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/

МОДАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ГИДРОСТОЙКИ В AUTODESK INVENTOR

Г.Д. Буялич, д.т.н., С.В. Увакин
Кузбасский государственный технический университет
650000, г. Кемерово, ул. Д.Бедного, 4
E-mail: gdb@kuzstu.ru, noxious313@gmail.com

Для горных машин, подверженных циклическим и вибрационным нагрузкам, необходимо определять частоты собственных колебаний. Определение этих частот необходимо для исключения явления резонанса, которое может возникнуть при работе горной машины и привести её к выходу из строя. Определить собственные частоты можно методом модального анализа, который доступен в Autodesk Inventor [1, 2, 3].

В качестве примера рассмотрим модель гидростойки механизированной крепи и проведем её модальный анализ. Так как стойка имеет две ступени раздвижности и в рабочем состоянии может иметь различную длину, рассмотрим несколько положений. Первое положение будет при максимальной раздвижности, второе и третье – при сдвинутой второй ступени, четвертое – при максимально задвинутой второй ступени, пятое – при сдвинутой первой ступени. Такие положения обозначают движение ступеней гидроцилиндра при опускании механизированной крепи. Все пять положений представлены на рисунках 1–5.

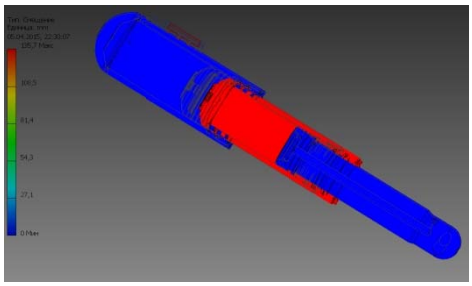


Рис. 1. Положение 1

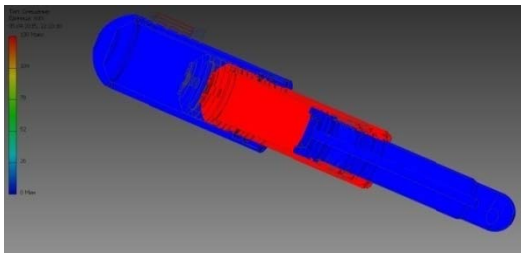


Рис. 2. Положение 2

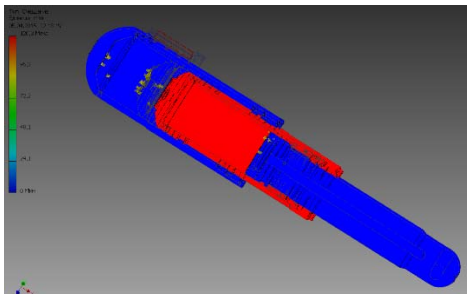


Рис. 3. Положение 3

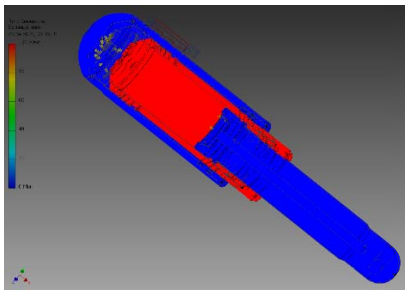


Рис. 4. Положение 4

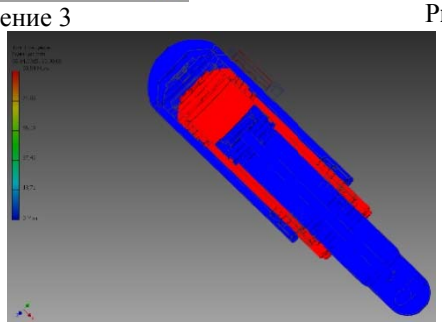


Рис. 5. Положение 5

При проведении модального анализа во всех положениях приложена зависимость фиксации снизу и сверху гидростойки, соответствующих закреплениям в секциях крепи. Также во всех положениях модель имеет одинаковые параметры сетки конечных элементов и одинаковые свойства контактных пар между поршнями ступеней и внутренними стенками гидроцилиндра [4, 5].

Моделирование проводилось в диапазоне частот от 0 до 1000 Гц. Число мод для определения не указывается. Для сравнения проводился анализ предварительно загруженных мод. Для этого к внутренним плоскостям второй ступени было приложено давление в 42 МПа, к поверхностям первой ступени – 69,3 Мпа [6].

Результаты проведенного моделирования представлены на рисунках 6.

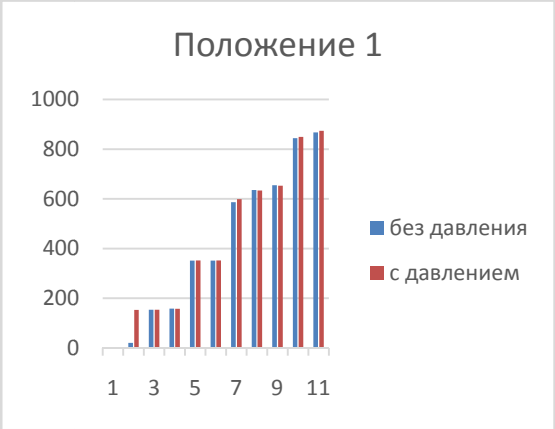


Рис. 6. Положение 1

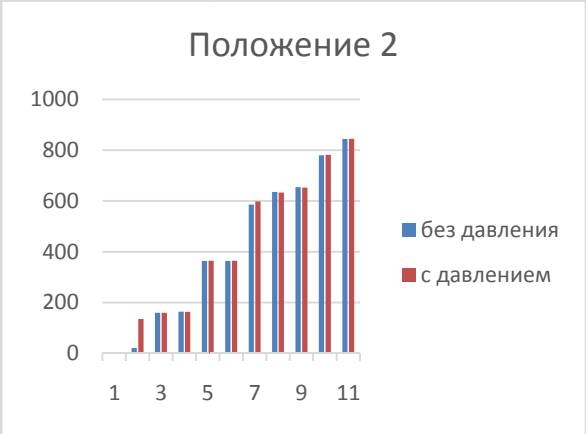


Рис. 7. Положение 2

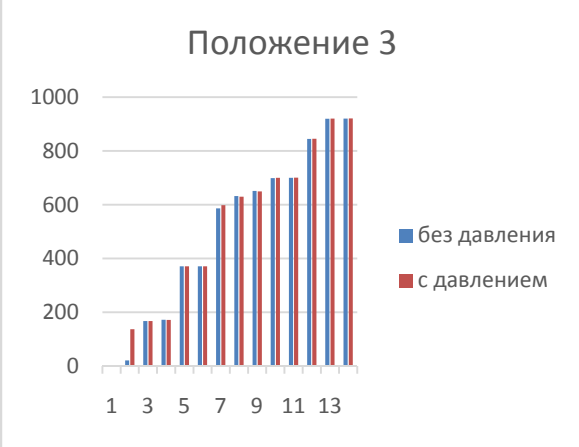


Рис. 8. Положение 3

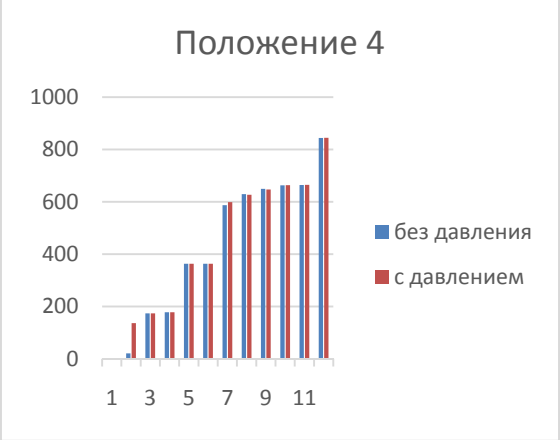


Рис. 9. Положение 4

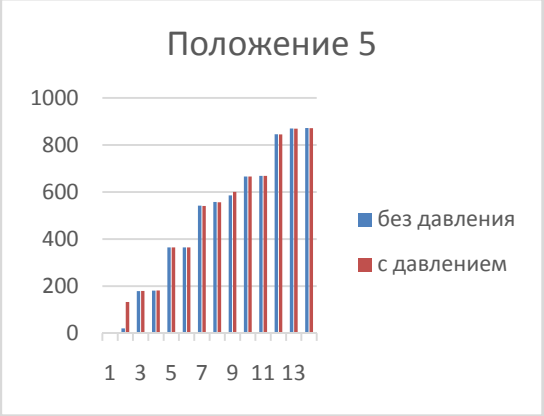


Рис. 10. Положение 5

Как видно из графиков, значения частот собственных колебаний для расчётов, проведённых с давлением и без, отличаются незначительно. Однако на первой моде, частота собственных колебаний для расчёта с давлением значительно больше частоты, посчитанной для модели без давления, численное значение которой приближается ко второй моде. Также стоит отметить, что для различных положений получилось разное количество мод. Из чего можно сделать вывод, что на количество мод и на значения частот гораздо сильнее влияют геометрические параметры, а не предварительное нагружение.

На рисунках 11, 12 представлены зависимости частот собственных колебаний, от размеров гидростойки, приведенных для моделирования с давлением и без.

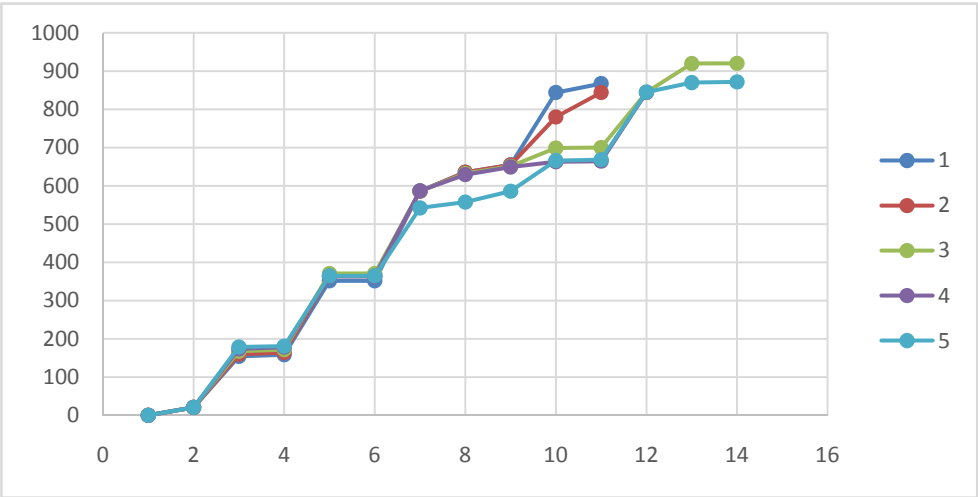


Рис. 11. Без давления

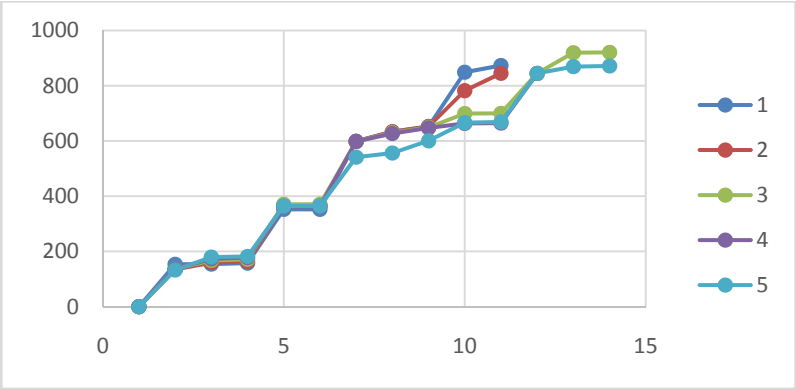


Рис. 12. С давлением

Из графиков на рисунках 11,12 видно, что до 6 моды раздвижность гидростойки не влияет на частоты, влияние здесь оказывает предварительное нагружение. А далее, в зависимости от положения ступени 1 и ступени 2 гидроцилиндра меняется количество мод и значения их частот.

Литература.

1. Буялич Г.Д., Воеводин В.В., Увакин С.В. Расчет на прочность сварных деталей в Autodesk Inventor 2014 / Буялич Г.Д., Воеводин В.В., Увакин С.В. // Инновации в технологиях и образовании сборник статей участников VII Международной научно-практической конференции : в 4 частях. Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева Великотырновский университет им. Святых. Кирилла и Мефодия Филиал КузГТУ в г. Белово Высшая школа агробизнеса и развития регионов, Пловдив. Белово, Велико-Тырново, 2014. С. 121-125.
2. 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.
3. Autodesk Inventor 2013 и Inventor LT 2013. Основы. Официальный учебный курс / Пер. с англ. Л. Талхина. – М. : ДМК Пресс, 2013. – 344 с.: ил.
4. Буялич, Г. Д. Оценка точности конечно-элементной модели рабочего цилиндра гидростойки крепи / Г. Д. Буялич, В. В. Воеводин, К. Г. Буялич // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2011. – Отд. вып. 2 : Горное машиностроение. – С. 203–206.
5. Буялич, Г. Д. Оценка точности конечно-элементной модели рабочего цилиндра гидростойки крепи / Г. Д. Буялич, В. В. Воеводин, К. Г. Буялич // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2011. – Отд. вып. 2 : Горное машиностроение. – С. 203–206.
6. Буялич, Г. Д. Выбор параметров конечно-элементной модели при расчете силовых гидроцилиндров / Г. Д. Буялич, В. В. Воеводин, К. Г. Буялич // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2012. – Отд. вып. 2 : Перспективы развития горно-транспортного оборудования. – С. 84–87.

ПОЛУЧЕНИЕ МЕТАЛЛИЗОВАННЫХ ПРОДУКТОВ ПУТЕМ ТВЕРДОФАЗНОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТВЕРДЫХ УГЛЕРОДИСТЫХ ВОССТАНОВИТЕЛЕЙ

О.И. Нохрина, д.т.н., проф., И.Д. Рожихина, д.т.н., проф., И.Е. Ходосов аспирант
Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского Томского политехнического университета
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26
Сибирский государственный индустриальный университет
654007, г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42, тел. (3843)-74-86-14
E-mail: Khodosov@mail.ru

Перспективным сырьем для производства высококачественных сталей является, так называемое, железо прямого восстановления, которое получают путем внедоменного передела железосодержащего сырья. Технологии производства металлизованных продуктов развиваются и совершенствуются с 60-х годов прошлого столетья, и к настоящему времени объем производства железа прямого восстановления достиг 76 млн. т. в год. В России и в мире железо прямого восстановления в основ-

ном получают с использованием в качестве восстановителя конвертированного природного газа. Гранулированную железную руду подают в печь шахтного типа, где при температурах, не превышающих температур плавления материалов, происходит восстановление оксидов железа. Применение природного газа приводит к удорожанию стоимости железа и ограничивает развитие данных технологий в регионах, где природный газ является дефицитным. Снижение потребления природного газа возможно при его замене углем. В настоящее время до 8 % произведенного в мире железа прямого восстановления осуществляется с использованием угля. Существуют разные технологические предложения использования угля для получения металлизованных продуктов, при этом нет единой технологии, получившей широкое промышленное распространение.

Процессы твердофазного восстановления железа из оксидов железных руд с использованием в качестве твердого углеродистого восстановителя угля не имеют однозначной оценки, что связано с многокомпонентностью системы и одновременным протеканием восстановительных реакций с участием твердого углерода и газообразных продуктов. Следует учитывать, что в процессах твердофазного восстановления одновременно развиваются реакции как прямого, так и косвенного восстановления железа из оксидов железных руд [1].

Актуальной является работа по исследованию и разработке энергоэффективной технологии комплексной переработки железосодержащего сырья и углей с целью получения металлизованных материалов, пригодных для использования при выплавке сталей ответственного назначения [2].

При проведении исследований в качестве железосодержащего сырья использовали железную руду (Таштагольского железорудного месторождения) и железорудный концентрат, полученный путем обогащения руды. В качестве твердых углеродистых восстановителей применяли коксовый орешек и угли разных технологических марок (уголь бурый марки – Б2; уголь длиннопламенный марки – Д;; уголь слабоспекающийся марки – СС; уголь тощий марки – ТО). Составы используемых материалов и технический анализ восстановителей приведены в таблицах 1-3.

Таблица 1

Фазовый состав исходной железной руды

Много:	гематит (Fe_2O_3)
Присутствует:	магнетит ($FeO{\cdot}Fe_2O_3$), гетит (α–FeOOH), кварц (SiO_2), каоленит ($Al_4[Si_4O_{10}](OH)_8$)
Немного:	хлорид железа, полевой шпат

Таблица 2 -Химический состав железосодержащих материалов

Химический состав железной руды, % масс.							
$Fe_{общ.}$	SiO_2	Al_2O_3	P_2O_5	CaO	MgO	S	влага
52,3	19,15	3,31	0,072	0,94	0,76	0,42	5,78
Химический состав железорудного концентрата, % масс.							
61,2	7,92	2,41	0,02	1,96	2,31	0,41	6,27

Таблица 3 - Технический анализ восстановителей

Восстановитель	Характеристика			
	Содержание [C] в рабочей массе,%	A^d (зола),%	V^{daf} (летучие),%	W^r (влага),%
Уголь –Б2	49,1	7,83	46,7	24,7
Уголь – Д	55,6	5,64	43,5	10,4
Уголь – СС	70,2	6,41	24,3	6,7
Уголь – ТО	76,3	8,34	15,2	5,1
Кокс	84,4	12,3	1,3	1,2

Исследования включали термодинамическое моделирование процессов твердофазного восстановления железа из оксидов железных руд с использованием программного комплекса «Терра», разработанного в Московском государственном техническом университете им. Н.Э. Баумана [3].

Процесс восстановления железа из оксидов железных руд согласно принципу Байкова протекает ступенчато:

$$Fe_2O_3 \rightarrow Fe_3O_4 \rightarrow FeO \rightarrow Fe \text{ при } T \geq 843 \text{ K}.$$

Применение углей в качестве восстановителей связано с развитием процессов прямого и косвенного восстановления. Прямое восстановление оксидов железа твердым углеродом происходит в соответствии с реакциями:

$$3Fe_2O_3 + C = 2Fe_3O_4 + \{CO\} - 129{,}07 \text{ МДж}; \quad (1)$$

$$Fe_3O_4 + C = 3FeO + \{CO\} - 187{,}28 \text{ МДж}; \quad (2)$$

$$FeO + C = Fe + \{CO\} - 152{,}67 \text{ МДж}. \quad (3)$$

Согласно [1] при наличии твердого углеродистого восстановителя взаимодействие между оксидами железа и углеродом осуществляется при участии газовой фазы, которая регенерируется углеродом по реакции газификации:

$$CO_2 + C = 2CO - 166{,}32 \text{ МДж}. \quad (4)$$

Термическое разложение угля сопровождается образованием газообразных продуктов, которые участвуют в восстановлении железа из оксидов в соответствии с реакциями:

$$3Fe_2O_3 + \{CO\} = 2Fe_3O_4 + \{CO_2\} + 37{,}25 \text{ МДж}; \quad (5)$$

$$Fe_3O_4 + \{CO\} = 3FeO + \{CO_2\} - 20{,}96 \text{ МДж}; \quad (6)$$

$$FeO + \{CO\} = Fe + \{CO_2\} + 13{,}65 \text{ МДж}; \quad (7)$$

$$3Fe_2O_3 + H_2 = 2Fe_3O_4 + \{H_2O\} - 4{,}2 \text{ МДж}; \quad (8)$$

$$Fe_3O_4 + H_2 = 3FeO + \{H_2O\} - 62{,}41 \text{ МДж}; \quad (9)$$

$$FeO + H_2 = Fe + \{H_2O\} - 27{,}80 \text{ МДж}. \quad (10)$$

Термодинамическое моделирование включало в себя исследование на модельной элементарной системе и исследование процесса восстановления железа из руды оксидов железной руды с применением углей различных технологических марок.

Модель элементарной системы с поэлементным составом *Fe-C-O*, формировали путем задания исходного состава смеси в виде 1 моля оксида Fe_2O_3 и количества молей углерода и кислорода, которые варьировались соответственно параметрами *n* и *m* ($Fe_2O_3+nC+mO$). При моделировании процессов осуществлялось решение следующих задач: определение температуры и количества углерода, обеспечивающих полное восстановление железа; определение оптимального значения показателя a^* (показатель $a^*=m/n$ – отношение количества кислорода к количеству углерода в системе). На рисунке 1 приведена зависимость абсолютного содержания компонентов газовой (*а*) и конденсированной фазы (*б*) от параметра a^*.

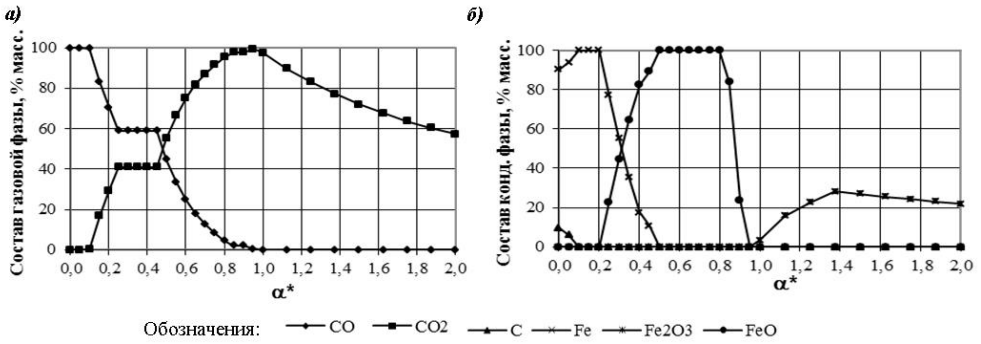


Рис. 1. Термодинамическое моделирование в системе *Fe-C-O*
а – состав газовой фазы в зависимости от значения a^*; *б* – компоненты конденсированной фазы в зависимости от значения a^*.

Анализ результатов расчета показал наличие трех областей. Восстановительная область существует при значениях $a^*<0{,}2$. Переходная область характеризуется снижением концентрации восстановленного железа до полного исчезновения и ростом содержания *FeO* в конденсированной фазе. Окислительная область начинается при $\alpha^*=0{,}5$, когда в конденсированной фазе полностью исчезает железо. При $\alpha^*=0{,}95$ в газовой фазе полностью исчезает *CO*, а в конденсированной – *FeO*. Таким образом, в результате исследования окислительно-восстановительных условий в системе *Fe-C-O* выявлены границы восстановительной, переходной и окислительной областей и соответствующие им значения α^*. Наилучшим условиям для восстановления железа соответствует значение показателя $\alpha<0{,}2$ [4].

Термодинамическое моделирование процессов твердофазного восстановления железа из оксидов руды с применением углей разных технологических марок проводили с учетом элементного, оксидного составов углеродистых восстановителей (таблицы 4,5) и составов газов, образующихся при нагреве восстановителей (таблица 6) [5,6,7].

Таблица 4

Элементный состав восстановителей

Восстановитель	Элементный анализ на горючую массу, %				
	C^{daf}	H^{daf}	N^{daf}	O^{daf}	S^{daf}
Уголь - 2Б	70,41	3,88	0,98	22,58	1,15
Уголь - Д	72,02	6,12	1,74	20,12	0,34
Уголь - СС	85,30	4,78	2,16	6,52	0,14
Уголь - ТО	90,79	3,96	2,93	2,16	0,31
Кокс	96,97	0,56	1,42	0,56	0,51

Таблица 5

Оксидный состав золы восстановителей, %

Восстановитель	Fe_2O_3	Al_2O_3	CaO	MgO	P_2O_5	SiO_2	S
Уголь - 2Б	10,30	5,40	45,30	5,90	0,20	26,90	0,68
Уголь - Д	8,17	25,60	9,70	3,70	1,80	50,00	0,61
Уголь - СС	17,46	26,55	1,2	1,58	0,5	51,1	0,02
Уголь - ТО	16,4	25,01	5,38	1,66	-	45,2	0,06
Кокс	13,12	23,72	5,15	1,76	0,69	47,9	0,02

Таблица 6

Состав газа при нагреве восстановителя до 1173 К

Восстановитель	Состав газа, %					
	CO_2	CO	H_2	CH_4	O_2	N_2
Уголь - 2Б	10,21	5,42	44,30	5,90	0,20	-
Уголь - Д	8,17	25,60	50,24	3,70	1,80	-
Уголь - СС	3,54	7,15	56,35	3,1	0,5	2,45
Уголь - ТО	1,35	8,26	67,3	2,35	0,5	4,2
Кокс	13,12	23,72	5,15	1,76	0,69	-

Результаты моделирования процессов твердофазного восстановления железа с использованием в качестве восстановителя угля позволили определить зависимости степени восстановления железа и состава газовой фазы от расхода угля каждой технологической марки. На рисунке 2, *а* представлены зависимости состава и объема газовой фазы, образующейся в результате выделения летучих компонентов при нагреве длиннопламенного угля. Зависимость степени восстановления и состава газовой фазы от расхода длиннопламенного угля при восстановлении 100 кг руды представлены на рисунке 2, *б*.

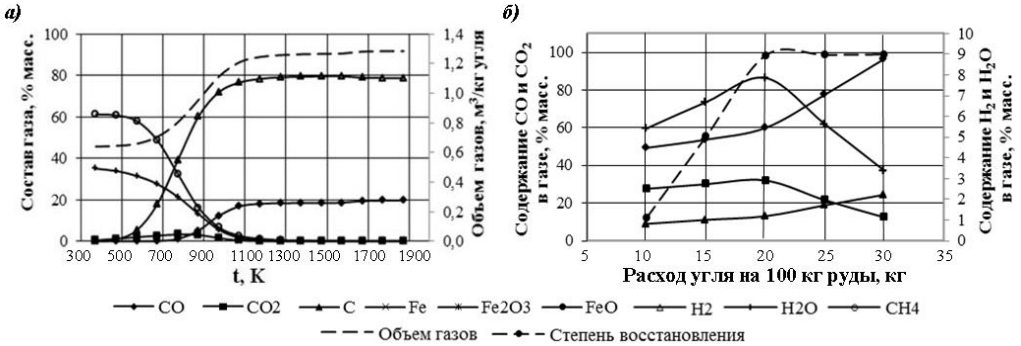


Рис. 2. Термодинамическое моделирование процессов твердофазного восстановления оксидов железа длиннопламенным углем: *а* – зависимость состава и объема газовой фазы от температуры; *б* - зависимость степени восстановления и состава газовой фазы от расхода длиннопламенного угля при восстановлении 100 кг руды

Исследования включали проведение высокотемпературных лабораторных экспериментов. Полученные в результате моделирования значения расходов восстановителей, соответствующие наиболее высокой степени восстановления, были использованы при изготовлении рудо-угольных композиций. Предварительно компоненты подвергали дроблению и последующему отсеву нужных фракций, после чего в заданных соотношениях руды и восстановителя композиции усреднялись и подвергались брикетированию. Полученные брикеты помещали в графитовый тигель и закрывали крышкой. Тигель с брикетами вводили в горячую зону печи сопротивления нагретой до температур эксперимента и оставляли на время изотермической выдержки. Для проведения экспериментов была выбрана температура изотермической выдержки 1173 K при времени выдержки 90 мин. В полученных в результате экспериментов металлизованных материалах методами химического анализа определяли содержание $Fe_{общ}$, $Fe_{мет}$, расчетным путем определяли степень металлизации - $\varphi_{мет}$, согласно формулы:

$$\varphi_{мет} = Fe_{мет}/Fe_{общ} \times 100 \quad (11)$$

где $Fe_{мет}$ – содержание железа металлического, %;

$Fe_{общ}$ – содержание железа общего (сумма окисленного и металлического железа), %.

Наиболее высокая степень металлизации (близкая к 97 %) была получена при применении рудо-угольных брикетов, в которых количество восстановителя соответствовало значению, полученному в результате термодинамического моделирования (рисунок 2, *б*).

Влияние физико-химических свойств углеродистых восстановителей на процессы твердофазного восстановления изучали путем проведения кинетических исследований [8]. Эксперименты проводили с применением метода периодического взвешивания в печи сопротивления при температурах 1273, 1373, 1473 K и продолжительности изотермической выдержки 90 мин. Расчет степени восстановления при построении кинетических кривых проводили с учетом потери массы навески с поправками на содержание в смеси влаги и улета летучих. Критерием 100 % восстановления считали потерю навеской массы, соответствующей суммарному образованию монооксида углерода по реакциям - *1, 2, 3*. Результаты экспериментов, полученные при использовании в качестве восстановителей коксового орешка, слабоспекающегося, длиннопламенного и бурого углей при разных температурах изотермической выдержи представлены на рисунке 3.

Из приведенных зависимостей следует, что через 60 мин изотермической выдержки при температуре 1473 K имеет место наибольшая степень восстановления у брикетов, составленных с использованием в качестве восстановителя длиннопламенного угля. Полученный материал содержит $Fe_{мет}$ – 83 %, при $\varphi_{мет}$ – 96 %. В результате изотермической выдержки при температуре 1373 K в течение 60 мин. наибольшая степень восстановления у брикетов, составленных с использованием в качестве восстановителя бурого угля. Полученный материал содержит $Fe_{мет}$ – 67 %, при $\varphi_{мет}$ – 97 %. В результате изотермической выдержки при 1273 K в течение 60 мин наибольшая степень восстановления наблюдается у брикетов, составленных с использованием в качестве восстановителя бурого угля. Полученный материал содержит $Fe_{мет}$ – 50 %, при $\varphi_{мет}$ – 97 %. Из рисунка 3 видно, что интенсивность протекания процессов твердофазного восстановления железа из оксидов железных руд зависит не только от вещественного состава используемых железо- и углеродсодержащих компонентов, но и от их физико-химических свойств.

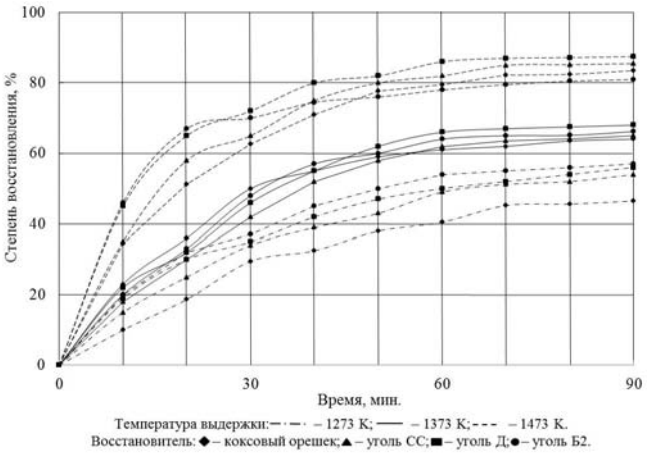


Рис. 3. Зависимость степени восстановления от времени изотермической выдержки

Исследования процессов термического разложения восстановителей проводили методом периодического взвешивания навески, помещенной в печь сопротивления, при постоянном нагреве печи от 300 до 1200 К. При проведении экспериментов использовали фракции углей соответствующие используемым при изготовлении рудо-угольных брикетов. Для создания условий недостатка кислорода в печь подавали нейтральный газ аргон с расходом 50 мл/мин. Потерю массы навески фиксировали с интервалом 50 К. Обработанные результаты экспериментов приведены на рисунке 4.

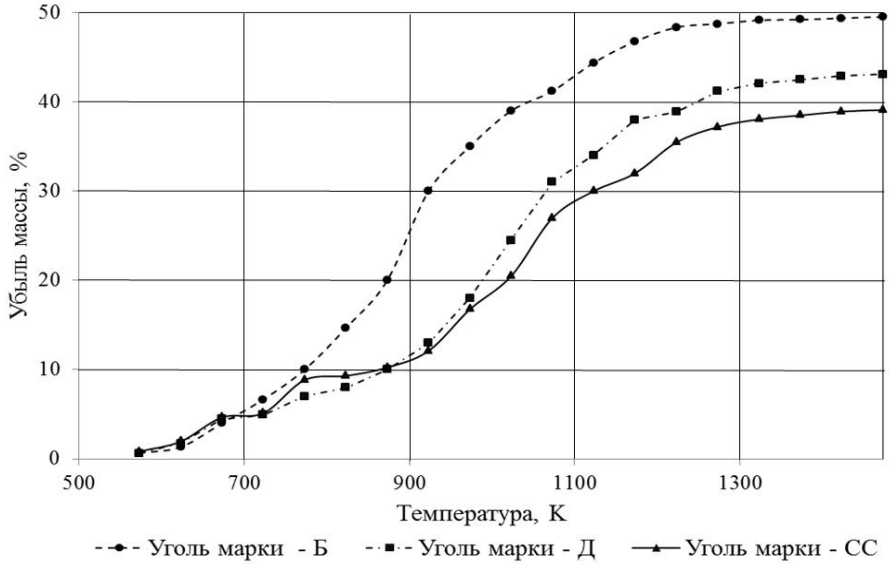


Рис. 4. Зависимость потери массы углей разных технологических марок от температуры

Из приведенных зависимостей следует, что термическое разложение углей разных технологических марок протекает по-разному. Термическое разложение бурых углей начинается при температурах ниже, чем термическое разложение каменных. Количество газообразных продуктов, выделяющихся при термическом разложении бурого угля, существенно больше, чем при разложении длиннопламенного и слабоспекающегося. Процесс термического разложения слабоспекающихся углей протекает менее интенсивно в сравнении с остальными рассматриваемыми марками угля [9].

Выводы. В результате исследований создана термодинамическая модель процесса получения металлизованных продуктов путем твердофазного восстановления железа из оксидов железных руд с использованием в качестве восстановителя угля. Применение модели позволяет определять оптимальные расходы углей разных технологических марок при получении металлизованных продуктов с заданным составом и степенью металлизации. В ходе проведенных исследований также получены сведения о влиянии физико-химических свойств разных углеродистых восстановителей на интенсивность протекания восстановительных процессов. Полученные данные могут быть использованы при разработке технологии совместной переработки железосодержащего сырья и углей с целью получения высококачественных металлизованных материалов.

Литература.

1. Юсфин Ю.С. Металлургия железа / Ю.С. Юсфин, Н.Ф. Пашков – М.: ИКЦ «Академкнига», 2007. – 464 с.
2. Ходосов И.Е. Получение чистого железа путем внедоменной переработки железных руд и углей Кузбасса / И.Е. Ходосов, О.И. Нохрина // Инновационный конвент «Кузбасс: образование, наука, инновации»: материалы Инновационного конвента. – Новокузнецк, 2014. – С. 378–380.
3. Синярев Г.Б., Ватолин Н.А., Трусов Б.Г. Применение ЭВМ для термодинамических расчётов металлургических процессов. – М.: Наука, 1982. – 32 с.
4. Рыбенко И.А. Разработка методики и системы расчета вариантов технологий непрерывного получения металла в агрегатах струйно-эмульсионного типа: дис. канд. техн. наук : 05.16.02 : защищена 28.03.00 : утв. 14.06.00 / Рыбенко Инна Анатольевна. – Новокузнецк, 2000. – 165 с.
5. Мизин В.Г., Серов Г.В. Углеродистые восстановители для ферросплавов. М. Металлургия 1976г. 272 с
6. Штумпф Г.Г. Физико-технические свойства горных пород и углей Кузнецкого бассейна: Справочник / Г.Г. Штумпф, Ю.А. Рыжков, В.А. Шаламанов, А.И. Петрров. – М: Недра, 1994. – 447 с.

7. Гасик М.И. Теория и технология производства ферросплавов / М.И. Гасик. – М.: Металлургия, 1988. – 784 с
8. Амдур А.М. Кинетика восстановления железорудного концентрата углем / А.М. Амдур, А.М. Потапов, А.Л. Разницина, М. Лхамсупен // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия – 2012. – № 8. – С. 17–20.
9. Альтернативные углеродосодержащие материалы в восстановительных процессах получения марганцевых, хромистых сплавов и металлизованного железа / Рожихина И.Д., Романенко Ю.Е., Лазаревский П.П., Ходосов И.Е. // В сборнике трудов XVIII Всероссийской научно-практической конференции «Металлургия: технологии, управление, инновации, качество» / под ред. Е.В. Протопопова. – Новокузнецк, 2014. – С. 128–134.

СИНТЕЗ И СВОЙСТВА НАНОБОРИДА ТИТАНА

К.А. Ефимова, аспирант, Г.В. Галевский, д.т.н., профессор, В.В. Руднева, д.т.н., профессор
Сибирский государственный индустриальный университет
654007, г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42, тел. (3843)-74-89-13
E-mail: kafcmet@sibsiu.ru

Введение.

Диборид титана TiB_2 – синтетический сверхтвердый, тугоплавкий, жаропрочный, износостойкий материал, востребованный для производства керметов, огнеупоров, защитных покрытий различного назначения. Сравнительно новым и значительным по объему направлением является применение его в электролитическом производстве алюминия в качестве компонента смачиваемого покрытия катодов электролизеров, защищающего их от разрушающего воздействия криолитоглиноземного расплава [1,2]. Для получения такого покрытия готовится водная суспензия, содержащая 68 – 70% твердого (90% - TiB_2, 10% -Al_2O_3). Физическая и химическая связь между коллоидными частицами Al_2O_3 и частицами TiB_2 в суспензии приводит к образованию вязкоэластичного желеподобного состояния. Такой материал не выделяет воду и ведет себя после сушки как твердый. Суспензию наносят распылением или окрашиванием с промежуточной сушкой воздухом после нанесения каждого слоя. Общая продолжительность сушки составляет 24 часа. Покрытие толщиной 1.0-2.0 мм обеспечивает смачивание катода алюминием, имеет высокое сопротивление внедрению натрия, одновременно сочетает достаточную твердость, прочность на изгиб, износостойкость, сцепление с основой, способствует снижению катодного падения напряжения и повышению катодного выхода алюминия по току.

В зарубежной практике алюминиевого производства материалы для защитных катодных покрытий алюминиевых электролизеров поставляются фирмой «МОЛТЕК» и имеют торговые марки ТИНОР А, ТИНОР М и утолщенный ТИНОР. При толщине покрытия 1 мм расход TiB_2 составляет 2.3 кг/м^2 поверхности катода [2], что свидетельствует о необходимости дальнейшего развития технологической базы его производства. В настоящее время основным способом получения TiB_2 для смачиваемых катодных покрытий является самораспространяющийся высокотемпературный синтез [3]. Однако этот способ при относительной простоте технологического решения малопроизводителен и позволяет получать TiB_2 в виде достаточно крупного порошка с частицами размерного диапазона 3-10 мкм. Есть основания предполагать, что введение TiB_2 в состав суспензии в виде более тонкого порошка с размером частиц, меньше или сопоставимым с размером частиц Al_2O_3 (0.1-1 мкм), будет способствовать повышению физико-механических и защитных свойств покрытия.

Цель исследования.

В связи с этим целью настоящего исследования является разработка научных и технологических основ плазменного синтеза диборида титана, его физико-химическая аттестация, определение основных технологических показателей предлагаемого способа получения.

Плазменный синтез и характеристики диборида титана.

По результатам моделирования взаимодействия сырьевого и плазменного потоков осуществлен выбор порошкообразного сырья и газов – восстановителя и теплоносителя, характеристики которого приведены в табл. 1.

Таблица 1

Основные характеристики порошкообразного сырья и технологических газов

Порошкообразное сырье и технологические газы	**Содержание основного вещества, % не менее**	**Дисперсность, мкм**
Тонкодисперсный порошок титана ПТМк	99.9	0,5-5
Диоксид титана пигментный Р-1 ГОСТ 9808-84, изм.	99.0	-1
Бор аморфный Б99	99.0	-1
Метан (природный газ)	93.6 (этан-3.0; пропан-2.18; бутан-1.18)	-
Технический водород ГОСТ 3022 – 80, изм	99.8	-
Технический азот ГОСТ 9293-74, изм.	99.5 (содержание кислорода не более 0.5)	-

Процесс синтеза диборида титана исследовался при мощности дугового разряда 80 – 150 кВт при расходе плазмообразующего газа $(4.6 – 9.0)\cdot10^{-3}$ кг/с, что соответствует начальной температуре плазменного потока 5400 – 5500 К. Массовая расходная концентрация составляла 0.10 кг порошка / кг плазмообразующего газа. Закалка продуктов синтеза осуществлялась азотом, подаваемым через закалочное кольцо, установленное на выходе из реактора. Температура закалки регулировалась изменением длины реактора. Расход закаливающего газа составлял $(1.0 – 2.0)\cdot10^{-3}$ кг/с.

Твердые продукты синтеза исследовались методами рентгеновского, химического, масс-спектрометрического, электронно-микроскопического, термогравиметрического анализов и методом БЭТ. Для решения различных задач исследования анализировались образцы, отобранные для предотвращения контакта с воздухом из плазменного потока металлическим водоохлаждаемым зондом, а также образцы нанопорошков из системы улавливания, отобранные после разгерметизации фильтров. Газообразные продукты и продукты термодесорбции исследовались хроматографическим методом.

Исследовались два технологических варианта, с использованием шихт различных составов: 1 – ($Ti + B + H_2$), 2 – ($TiO_2 + CH_4 + B$). При этом оптимизировалось содержание в продуктах синтеза диборида титана. Получены следующие уравнения, описывающие зависимость содержания диборида титана от основных технологических факторов:

$$[TiB_2\ (1)] = - 412.41 + 0.09489T_0 + 2.196[B] + 0.1597\{H_2\} – 0.00061T_0[B]; \quad (1)$$

$$[TiB_2\ (2)] = 4.59 + 0.0156\ T_0 + 0.00213T_з – 0.0688\{CH_4\} – 0.214[B]\cdot\{ H_2\} \quad (2)$$

где T_0 – начальная температура плазменного потока (5000 – 5400 К);

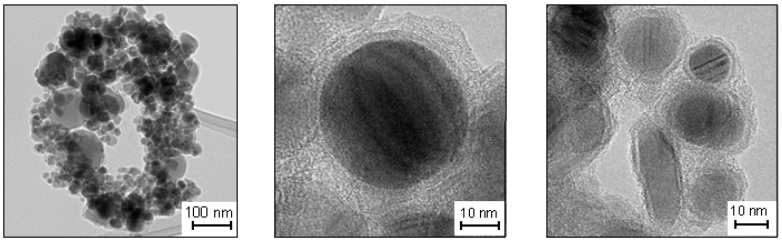
$T_з$ – температура закалки (2600 – 2800 К);

[B] – содержание бора в шихте (100 – 120% от стехиометрически необходимого);

$\{CH_4\}$ – количество восстановителя (метана) (100 – 120% от стехиометрически необходимого);

$\{H_2\}$ – концентрация водорода в плазмообразующем газе (0-0.25 % об.).

Основные параметры синтеза и характеристики диборида титана представлены в табл. 2. Сопоставление двух вариантов синтеза позволяет выбрать в качестве более перспективного борирование титанового порошка. Нанопорошок диборида титана представлен агрегатами шаровидной формы размером 120 – 200 нм, образованных сообществом округлых частиц достаточного широкого размерного диапазона от 10 до 60 нм (рис. 1). Округлая форма наночастиц диборида титана показывает на возможность из образования по механизму «пар – расплав – кристалл», предположительно при взаимодействии «титанового» аэрозоля с бороводородами.



а) б) в)

Рис. 1. Микрофотографии нанопоршка диборида титана (а – ансамбль частиц и агрегатов; б – морфологическая картина агрегата; в – отдельные частицы)

Предполагается, что по фазовому и химическому составам, уровню дисперсности, основным технологическим показателем предлагаемый способ получения диборида титана является конкурентоспособным и может занять лидирующее положение в производстве диборида для защитных смачиваемых алюминием катодных и гальванических композиционных покрытий [2,4].

Таблица 2

Основные параметры синтеза и характеристики диборида титана

Параметры синтеза и характеристики диборида титана	**Технологические варианты синтеза**	
	1(Ti + B +H_2)	**2(TiO_2 + B + CH_4)**
Состав газо – теплоносителя, [% об.] - азот - водород - природный гах (метан)	 74.0 25.0 1.0	
Крупность титансодержащего сырья, [мкм]	0.5…4.0	0.2…1.0
Крупность борсодержащего сырья, [мкм]	0.25…0.40	
Количество бора в порошкообразной шихте, [% от стехиометрического]	100 – 120	
Количество восстановителя (метана), [% от стехиометрического]	-	100-120
Начальная температура плазменного потока, [К]	5400	
Температура закалки, [К]	2600 - 2800	
Химический состав, [%] TiB_2 свободный бор титан свободный углерод свободный кислород азот летучие	 92.0 – 93.0 1.30 – 1.15 1.91 – 1.45 - 2.29 – 1.83 2.05 – 1.92 0.45 – 0.65	 90.05 – 91.30 1.91 – 1.04 - 1.42 – 0.92 3.72 – 3.52 2.26 – 2.11 0.64 – 1.11
Удельная поверхность, [$м^2$/кг]	46000 –48000	35000 - 37000
Форма частиц	округлая	
Окисленность порошков x10^7, [кг O_2/$м^2$ удельной поверхности]	3.82 – 4.98	9.51 – 10.63
Производительность по сырью, [кг/ч]	3.6	
Производительность по TiB_2, [кг/ч]	3.42	2.35
Интенсивность, [кг/ч·$м^3$]	1556	1070

Выводы.

Установлена возможность получения диборида титана в наносостоянии из порошковых шихт титан – бор и диоксид титана – бор в условиях плазменных азотно – водородного и азотно – углеводородного потоков. Выявлен и обсужден механизм процессов боридообразования. Сопоставление двух вариантов синтеза позволяет выбрать в качестве более перспективного борирование титанового порошка. По фазовому и химическому составу, дисперсности диборида титана предлагаемый способ его получения является конкурентоспособным и может занять лидирующие положения в производстве этого материала для защитных смачиваемых алюминием катодных и гальванических композиционных покрытий.

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

Литература.

1. Галевский Г.В. Металлургия алюминия. Технология. Электроснабжение. Автоматизация. / Г.В. Галевский [и др.] – М: Флинта: Наука. 2008 – 528 с.
2. Serlire M., Oye H.A. Cathodes in Aluminum Electrolysis – Dusseldorf: Aluminum – Verlag, 2010. 698 p.
3. Чанг Х., Де Нора В., Секхар Дж.А. Материалы, используемые в производстве алюминия методом Эру-Холл / Пер. с анг. П.В. Полякова – Красноярск: КрГУ, 1998 – 154 с.
4. Nozdrin I.V., Terenteva M.A., Galevski G.V., Rudneva V.V. Features of Electrodiposition of «Nickel – Chromium Diboride Nanopowder» Composite Coatings: // Russian Journal of Non – Ferrous Metals: 2013. V. 54. №5. Pp. 383 - 387

ОСОБЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВА НАНОПОРОШКА КАРБОНИТРИДА ХРОМА И ЕГО ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ АТТЕСТАЦИЯ

Л.С. Ширяева, к.т.н., доц., И.В. Ноздрин, к.т.н., доц., Г.В. Галевский, д.т.н., проф.
Сибирский государственный индустриальный университет
654007, г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42, тел. 8-384-3-74-89-13
E-mail kafcmet@sibsiu.ru

Близкий по составу и структуре к карбонитриду хрома $Cr_3(C_{0,80}N_{0,20})_2$ карбид Cr_3C_2 – износо- и коррозионностойкий, твёрдый, химически инертный материал – востребован в современных технике и технологиях для изготовления защитных покрытий металлов и керметов, в качестве компонентов и легирующих добавок безвольфрамовых твёрдых сплавов. Анализ современного состояния отечественного и мирового производства и применения карбида хрома показывает, что можно выделить три группы способов его получения с точки зрения агрегатного состояния сырья и основных областей применения: карботермическое восстановление оксида хрома в насыпном или компактированном виде в неокислительной атмосфере (N_2, H_2, вакуум, инертный газ); карботермическое восстановление оксида хрома в расплаве; карботермическое восстановление оксида хрома в газовой фазе. Карбид хрома, полученный способами первой группы, применяется в порошковой металлургии в технологии керметов, второй – для напыления и наплавки защитных покрытий, третьей – в наноматериалах. Дальнейшие перспективы применения карбида хрома связаны с производством его в наносостоянии. Разработанная и освоенная в 80-х годах в рамках комплексной научно-технической программы государственного значения «Сибирь» под руководством академика РАН М.Ф. Жукова и профессора Г.В. Галевского технология плазмометаллургического синтеза относится к третьей группе способов получения карбида хрома и реализуется с использованием трёхструйного прямоточного плазменного реактора мощностью до 50 кВт и азота в качестве плазмообразующего газа. Реализация предлагаемой плазмометаллургической технологии в полной мере делает её экологически безопасной, обеспечивающей получение нанокарбида хрома, близкого по составу к стехиометрическому, в виде нанопорошков с размером частиц 30–70 нм и возможность выделения в товарном виде нанодисперсного пиролитического углерода и продукта улавливания цианистого водорода – технического цианида натрия. Наряду с достоинствами в данной технологии имеются такие недостатки, как техническая и экономическая нецелесообразность использования в качестве карбидизатора пропан - бутановой смеси, требующей для переработки сложной по составу и генерации азотно-аммиачно-водородной плазмы, а также лабораторный уровень реализации.

Целью работы является создание научных и технологических основ плазменного синтеза карбонитрида хрома и его физико-химическая аттестация.

В настоящее время в Сибирском государственном индустриальном университете (СибГИУ) накоплен значительный опыт исследования и эксплуатации трёхструйного прямоточного плазменного реактора с работающими на азоте электродуговыми плазмотронами и применения его для синтеза тугоплавких карбидов, боридов, их композиций, обобщённый в работах [1-3]. Показано, что оптимальной следует считать конструкцию реактора с равномерным расположением плазмотронов по окружности, с углом наклона плазменных струй к оси реактора 30–45º и тепловой защитой интенсивно охлаждаемых стенок, обеспечивающую оптимальный режим работы камеры смешения, высокую равномерность радиального распределения температуры и скорости при минимальных потерях тепловой энергии. Однако описанные в [1-3] 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 о его теплотехнических и технологических характеристиках.

Для определения промышленного уровня мощности трехструйного реактора проведено его теплотехническое обследование в диапазоне мощности 80-250 кВт, включающее определение теплового КПД плазмотронов, достигаемой удельной энтальпии плазменного потока на входе в реактор, массового расхода генерируемого в этих условиях плазмообразующего газа. Установлено, что сочетание теплового КПД, требуемой удельной энтальпии плазмообразующего газа и его массового расхода, близкое к оптимальному, достигается при мощности реактора 150 кВт. Дальнейшее повышение уровня мощности нецелесообразно, поскольку при возможном конструктивном выборе плазмотронов не обеспечивается требуемая удельная энтальпия плазменного потока. Для трехструйного реактора с внутренним каналом диаметром 0,054 м и мощностью 150 кВт среднемассовая температура

плазменного потока на длине 12 калибров изменяется в пределах (5500÷2650) К для нефутерованного канала и (5500÷3200) К при теплоизоляции его цилиндром из диоксида циркония толщиной 0,005 м; при этом температура внутренней поверхности изменяется в пределах (800÷350) К и (1900÷850) К соответственно. Удельная электрическая мощность достигает 1214 МВт/м^3, что значительно превышает этот показатель для традиционного электротермического оборудования (обычно около 0,2 МВт/м^3). Расчетный ресурс работы электродов составляет для медного анода 4700, вольфрамового катода 111 часов. Прогнозируемое загрязнение карбида хрома продуктами эрозии электродов не превышает 0,0001 % меди и 0,00002 % вольфрама. По совокупности характеристик трехструйный плазменный реактор мощностью 150 кВт может быть отнесен к высокоэффективному, надежно работающему современному электротермическому оборудованию.

Модельно-математическое исследование взаимодействия сырьевого и плазменного потоков включало проведение термодинамического и кинетического анализов. В связи с использованием в процессах синтеза в качестве хромсодержащего сырья – хрома, оксида Cr_2O_3 и трихлорида $CrCl_3$, углеводородного сырья – метана и плазмообразующего газа – азота объектами исследования являлись системы C–H–N, Cr–O–C–H–N, Cr–Cl–C–H–N, Cr–C–H–N.

Термодинамический анализ процессов синтеза проведен с целью прогнозирования оптимальных параметров получения карбида хрома (соотношения компонентов и температуры), определения для квазиравновесных условий, исключающих присутствие конденсированного углерода, показателей процесса (степени превращения сырья в карбид, составов газообразных и конденсированных продуктов), оценки вклада в процессы карбидообразования газофазных реакций, обеспечивающих в условиях плазменных технологий эффективную переработку дисперсного сырья. Необходимые для анализа составы газообразных и конденсированных продуктов рассчитывались «константным» методом, основанном на совместном решении уравнений закона действующих масс, материального баланса, суммарного числа молей газовой смеси, существования конденсированной фазы, закона Дальтона с использованием программы компьютерного моделирования высокотемпературных сложных химических равновесий «PLASMA» (ИХТТиМ СО РАН), имеющей встроенную базу данных продуктов взаимодействия для оксидо-, боридо-, карбидо- и нитридообразующих систем [4,5]. При расчетах рассматривалась область температур 1000-6000 К при общем давлении в системе 0,1 МПа. Термодинамический анализ выбранных технологических вариантов показал, что в системах Cr:O:C:H:N и Cr:C:H:N 100 %-ный выход карбида хрома возможен при стехиометрических соотношениях Cr:C и C:H и температуре 2000–2200 К. В системе Cr–C–Cl–H–N 100%-ный выход карбида хрома достигается при стехиометрическом соотношении Cr:C, 3-х кратном избытке водорода и температуре 2000-2200 К. Образование карбида хрома происходит с участием конденсированного хрома и циановодорода по механизму «пар – расплав – кристалл», что позволяет предположить возможность достижения его высокого выхода в реальных условиях синтеза.

Многовариантное модельно-математическое исследование макрокинетических параметров испарения дисперсного хромсодержащего сырья проведено с использованием усовершенствованной математической модели взаимодействия плазменного и сырьевого потоков А.Л. Моссэ – И.С. Бурова – Г.В. Галевского, основанной на совместном решении уравнений движения частиц сырья, межкомпонентного теплообмена и теплообмена плазменного потока со стенками реактора и учитывающей влияние на интенсивность теплообмена дисперсного сырья и искусственной теплоизоляции канала [6].

Для взаимодействия дисперсного хромсодержащего сырья с высоконагретым потоком газа в плазменном реакторе рассчитана степень испарения сырья в зависимости от энергетических параметров реактора, крупности, скорости ввода в плазменный поток и массовой расходной концентрации. При подводимой к реактору мощности 75 кВт 100 %-ная степень испарения для частиц хрома крупностью 10…30 мкм при массовой расходной концентрации 0,14…0,12 кг порошка хрома / кг газа-теплоносителя. Для оксида хрома (III) и хлорида хрома (III) эти показатели составляют соответственно 5…20 мкм и 0,14…0,10 кг/кг, 30…70 мкм и 0,16…0,14 кг/кг. На основании полученных результатов выбраны сырьевые материалы для синтеза карбида хрома.

Результаты модельно-математического исследования позволили спрогнозировать технологические показатели плазмометаллургического производства карбида хрома для различного вида хромсодержащего сырья и выбрать оптимальный технологический вариант (табл. 1). При расчёте показателей учитывались потери сырья в реакторе в количестве 4 % и потери продуктов синтеза в системе

улавливания в количестве 5 %. Можно видеть, что оптимальным технологическим вариантом является карбидизация хрома природным газом.

Технологические исследования проводились в условиях НПФ «Полимет» на базе промышленного плазмотехнологического комплекса мощностью 150 кВт, подробно описанного в [7] и включающего трехструйный прямоточный плазменный реактор, системы электро-, газо-, водоснабжения, дозирования шихтовых материалов и улавливания продуктов синтеза.

Для генерации плазменного потока в реакторе используются три электродуговых подогревателя (плазмотрона) ЭДП-104А мощностью до 50 кВт каждый, установленные в камере смешения под углом 30 ° к оси реактора.

Таблица 1

Прогнозируемые технологические показатели плазмометаллургического производства карбида хрома

Показатели процесса	Технологические варианты		
	Карбидизация хрома метаном	Восстановление Cr_2O_3 метаном	Восстановление $CrCl_3$ метаном
Степень превращения сырья	0,95	0,95	0,95
Выход карбида хрома, %	92,0	90,0	91,8
Производительность по карбиду хрому, кг/ч	3,42	2,79	1,69
Интенсивность производства, кг/ч·м^3	1368	1116	676
Расход хромсодержащего сырья, кг/кг	0,9	1,3	2,76
Расход газа –теплоносителя, кг/кг	9,47	11,6	19,7
Расход метана, кг/кг	0,175	0,58	0,18
Расход эл. энергии, кВт·ч /кг	65,79	80,65	133,14

Камера смешения соединена с секционированным водоохлаждаемым каналом, имеющим внутренний диаметр 0,064 м. Для снижения радиального градиента температуры в пристеночной зоне реактор футерован цилиндрическими вставками из диоксида циркония с толщиной стенки 0,005 м и наружным диаметром 0,064 м, уменьшающими диаметр его канала до 0,054 м. Изменение длины реактора и подача в плазменный поток холодного газа (азота) через закалочное кольцо, устанавливаемое на выходе из реактора, позволяют проводить закалку продуктов синтеза в различных температурных зонах. Подача высокодисперсного сырья в камеру смешения осуществляется с помощью водоохлаждаемой фурмы.

Электропитание промышленного плазменного реактора осуществляется от тиристорного преобразовательного агрегата серии АТП-750/600. Для дозирования порошкообразного сырья применяется дозатор смешанного электромеханического и газовихревого типа периодического действия со съемным цилиндром – приемником порошкообразного сырья. Система улавливания продуктов синтеза включает осадительную камеру, где улавливается до 10 % нанопорошка и температура технологических газов снижается до 873 К, и двух работающих поочередно рукавных фильтра, улавливающих до 85 % нанопорошков.

В качестве плазмообразующего газа использовался азот технической чистоты с содержанием кислорода до 0,5 % об., хромсодержащего сырья – хром металлический марки ПХ-1М (ТУ 14-1-1474-75, изм.), карбидизатора – природный газ с содержанием метана до 94 % об. (остальное – этан, пропан, бутан).

Технологические исследования проводились с привлечением метода планируемого эксперимента, что позволило найти зависимости содержания в продуктах синтеза близкого по составу к карбиду карбонитрида хрома и сопутствующих ему примесей от определяющих факторов в виде следующих уравнений:

$$[Cr_3(C_{0,8}N_{0,2})_2] = 66,12 + 0,03T_0 - 0,42\,C_{H_2} - 0,14\,C_{NH_3} - 0,00002T_з\cdot C_{NH_3} \quad (1)$$

$$[Cr_{своб.}] = 147,95 - 0,027T_0 - 0,34\,C_{H_2} - 1,37\,C_{NH_3} + 0,0003T_0\cdot C_{NH_3} \quad (2)$$

$$[C_{своб.}] = -150,30 - 0,002T_0 + 1,3\,C_{H_2} + 13,5\,C_{NH_3} - 0,00008T_0\cdot C_{NH_3} + 0,0002T_з\cdot C_{H_2} \quad (3)$$

$$[Cr_2O_3] = 41{,}80 - 0{,}0069T_0 - 0{,}208\,C_{CH_4} + 0{,}00004T_0 \cdot C_{CH_4} \quad (4)$$

$$[N_{связ.}] = 1{,}74 + 0{,}001T_0 - 0{,}012\,C_{H_2} - 0{,}03\,C_{NH_3} - 0{,}00001T_з \cdot C_{NH_3}, \quad (5)$$

где $[Cr_3(C_{0,8}N_{0,2})_2]$, $[Cr_{своб.}]$, $[C_{своб.}]$, $[Cr_2O_3]$, $[N_{связ.}]$ – содержание, в % масс., в продуктах синтеза карбонитрида, свободных хрома и углерода, оксида хрома (III) и связанного азота; T_0 и $T_з$ – начальная температура плазменного потока и температура закалки, К; C_{CH_4} – количество углеводорода от стехиометрически необходимого для карбидизации хрома, %; C_{H_2} – концентрация водорода в плазмообразующем газе, % об.; C_{NH_3} – количество атомарного азота в плазмообразующем газе, N (NH_3) / C (CH_4), % от стехиометрического.

При этом средний размер формирующихся в плазменном потоке частиц карбонитрида хрома, рассчитанный по величине удельной поверхности, пропорционален среднемассовой температуре потока в степени -2,96 (уравнение 6):

$$\bar{d} = (726 \pm 35{,}1)\ T^{(-2{,}96 \pm 0{,}436)}. \quad (6)$$

Оптимальные значения технологических факторов и допустимые пределы их изменения, а также основные характеристики синтезируемого при этих условиях карбонитрида хрома, полученные при пятикратном дублировании опытов, приведены в табл. 2.

Таблица 2

Допустимые пределы изменения параметров синтеза карбонитрида хрома
в промышленном реакторе мощностью 150 кВт и его основные характеристики

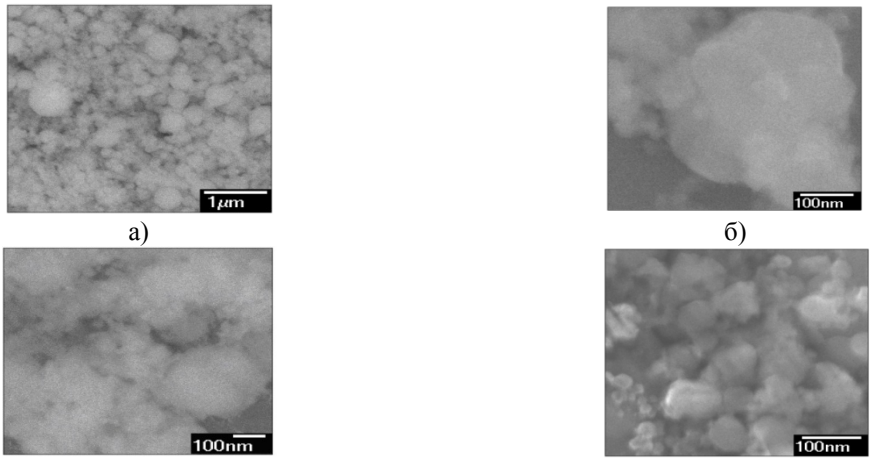
Параметры синтеза и характеристики карбонитрида хрома	Значение
Состав газа–теплоносителя, % об. –азот	 100
Состав карбидизатора, % об. –метан –этан –пропан –бутан	 93,6 3,0 2,2 1,2
Состав хромсодержащего сырья, % масс. –хром металлический	 99,3
Крупность хромсодержащего сырья, мкм	–10
Производительность по сырью, кг/ч	3,11
Количество карбидизатора, % от стехиометрического	120–140
Начальная температура плазменного потока, К	н.м. 5400
Температура закалки, К	2000÷2200
Фазовый состав	$Cr_3(C_{0,80}N_{0,20})_2$
Химический состав, % масс. – $Cr_3(C_{0,80}N_{0,20})_2$ –хром свободный –углерод свободный –оксид хрома (III)* –летучие	 91,8–93,45 2,10–1,80 1,30–1,10 4,00–3,00 0,80–0,60
Выход карбонитрида хрома, % масс.	92,0
Удельная поверхность, $м^2$/кг	32000–37000
Размер** частиц, нм	30–35
Форма частиц	шаровидная
Окисленность нанопорошка карбонитрида хрома*** $x10^7$, кг $O_2/м^2$	2,56
Производительность, кг/ч	3,42
Интенсивность, кг/ч·$м^3$	1368
Примечание: *– определялось по содержанию кислорода; **– рассчитывался по величине удельной поверхности; ***– определялась после выдержки на воздухе в течение 24 ч.	

Для комплексной физико-химической аттестации продуктов синтеза методами рентгеновского и химического анализов исследовались кристаллическая решётка, фазовый и химический составы, а методами просвечивающей (ПЭМ) и растровой (РЭМ) электронной микроскопии – дисперсность и морфология частиц.

Для комплексной физико-химической аттестации продуктов синтеза методами рентгеновского и химического анализов исследовались кристаллическая решётка, фазовый и химический составы, а методами просвечивающей (ПЭМ) и растровой (РЭМ) электронной микроскопии – дисперсность и морфология частиц.

Установлено, что продуктом плазменного синтеза является тройное соединение – карбонитрид хрома. $Cr_3(C_{0,80}N_{0,20})_2$, идентифицированный как ромбический карбонитрид с кристаллической структурой, отличающейся от структуры карбида наличием октаэдрических структурных элементов, внутри которых расположены атомы азота. В исследуемом диапазоне изменения параметров синтеза состав карбонитрида хрома практически не меняется и в пределах точности анализа и расчёта соответствует $Cr_3(C_{0,80}N_{0,20})_2$. Содержание в продуктах синтеза нанокарбонитрида хрома составляет 91,8 – 93,5 % масс. Микрофотографии нанокарбонитрида хрома приведены на рис. 1. Нанопорошок карбонитрида хрома представлен агрегатами шарообразной или близкой к ней формы размером от 600 до 150 нм, образованными сообществом глобулярных частиц достаточно широкого размерного диапазона – от 20 до 80 нм, число которых в агрегате зависит от его крупности. Наноуровень и морфология частиц позволяют рассматривать их как продукты науглероживания микрокапель хрома, образующихся при объёмной конденсации его паров, жидкокапельной коалесценции и кристаллизации, а присутствие в исследуемых объектах агрегатов различного объёма указывает на высокую вероятность дальнейшего укрупнения наночастиц при понижении температуры путём их коагуляции.

Оценка экономической эффективности плазмометаллургического производства карбонитрида хрома



а) б) в) г)

Рис. 1. Микрофотографии нанокарбонитрида хрома – РЭМ: а – внешний вид; б – морфологическая картина агрегата; в – ансамбль частиц и агрегатов; г – отдельные частицы

показывает, что при объеме производства 3,7 т карбонитрида хрома в год (в расчете на 1 реактор) и себестоимости 2869 тыс. руб./т отпускная цена составляет 13000 руб./кг, что свидетельствует о его конкурентоспособности на мировом рынке нанопорошковых материалов. В настоящее время ведущими зарубежными производителями нанопорошков карбидов, среди которых научно-производственные фирмы «Nanostructured & Amorphous Materials. Inc.» (США), «Tokyo Tekko Co» (Япония), «Hefei Nanotechnology & Development htd. Co» (Китай), «Neomat Co» (Латвия), «Plasma Chem Gmbh» (Германия) установлен диапазон цен на нанопорошки карбидов в пределах 24000–100000 руб./кг. Срок окупаемости капиталовложений составляет 1,5 года, что подтверждает экономическую и технологическую целесообразность организации производства карбонитрида хрома. При этом одной из наиболее предпочтительных сфер применения карбонитрида хрома является технология композиционного электроосаждения защитных покрытий [8].

Выводы. На основании проведенных модельно-математических и технологических исследований определены оптимальные значения параметров синтеза нанокарбида хрома и его физико-

химические характеристики. Установлено, что при карбидизации порошка хрома метаном в условиях плазменного потока азота в области температур 5400 – 2000 К образуется карбонитрид хрома состава $Cr_3(C_{0,8}N_{0,2})_2$. Исследованы фазовый и химический составы, дисперсность, морфология и окисленность продуктов синтеза. Определены такие основные технико-экономические показатели предлагаемой технологии, как производительность, интенсивность, себестоимость, отпускная цена.

Работа выполнена в СибГИУ в рамках проектной части государственного задания Минобрнауки России № 11.1531.2014/К

Литература.

1. Галевский Г.В., Жуков М.Ф., Корнилов А.А., Ноздрин И.В., Гусев А.А. Гидродинамические и теплотехнические характеристики трехструйного прямоточного реактора для высокотемпературного синтеза тонкодисперсных материалов. – Нов-ск : ИТФ СО АН СССР, 1990. – 40 с.
2. Руднева В.В. // Вестник РАЕН: Проблемы развития металлургии в России. 2006. Т. 6. № 3 . С. 18-30.
3. Галевский Г.В., Руднева В.В., Полях О.А. Технология плазмометаллургического производства наноматериалов. Т. 1. Основы проектирования плазмометаллургических реакторов и процессов. – М. : Флинта : Наука, 2008. – 228 с.
4. Ноздрин И.В., Ширяева Л.С. Термодинамический анализ процессов плазменного синтеза карбида хрома // // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. – 2011.– № 10.– С. 3-7.
5. Ноздрин И.В., Галевский Г.В., Руднева В.В. // Моделирование, программное обеспечение и наукоемкие технологии в металлургии : Труды 3-й Всероссийской научно-практической конференции. Нов-цк : СибГИУ. 2011. С. 60-64.
6. Ноздрин И.В., Руднева В.В., Ширяева Л.С., Терентьева М.А. Модельно-математическое исследование условий эффективной переработки хромсодержащего сырья в плазменном реакторе // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. – 2012.– № 2.– С. 13-18.
7. Руднева В.В., Юркова Е.К. Наноматериалы и нанотехнологии в производстве карбида кремния / Доп. том. Плазменный синтез и компактирование нанокарбида кремния. – Нов-цк : ИЦ СибГИУ, 2011. – 241 с.
8. Полях О.А., Руднева В.В. Плазмометаллургическое производство карбида кремния для композиционного никелирования и хромирования. – М. : Флинта : Наука, 2006. – 188 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ АМОРФНОЙ СТРУКТУРЫ ВИХРЕВЫХ ЗОН, ПОЛУЧЕННЫХ ПРИ СВАРКЕ ВЗРЫВОМ НИОБИЯ И НЕРЖАВЕЮЩЕЙ СТАЛИ

И.Д. Кучумова
Новосибирский государственных технический университет
630073, г. Новосибирск пр. Маркса, 20, тел. (383) 346 02 09
E-mail: ivannakz@mail.ru

1. Введение

Существует множество способов получения биметаллических композиционных материалов, одним из которых является сварка взрывом. Формирование сварного соединения при сварке взрывом осуществляется в процессе соударения пластин под действием энергии, выделяющейся при взрыве заряда взрывчатого вещества Образующиеся при этом высокие давления в точке контакта между свариваемыми пластинами позволяют получить высококачественное плотное соединение [1].

В данной работе представлены результаты исследований особенностей структуры сварных соединений, полученных в процессе сварки взрывом нержавеющей стали и ниобия. Биметаллы данного типа обладают высокой коррозионной стойкостью и могут использоваться в биомедицине и химической промышленности. Не смотря на то, что явление сварки взрывом, как один из способов соединения разнородных материалов, известно давно, информации о структуре получаемых сварных швов в литературе мало. В частности, структура соединений между ниобием и нержавеющей сталью ранее никем не исследовалась.

2. Методы и материалы

В качестве исходных материалов для сварки взрывом использовались фольга ниобия размерами 50x50x0,1 мм и пластина нержавеющей стали размерами 70x70x3мм. Толщина фольгиниобия была относительно невелика, поэтому она прикреплялась к ведущей пластине из нержавеющей стали толщиной 0,2 мм. В качестве взрывчатого вещества использовался SEP, разработанный компанией Asahi-Kasei Chemicals Corp. Процесс сварки проходил под водой по технологии, предложенной К.

Хокамото [2]. Сварка взрывом ниобия и нержавеющей стали производилась в университете г. Кумамото (Япония).

Полученные образцы были исследованы с помощью оптической микроскопии (на микроскопе Carl Zeiss Axio Observer A1m), растровой электронной микроскопии (на микроскопе Carl Zeiss EVO 50 XVP) и просвечивающей электронной микроскопии (на микроскопе Tecnai G2 20). Образцы для растровой электронной микроскопии и оптической микроскопиипредставляли собой поперечные шлифы, подготовленные по стандартной технологии, которая включала в себя шлифование на абразивных бумагах и полирование на алмазных суспензиях. Образцы для просвечивающей электронной микроскопии готовили в несколько этапов. На первом этапе из полученных образцов вырезали полуцилиндры диаметром ~3 мм, которые склеювалисьтак, чтобы слой ниобия находился внутри. Затем полученные цилиндры разрезались на диски толщиной около 1 мм, механически утонялись на абразивных бумагах и установке Gatan Dimple Grinder до толщины менее 10 мкм. На финальной стадии подготовки заготовка утонялась на установке для ионного утоненения. Элементный состав полученных материалов определялся при помощи метода энергодисперсионного микрорентгеноспектрального анализа (Oxford Instruments X-Axt). Оценка механических свойств материала производилась методом измерения микротвердости по Виккерсу.

3. Результаты исследований

На рисунке 1 представлена фотография, полученная на оптическом микроскопе и указывающая на образование волнообразной поверхности раздела свариваемых пластин. Эта волнообразная поверхность является сварным швом, полученным при сварке взрывом. На вершинах и впадинах волн располагаются вихревые зоны (рисунок 2). Эти зоны представляют собой области, в которых происходило перемешивание двух материалов – ниобия и нержавеющей стали. Элементный состав этих зон представлен в таблице 1.

Таблица 1

Элементный состав вихревых зон

Fe (вес. %)	Cr(вес. %)	Ni(вес. %)	Nb(вес. %)
38,94	10,45	4,17	40,26

При исследовании вихревых зон на просвечивающем электронном микроскопе удалось установить, что материал этих участков имеет аморфную структуру (рисунок 3). Явление аморфизации металлических материалов встречается крайне редко. Как правило, для формирования аморфной фазы из расплава металлов требуются чрезвычайно высокие скорости охлаждения (от нескольких сотен градусов в секунду до нескольких миллионов градусов в секунду). Значения скоростей, полученные при математическом моделировании процесса сварки взрывом, чаще всего, превышают 10^7 К/сек [3]. Таким образом, аморфизация материала вихревых зон является весьма вероятным явлением.

Исследование вихревых зон на твердость показало, что микротвердость вихревых зон на много выше микротвердости свариваемых материалов (рисунок 4).

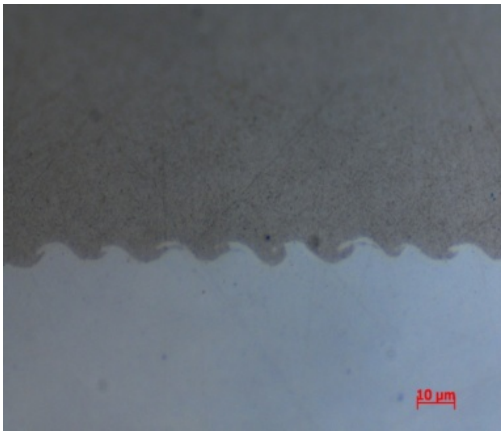


Рис. 1. Поперечное сечение сваренного взрывом образца

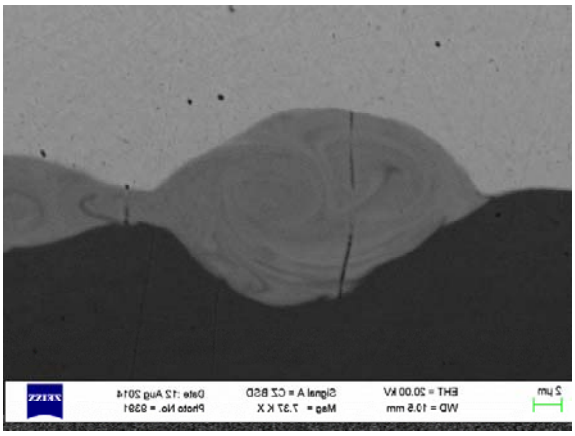


Рис. 2. Зоны перемешивания ниобия и нержавеющей стали на границе сваренных взрывом материалов

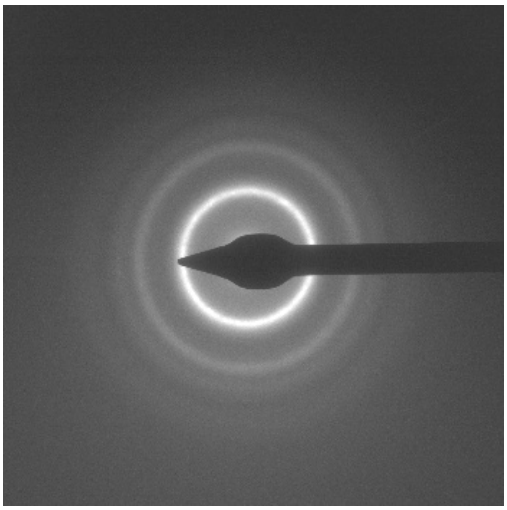


Рис. 3. Картина дифракции электронов, полученная с материала зоны перемешивания

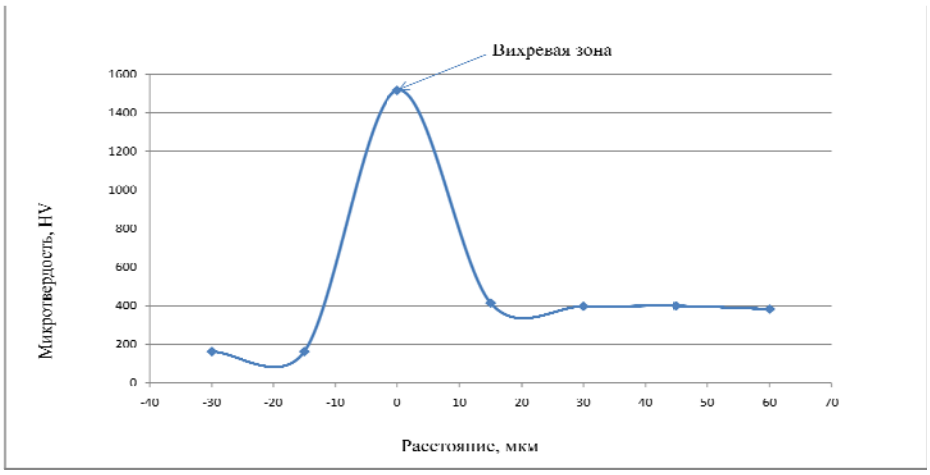


Рис. 4. Распределение микротвёрдости по сечению образца вблизи границы между ниобием и нержавеющей сталью

4. Выводы:

После проведенных испытаний можно сделать вывод, что при сварке взрывом ниобия и нержавеющей стали образуется высококачественное соединение. Полученный биметалл не содержит крупных дефектов. На границе между ниобием и нержавеющей сталью сформировались зоны перемешивания, материал которых имеет аморфную структуру, сформированную в результате высокой скорости охлаждения. Исследование эффекта аморфизации материала при сварке взрывом будут продолжены.

Литература.

1. Дерибас А. А. Физика упрочнения и сварки взрывом. 2-еизд., доп. ипереработ. – Новосибирск: Наука, 1980.
2. P. Manikandan, K. Hokamoto, A.A. Deribas, K. Raghukandan, R. Tomoshige, Explosive welding of Titanium/stainless steel by controlling energetic conditions, Materials Transactions, 47 (2006) 2049-2055.
3. Liu WD, Liu KX, Chen QY, Wang JT, Yan HH, Li XJ. Metallic glass coating on metals plate by adjusted explosive welding technique. AppliedSurfaceScience2009;255:9343-7

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ПОСЛОЙНОГО ЛАЗЕРНОГО СПЕКАНИЯ НА КАЧЕСТВО СПЕЧЕННОГО ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ИЗДЕЛИЙ

Н.А. Сапрыкина, к.т.н., доц., А.А. Сапрыкин, к.т.н., доц., Д.А. Архипова, студент
Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского Томского политехнического университета
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел. (38451) 6-27-92
E-mail: saprikina@tpu.ru

В настоящее время самым инновационным направлением развития современной промышленности являются аддитивные технологии, позволяющие изготавливать сложные функциональные изделия из порошковых материалов на основе 3D CAD-модели [1]. Отличием этих технологий является получение готовой детали не снятием слоя материала с заготовки, а послойным наращиванием материала с одновременным получением заданной формы и размеров изделия [2, 3]. Экономия сырья при использовании данных технологий может достигать 75 процентов. Среди основных проблем использования рассматриваемых технологий в России являются применение импортного оборудования и материалов [4, 5, 6]. Для создания изделий методом послойного лазерного спекания из отечественных порошковых материалов необходимо проведение экспериментов в этом направлении по определению режимов спекания и исследованию их влияния на качество спеченного поверхностного слоя.

В данной работе исследовано влияние технологических режимов спекания: скорости перемещения луча лазера V, мощности лазера P, шага сканирования S и температуры подогрева порошкового материала t на качество спеченного поверхностного слоя из отечественных порошковых материалов, имеющих разную температуру плавления. Эксперименты проводились на технологическом лазерном комплексе, состоящем из иттербиевого волоконного лазера ЛК-100-В, трехкоординатного стола, системы ЧПУ и оригинального программного обеспечения [7].

Для получения представления о характере поведения порошковых материалов при лазерном спекании в качестве обрабатываемых материалов были выбраны порошковые материалы, имеющие разную температуру плавления и размер.

1. Порошок алюминиевый ПА-4, изготовленный из первичного алюминия путем пульверизации. Доля активного алюминия- 98 %. Температура плавления порошка 660 C^0. Насыпная плотность, 0,96 г/см³. Размер порошка- 0,07 мм. В настоящее время алюминий и его сплавы применяют во многих областях промышленности и техники. Прежде всего, алюминий и его сплавы используют авиационная и автомобильная отрасли промышленности. Из алюминия и его сплавов изготовляют авиаконструкции, моторы, блоки, головки цилиндров, картеры, коробки передач, насосы и другие детали.
2. Порошок медный стабилизированный ПМС-1, с содержанием меди-99,5%. Интервал температуры плавления порошка 1030-1070 C^0. Насыпная плотность, 1,25-1,9 г/см³. Размер порошка- 0,07 мм. Порошок применяется в порошковой металлургии для изготовления спеченных изделий, а также в приборостроении [8].
3. Порошок кобальтхроммолибденовый DSK-F75, с содержанием кобальта-66,4%, хрома-28%, молибдена-3%. Интервал температуры плавления порошка 1350-1450 C^0, насыпная плотность, 8,4 г/см³. Размер порошка- 0,1 мм. Порошок применяется в машиностроении для создания изделий, функционирующих при высоких температурах.

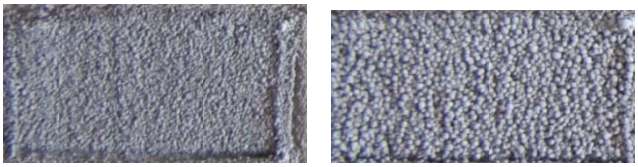
Для обеспечения качества спеченного поверхностного слоя из порошковых материалов, имеющих разный диапазон температуры плавления, изучалось изменение уровня деформаций и толщины спекания в зависимости от режимов спекания [9].

В процессе эксперимента были получены образцы спеченного единичного слоя длиной 20 мм, шириной 5 и 10 мм. Области технологических режимов послойного лазерного спекания были определены в результате поисковых экспериментов. Для получения образца из порошка ПА-4, обладающего некоторой механической прочностью, рациональными режимами являются: P=(10-20) Вт, V=(1000-3000) мм/мин, S=(0,1-0,2) мм, t=(26-200) C^0. Для медного порошка ПМС-1 P=(14-30) Вт, V=(200-3000) мм/мин, S= (0,1-0,3) мм, t=(26-200)C^0. Рациональными режимами для порошка DSK-F75 являются: P=(10-20) Вт, V=(100-300) мм/мин, S= (0,1-0,15) мм, t=(26-200)C^0. Мощность лазерного излучения изменяется в зависимости от температуры плавления порошкового материала и коэффициента температуропроводности, а также формы и размера частиц. Для тугоплавкого порошкового материала DSK-F75, с размером порошка 0,1 мм характерно увеличение мощности лазерного излучения и уменьшение скорости перемещения луча лазера. Анализ геометрического состояния спе-

ченной поверхности проводился по специально разработанной методике с применением инструментального цифрового микроскопа [10].

На рисунках 1-3 показано влияние мощности лазерного излучения на качество спеченного поверхностного слоя. Недостаток мощности при спекании образцов приводит к их рассыпанию, избыток, наоборот, приводит к деформированию, появлению продольных и поперечных трещин, возгоранию порошка.

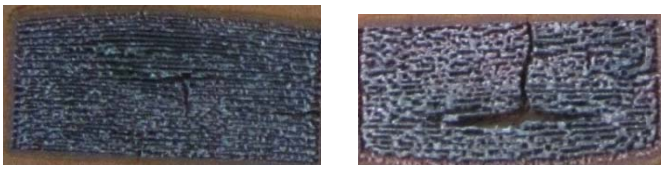
На рисунке 1, показаны образцы из алюминиевого порошка ПА-4. Изменение мощности с 10 до 20 Вт, при постоянной скорости V=1000 мм/мин, температуры спекания t=26 ^{0}C и шага сканирования S=0,2 мм приводит к увеличению толщины спеченного слоя с 0,765 до 1,55 мм. Образец, представленный на рисунке 1, а имеет низкую механическую прочность и рассыпается от прикосновения.



а) б)

Рис. 1. Внешний вид спеченной поверхности ПА-4 (х2),
режимы спекания V=1000 мм/мин, t=26 ^{0}C, S=0,2 мм
а) P=10 Вт, б) P=20 Вт

На рисунке 2 представлено влияние мощности на внешний вид спеченной поверхности из медного порошка ПМС-1. Изменение мощности с 15 до 30 Вт, при V=200 мм/мин, t=200 ^{0}C, S=0,3 мм приводит к изменению Rz с 475 до 975 мкм. Образцы получились прочными, но с образованием продольных и поперечных трещин. При увеличении мощности, размер трещин увеличивается вследствие увеличения термических напряжений и высокой теплопроводности порошка ПМС-1.



а) б)

Рис. 2. Внешний вид спеченной поверхности ПМС-1 (х2),
режимы спекания V=200 мм/мин, t=200 ^{0}C, S=0,3 мм

а) P=15 Вт, б) P=30Вт

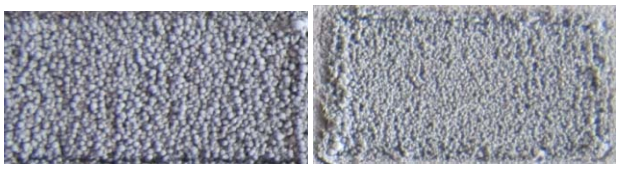
На рисунке 3 показано влияние мощности на внешний вид спеченной поверхности DSK-F75. При спекании данного порошка наблюдалось возникновение коагуляции. Коагуляцией называют объединение мелких частиц дисперсных систем в более крупные под влиянием сил сцепления. Изменение мощности с 10 до 20 Вт, при V=300 мм/мин, t=26 0C, S=0,1 мм, приводит к увеличению шероховатости поверхностного слоя с 425 до 625 мкм, диаметру коагулированных частиц с 175 до 325 мкм и толщине спеченного слоя с 0,65 до 1,0 мм. Образец, представленный на рисунке 3, а обладает невысокой механической прочностью.

а) б)

Рис. 3. Внешний вид спеченной поверхности DSK-F75 (х2),
режимы спекания V=300 мм/мин, t=26 ^{0}C, S=0,1 мм
а) P=10 Вт, б) P=20 Вт

На рисунках 4-8 представлены фотографии внешнего вида исследуемых порошковых материалов в зависимости от скорости перемещения луча лазера. На рисунке 4 представлены фотографии

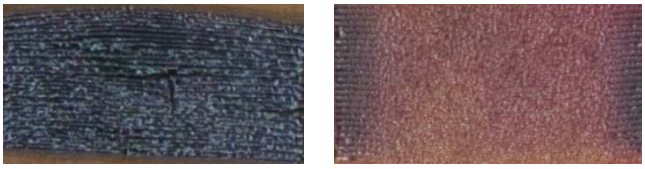
изменения внешнего вида спеченной поверхности порошка ПА-4 в зависимости от скорости перемещения луча лазера. Увеличение скорости перемещения луча лазера с 1000 до 3000 мм/мин, при P=20 Вт, t=26 ^{0}C, S=0,2 мм привело к уменьшению толщины спеченного слоя с 1,55 до 1,33 мм.



а) б)

Рис. 4. Внешний вид спеченной поверхности ПА-4 (х2),
режимы спекания P=20 Вт, t=26 ^{0}C, S=0,2 мм
а) V=1000 мм/мин, б) V=3000 мм/мин

На рисунке 5 показаны образцы из медного порошка ПМС-1, полученные при P=15 Вт, t=200 ^{0}C, S=0,3 мм. Когда V=200 мм/мин на образце появляются дефекты, расположенные вдоль и поперек формирования треков. При V=3000 мм/мин порошок не успевает спечься. При увеличении скорости толщина спеченного слоя уменьшается с 1,700 до 0,7 мм. Дефекты обусловлены высокой теплопроводностью порошкового материала, а также резким градиентом температур во время и после спекания. Образец, представленный на рисунке 5, б имеет низкую механическую прочность и рассыпается от прикосновения.



а) б)

Рис. 5. Внешний вид спеченной поверхности ПМС-1 (х2),
режимы спекания P=30 Вт, t=200 ^{0}C, S=0,3 мм
а) V=200 мм/мин, б) V=3000 мм/мин

Спекание при V=200 мм/мин и P=15 Вт, t=200 ^{0}C, S=0,1 мм приводит к горению порошкового материала, рисунок 6. На образце образуются дефекты, расположенные вдоль и поперек формирования треков. При скорости 3000 мм/мин образец получается прочным, без дефектов. Толщина спеченного слоя уменьшается с увеличением скорости с 1,0 до 0,7 мм, шероховатость 590 до 225 мкм.

а) б)

Рис. 6. Внешний вид спеченной поверхности ПМС-1 (х2),
режимы спекания V=200 мм/мин и P=30 Вт, t=200 ^{0}C, S=0,1 мм
а) V=200 мм/мин, б) V=3000 мм/мин

Образцы, получены на режимах P=22 Вт, t=114 0C, S=0,2 мм, при V=200 мм/мин и 3000 мм/мин образуют прочную спеченную поверхность, рисунок 7. Увеличение скорости приводит к изменению толщины спеченного слоя с 0,9 до 0,41 мм, Rz с 930 до 550 мкм. Образец представленный на рисунке 7, а имеет структуру расплавленного металла и черный цвет из-за образования окиси меди.

а) б)

Рис. 7. Внешний вид спеченной поверхности ПМС-1 (х2),
режимы спекания P=22 Вт, t=114 ^{0}C, S=0,2 мм: а) V=200 мм/мин, б) V=3000 мм/мин

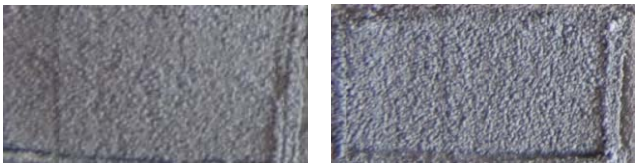
При увеличении скорости со 100 до 300 мм/мин, при P=10 Вт, t=26 ^{0}C, S=0,1 мм, на рисунке 8 шероховатость поверхности уменьшается с 560 до 425 мкм, толщина спеченного слоя с 0,88 до 0,65 мм.

а) б)

Рис. 8. Внешний вид спеченной поверхности DSK-F75 (x2),
режимы спекания P=10 Вт, t=26 ^{0}C, S=0,1 мм: а) V=100 мм/мин, б) V=300 мм/мин

Назначая скорость перемещения луча лазера необходимо учитывать его значительное влияние на качество поверхностного слоя. Увеличение скорости приводит к уменьшению толщины слоя и шероховатости, в некоторых случаях она велика для формирования спеченной поверхности. Снижение скорости иногда приводит к горению порошкового материала, возникновению дефектов вследствие перегрева материала выше температуры кипения.

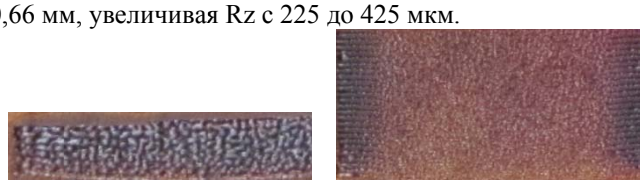
На рисунках 9-11 представлено сравнение внешнего вида спеченной поверхности ПА-4 при изменении шага сканирования. Увеличении шага сканирования с 0,1 до 0,2 мм, при режимах спекания P=10 Вт, t=26 ^{0}C, V=1000 мм/мин, на рисунке 9 приводит к увеличению толщины спеченного слоя с 0,74 до 0,765 мм.



а) б)

Рис. 9. Внешний вид спеченной поверхности ПА-4 (x2),
режимы спекания P=10 Вт, t=26 ^{0}C, V=1000 мм/мин: а) S=0,1мм, б) S=0,2мм

На рисунке 10, при шаге сканирования S=0,1 мм и P=15 Вт, t=200 ^{0}C, V=3000 мм/мин спеченная поверхность обладает некоторой прочностью. Увеличение S с 0,1 до 0,3 мм уменьшает толщину спеченного слоя с 0,7 до 0,66 мм, увеличивая Rz с 225 до 425 мкм.



а) б)

Рис. 10. Внешний вид спеченной поверхности ПМС-1 (x2),
режимы спекания P=30 Вт, t=200 ^{0}C, V=3000 мм/мин: а) S=0,1мм, б) S=0,15мм

При увеличении шага сканирования с 0,1 до 0,15 мм, при режимах спекания P=10 Вт, t=26 ^{0}C, V=300 мм/мин, на рисунке 11 шероховатость поверхности уменьшается с 425 до 300 мкм, толщина спеченного слоя уменьшается с 0,65 до 0,4 мм, диаметр коагулированных частиц уменьшается со 175 до 150 мкм.

а) б)

Рис. 11. Внешний вид спеченной поверхности DSK-F75 (x2),
режимы спекания P=10 Вт, t=26 ^{0}C, V=300 мм/мин: а) S=0,1мм, б) S=0,15мм

Шаг сканирования не так значительно влияет на качество поверхностного слоя. Наблюдается не одинаковое влияние на порошковые материалы. При спекании порошка ПА-4 увеличение шага

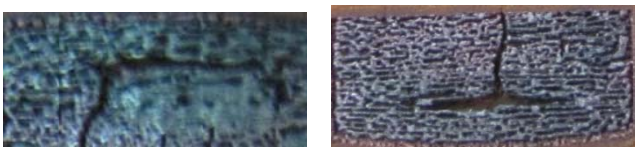
сканирования приводит к увеличению толщины спеченного слоя. При спекании кобальтхроммолибденовой композиции увеличение шага сканирования приводит к уменьшению толщины спеченного слоя, Rz и диаметру коагулированных частиц. При спекании медного порошка ПМС-1 уменьшается толщина спеченного слоя, увеличивается шероховатость.

На рисунках 12-13 представлено сравнение внешнего вида спеченной поверхности DSK-F75 по температуре подогрева порошкового материала. При увеличении температуры подогрева порошкового материала с 26 до 200 ^{0}C, при режимах спекания P=10 Вт, S=0,15 мм, V=300 мм/мин, шероховатость поверхности уменьшается с 300 до 280 мкм, толщина спеченного слоя увеличивается с 0,4 до 0,65 мм, диаметр коагулированных частиц уменьшается со 150 до 115 мкм.

а) б)

Рис. 12. Внешний вид спеченной поверхности DSK-F75 (x2), режимы спекания P=10 Вт, S=0,15мм, V=300 мм/мин: а) t=26 ^{0}C, б) t=200 ^{0}C

Сравнение внешнего вида спеченной поверхности ПМС-1 по температуре подогрева порошкового материала представлено на рисунке 13. Увеличение температуры подогрева порошкового материала с 26 до 200 ^{0}C, приводит к уменьшению размера дефектов, при следующих режимах спекания P=30 Вт, S=0,3 мм, V=200 мм/мин. Толщина спеченного слоя увеличивается с 1,4 до 1,67 мм.



а) б)

Рис. 13. Внешний вид спеченной поверхности ПМС-1 (x2), режимы спекания P=30 Вт, S=0,3мм, V=200 мм/мин: а) t=26 ^{0}C, б) t=200 ^{0}C

Проведенные исследования позволяют сделать вывод о значительном влиянии мощности на качество спеченного поверхностного слоя. При неправильном назначении мощности образцы либо рассыпаются от прикосновения, либо деформируются, или происходит возгорание порошка и процесс выходит из-под контроля. Также значительным является влияние скорости перемещения луча лазера на качество поверхностного слоя. Увеличение скорости приводит к уменьшению толщины и шероховатости спеченного слоя, в некоторых случаях она недостаточна для формирования поверхности. Снижение скорости иногда приводит к горению порошкового материала и возникновению дефектов. Не так значительно влияет на качество спеченного поверхностного слоя шаг сканирования. При спекании кобальтхроммолибденовой композиции увеличение шага сканирования приводит к уменьшению толщины спеченного слоя, Rz и диаметру коагулированных частиц. Изменение температуры подогрева порошкового материала позволяет незначительно увеличить толщину спеченного слоя, уменьшить диаметр коагулированных частиц и шероховатость, улучшить прочностные характеристики. Данные исследования понадобятся при назначении режимов спекания для новых порошковых композиций.

Литература.

1. Отто А. Объединение лазерной обработки материалов с процессом формообразования // Фотоника. – 2007. – № 5. – С. 2 – 6.
2. Панченко В.Я. Лазерные технологии обработки материалов: современные проблемы фундаментальных исследований и прикладных разработок, монография. – М.: Физматлит, 2009. – 664 с.
3. A.V. Proskokov, S.I. Petrushin. Process clip formation with a single conditional shear surface // Applied Mechanics and Materials. vol. 682 (2014). pp. 304-312.
4. R. H Gubaidulina, S.I. Petrushin. A.A Galeeva. 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.

5. P.V.Arkhipov, A.S. Yanyushkin, D.V. Lobanov. The effect of diamond tool performance capability on the quality of processed surface // Applied Mechanics and Materials. vol. 379 (2013). pp. 124-130.
6. 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. Vol. 756 (2015) pp 92-96. doi:10.4028/www.scientific.net/AMM.756.92.
7. Saprykin A. A., Saprykina N. A. Improvement of surface layer formation technology for articles produced by layer-by-layer laser sintering // Applied Mechanics and Materials. – 2013. – Vol. 379. – P. 56 – 59.
8. Lychagin D.V., Tarasov S.Yu., Chumaevskii A.V., Alfyorova E.A. Macrosegmentation and strain hardening stages in copper single crystals under compression // International Journal of Plasticity. – 2015. – №69. –P. 36-53.
9. Babakova E. V. , Gradoboev A. V. , Saprykin A. A. , Ibragimov E. A. , Yakovlev V. I. , Sobachkin A. V. Comparison of Activation Technologies Powder ECP-1 for the Synthesis of Products Using SLS // Applied Mechanics and Materials. - 2015 - Vol. 756. - p. 220-224
10. Сапрыкина Н. А., Сапрыкин А. А., Шигаев Д. А. Исследование факторов, влияющих на качество поверхности, полученной лазерным спеканием // Обработка металлов. – 2011. – № 4. – С. 78–82.
11. 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. Vol. 682 (2014) pp. 294-298.

ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПРИ ЛЕЗВИЙНОЙ ОБРАБОТКЕ ДЕТАЛЕЙ МАШИН, ВОССТАНОВЛЕННЫХ НАПЛАВКОЙ

В.В. Коноводов, А.В. Валентов, О.Ю. Ретюнский**
Новосибирский Государственный аграрный университет
630039, г. Новосибирск, ул. Никитина, 147, тел.: (383) 267-35-07
**Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского Томского политехнического университета*
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел. (38451)-6-05-37
E-mail: valentov@mail.ru

Задача любого ремонтного предприятия – обеспечение постоянной работоспособности техники, повышение качества ремонта и снижение затрат на его выполнение. В настоящее время в развитых странах особое внимание уделяют восстановлению систем и агрегатов, и это не случайно, ведь при использовании прогрессивных технологий стоимость ремонта может не только снизить затраты предприятия, но и повысить ресурс восстановленных деталей по сравнению с новыми в 2-2,5 раза. Кроме того, уменьшается время простоя сельскохозяйственной техники в ремонте, что в жестких агротехнических условиях некоторых регионов России крайне необходимо.

Наиболее характерна для ремонтного предприятия группа способов, при которых производится наращивание изношенных поверхностей наплавкой, доля которых составляет 75-80% валового объема и 90-95% по номенклатуре. Наплавка, в сравнении с другими способами восстановления, позволяет получить на поверхности деталей слой необходимой толщины и химического состава, высокой твердости и износостойкости при относительно невысокой стоимости наращивания [1].

Тяжелые условия обработки поверхностей, восстановленных наплавкой, вызывают разрушение режущей части инструмента (68-94%), интенсивный износ, в 2-4 раза превосходящий общемашиностроительные нормы, при этом наблюдается снижение скорости резания на 15-25% [1]. Низкие стойкость резцов и производительность при обработке восстановленной наплавкой деталей обусловлена недостаточной прочностью режущей части инструмента.

Как правило, при механической обработке восстановленных деталей проблемным вопросом становится обеспечение стойкости и ресурса режущих инструментов, особенно для черновых операций. Выбор исследования режущего инструмента на примере резца как системы, состоящей из взаимодействующих элементов–державка, твердосплавная пластина и припой–обосновывается актуальной для ремонтно-технических предприятий АПК научно-практической задачей повышения ресурсных параметров лезвийных инструментов, применяемых для обработки наплавленных поверхностей деталей машин при заданном уровне производительности и качества восстановленных деталей. В основе исследований лежат теоретическое обоснование и экспериментальная отработка состава и режимов пайки твердосплавных инструментов железоуглеродистым припоем [2].

Фактором, определяющим эффективность применения FeC-припоев является их высокая активность взаимодействия по отношению к стали и компонентам твердых сплавов. FeC-припой из-за этого обладает хорошей смачиваемостью по отношению к металлам связки и карбидам твердых сплавов. Известно [3], что железо в жидкой фазе полностью смачивает кристаллы WC, которые являются основой большинства твердых сплавов, краевой угол смачивания θ^0 равен нулю, а также достаточно хорошо смачивает карбиды других элементов (TiC, NgC, NiC и др.), входящих в состав твердых сплавов. FeC-припой характеризуется полной смачиваемостью металлов связки (Co, Ni, Mo) и образует с ними, как правило, непрерывный ряд растворов. Медные припои при этом взаимодействуют только со связкой, в системе WC-Cu смачиваемость и растворимость весьма ограничены, а в системе (TiC-WC)-Cu смачиваемость и растворимость отсутствуют, чем и объясняется плохая паяемость твердых сплавов с пониженным содержанием Co и безвольфрамовых твердых сплавов.

Следовательно, при пайке FeC-припоем будет иметь место активный объемно-диффузионный характер взаимодействия припоя со сталью и твердым сплавом [4]. Данное обстоятельство обеспечивает хорошую паяемость FeC-припоями различных твердых сплавов, в частности безвольфрамовых твердых сплавов (ТН20, КНТ16).

Металлографическими исследованиями в травленном и нетравленном состояниях [5] установлено отсутствие существенных изменений структурного состояния α, β и γ-фазы. Выявлено незначительное перераспределение пористости и включений графита в сторону их более равномерного распределения и измельчения при сохранении их суммарного объемного содержания. Наличие в микроструктуре твердых сплавов μ-фазы (Co_3W_3C) проявляются при выдержке более 5...12 мин при температуре 1200°С и при нагреве свыше 1260 °С в течении 15...25 сек.

Микротвердость твердых сплавов после нагрева изменяется незначительно в сторону уменьшения, а для сплава КНТ16 – в сторону увеличения.

Повышение износостойкости на последующих стадиях определяется более высокой интенсивностью теплоотвода через паяное соединение в сравнении с механическим контактом, высокой жесткостью и сопротивлением ползучести режущей части, паяной FeC-припоем, благоприятным характером напряжений в режущем элементе.

Изготовление резцов на базе FeC-припоя обеспечит значительное повышение прочности, а, следовательно, и увеличение стойкости резцов.

Лабораторные испытания резцов, изготовленных на базе FeC-припоя по разработанной технологии, проводили относительным методом, основанном на сравнении их режущих свойств со стандартными резцами, паяными Cu-припоями. Испытания проводили в соответствии с методикой, предусматривающей определение относительных показателей прочности и износостойкости. Оценка показателей произведена расчетом коэффициентов прочности ($К_{пр}$) и стойкости ($К_{ст}$). Режущие свойства инструментов определены при обработке точением поверхности, наплавленной электродом Нп-30ХГСА под слоем флюса АН-348А. Результаты лабораторных испытаний резцов приведены в таблице 1.

Анализ проведенного сравнительного эксперимента позволяет заключить, что стойкость резцов из Т15К6 и КНТ16, паяных FeC-припоем составляет более 60 мин при скорости резания соответственно 65-100 м/мин и 95-110 м/мин. Стойкость стандартных резцов находится на уровне до 30 мин, что достаточно хорошо согласуется с известными данными и практикой ремонтного производства.

Таблица 1

Результаты сравнительных лабораторных испытаний резцов при точении наплавленной поверхности

Марка инструментального материала	Резцы паяные АНМц 06-4-2		Резцы паяные FeC-припоем					
	Режущая пластина, формы							
	01391 (I)		01391		01651 (2)		02631 (3)	
	Т, мин	S_p, мм/об	$К_{ст}$	$К_{пр}$	$К_{ст}$	$К_{пр}$	$К_{ст}$	$К_{пр}$
ВК8	9,2	1,64	1,0	1,4	1,0	1,5	1,1	1,3
Т5К10	12,4	1,50	1,0	1,5	1,1	1,6	1,2	1,4
Т15К6	21,0	0,86	1,1	1,8	1,2	2,1	1,3	1,5
Т30К4	18,6	0,56	1,0	2,0	1,1	1,9	1,3	1,6
КНТ16	22,7	0,69	1,0	2,2	1,2	1,8	—	—
ТН20	19,6	0,72	1,1	1,9	1,2	1,7	—	—

Следует отметить, что наибольший рост стойкости отмечен у резцов с твердыми сплавами, имеющими пониженную прочность, но высокие потенциальные режущие свойства (Т15К6 и КНТ16). Для резцов из Т5К10 стойкость повышается незначительно. Это объясняется тем, что отказы резцов из Т15К6 и КНТ16 вызваны в первую очередь разрушением режущей части, а Т5К10 износом.

После проведения лабораторных испытаний резцов, полученных в условиях обработки наплавленной поверхности, можно сделать ряд выводов.

1. Износостойкость резцов, изготовленных на базе FeC-припоя находится на уровне или в 1,1-1,3 раза выше стандартных, паяных Cu-припоем.

2. Прочность режущей части твердосплавных резцов, паяных разработанным припоем в 1,4-2,2 раза выше стандартных. Данные результаты подтверждают предположение, что прочность режущей части инструмента в целом в значительной мере определяется жесткостью и прочностью соединения, образованного FeC-припоем.

3. Существенное повышение прочности режущей части и сохранение высокого уровня износостойкости позволит использовать для обработки наплавленных поверхностей резцы, оснащенные наиболее износостойкими твердыми сплавами Т15К6, КНТ16 при черновом и ТН20 и Т30К4 при чистовом точении.

Таким образом, обработка восстановленных наплавкой поверхностей твердосплавными резцами на базе FeC-припоя позволяет повысить производительность обработки, сократить расход режущих инструментов и обеспечивать заданные техническими условиями параметры качества обработанной поверхности.

Литература.

1. Коноводов В.В. Повышение ресурса технических изделий агропромышленного комплекса технологическими методами: монография/ НГАУ. – Новосибирск, 2010. – 378с.
2. Коноводов В.В., Глазачев С. У. Малышко А.А. Припой для пайки инструмента. Патент РФ № 2076795, 1997.
3. Каленчьян К.О. Структура и свойства соединений твердый сплав-сталь при контактной сварке твердосплавного инструмента. Авто-реф. канд. техн. наук. – М., 1984. – 19 с.
4. Коноводов В.В., Малышко А.А., Глазачев С.У., Каллойда Ю.В, Совершенствование технологии изготовления паяного твердосплавного инструмента/Новые модели и технические решения в аграрном производстве.: Сб. науч. тр. / НГАУ. - Новосибирск, 1995.
5. Коноводов В.В., Каллойда Ю.В., Малышко А.А., Глазачев С.У., Лузянина З.А, Влияние напряжений на формирование структуры при кристаллизации промежуточного слоя биметаллических соединений/ Прочность и пластичность материалов в условиях внешних энергетических воздействий.: Тез. докл. IV Межд. конф./СМИ. - Новокузнецк, – 1995. - с. 189.

ПОВЫШЕНИЕ СТОЙКОСТИ И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ РЕЗЦОВ ПРИ ОБРАБОТКЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ, ВОССТАНОВЛЕННЫХ НАПЛАВКОЙ

В.В. Коноводов, А.В. Валентов
Новосибирский Государственный аграрный университет
630039, г. Новосибирск, ул. Никитина, 147, тел.: (383) 267-35-07
Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского Томского политехнического университета
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел. (38451)-6-05-37
E-mail: valentov@mail.ru

Для ремонтного предприятия наиболее характерна группа способов, при которых производится наращивание изношенных поверхностей наплавкой, доля которых составляет 75-80% валового объема и 90-95% по номенклатуре. Наплавка, в сравнении с другими способами восстановления, позволяет получить на поверхности деталей слой необходимой толщины и химического состава, высокой твердости и износостойкости при относительно невысокой стоимости наращивания [1]. Одной из сложных и актуальных является задача повышения эффективности механической обработки восстановленных деталей наращиванием труднообрабатываемых материалов. Как правило, здесь проблемным вопросом становится обеспечение стойкости и ресурса режущих инструментов, особенно для черновых операций.

Тяжелые условия обработки поверхностей, восстановленных наплавкой, вызывают разрушение режущей части инструмента (68-94%), интенсивный износ, в 2-4 раза превосходящий общемашиностроительные нормы, при этом наблюдается снижение скорости резания на 15-25% [1]. Низкие стойкость резцов и производительность при обработке восстановленной наплавкой деталей обусловлена недостаточной прочностью режущей части инструмента.

Повышение прочности инструмента можно обеспечить двумя способами: адаптивно изменяя геометрию инструмента в процессе обработки, или применяя специальные условия изготовления инструмента.

К первому способу можно отнести резцы (рис.1), способные изменять геометрию непосредственно в процессе резания [2]. При обработке заготовки на режущий элемент 3 воздействует сила резания. При нормальных условиях резания упругости прокладки 4 (фиг.1), перемычки 7 (фиг.2) и пружины 9 (фиг.3) достаточно для обеспечения жесткости системы инструмент-деталь.

В случае попадания в зону резания наплывов, сварных швов, неоднородностей металла заготовки и т.д., сила резания возрастает и уже упругости прокладки 4, перемычки 7 и пружины 9 недостаточно, поэтому происходит их деформация и режущий элемент 3 отклоняется вниз (по вертикали), изменяя тем самым главный передний угол, и процесс резания протекает в более благоприятных условиях. Таким образом, обеспечиваются оптимальные условия обработки наплавленных и неоднородных поверхностей. Проведенные лабораторные испытания предлагаемых инструментов выявили повышение стойкости инструмента на 86% по сравнению с базовыми моделями, однако, применение инструментов на основе WC приводит к быстрому затуплению и износу рабочей поверхности.

При проведении экспериментов с безвольфрамовыми твердыми сплавами износ незначителен, но механическое крепление пластинки к корпусу резца вызывает частые разрушения режущей части.

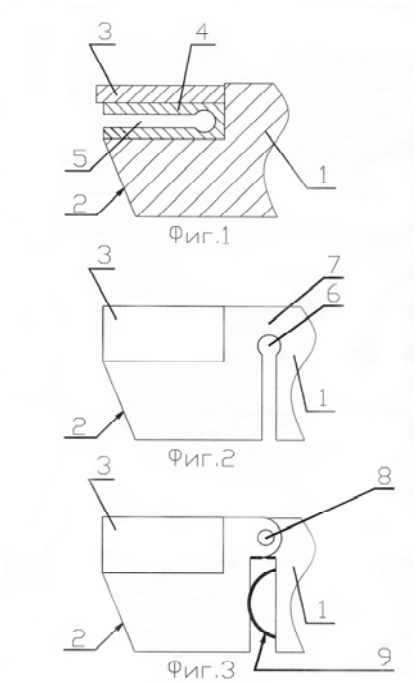


Рис. 1. Резцы с адаптивно изменяемой геометрией

Ко второму способу повышения прочности лезвийного инструмента относятся специально подготовленные инструменты. В частности, к таким инструментам можно отнести инструменты, паянные на железоуглеродистый припой [3]. Фактором, определяющим эффективность применения FeC-припоев является их высокая активность взаимодействия по отношению к стали и компонентам твердых сплавов. FeC-припой из-за этого обладает хорошей смачиваемостью по отношению к металлам связки и карбидам твердых сплавов. Известно [4], что железо в жидкой фазе полностью смачивает кристаллы WC, которые являются основой большинства твердых сплавов, краевой угол смачивания θ^0 равен нулю, а также достаточно хорошо смачивает карбиды других элементов (TiC, NgC, NiC и др.), входящих в состав твердых сплавов. FeC-припой характеризуется полной смачиваемостью металлов связки (Co, Ni, Mo) и образует с ними, как правило, непрерывный ряд растворов. Медные припои при этом взаимодействуют только со связкой, в системе WC-Cu смачиваемость и растворимость весьма ограничены, а в системе (TiC-WC)-Cu смачиваемость и растворимость отсутствуют, чем и объясняется плохая паяемость твердых сплавов с пониженным содержанием Co и безвольфрамовых твердых сплавов.

Следовательно, при пайке FeC-припоем будет иметь место активный объемно-диффузионный характер взаимодействия припоя со сталью и твердым сплавом [5]. Данное обстоятельство обеспечивает хорошую паяемость FeC-припоями различных твердых сплавов, в частности безвольфрамовых твердых сплавов (ТН20, КНТ16).

Действительно, при металлографическом исследовании образцов в нетравленом состоянии (рис. 2) наблюдается хорошая адгезия FeC –припоя как с материалом державки, так и с материалом режущей части.

а)

б)

Рис. 2. Фотографии микрошлифов х100
а) безвольфрамовый твердый сплав КНТ 16 – FeC-припой – державка.
б) безвольфрамовый твердый сплав ТН 20 – FeC-припой – державка.

Повышение износостойкости определяется более высокой интенсивностью теплоотвода через паяное соединение в сравнении с механическим контактом, высокой жесткостью и сопротивлением ползучести режущей части, паяной FeC-припоем, благоприятным характером напряжений в режущем элементе.

Лабораторные испытания резцов, изготовленных на базе FeC-припоя по разработанной технологии, проводили относительным методом, основанном на сравнении их режущих свойств со стандартными резцами, паяными Cu-припоями. Испытания проводили в соответствии с методикой, предусматривающей определение относительных показателей прочности и износостойкости. Оценка показателей произведена расчетом коэффициентов прочности ($К_{пр}$) и стойкости ($К_{ст}$). Режущие свойства инструментов определены при обработке точением поверхности, наплавленной электродом Нп-30ХГСА под слоем флюса АН-348А. Результаты лабораторных испытаний резцов приведены в таблице 1.

Анализ проведенного сравнительного эксперимента позволяет заключить, что стойкость резцов из Т15К6 и КНТ16, паяных FeC-припоем составляет более 60 мин при скорости резания соответственно 65-100 м/мин и 95-110 м/мин. Стойкость стандартных резцов находится на уровне до 30 мин, что достаточно хорошо согласуется с известными данными и практикой ремонтного производства.

Таблица 1

Результаты сравнительных лабораторных испытаний резцов
при точении наплавленной поверхности

Марка инструментального материала	Резцы паяные АНМц 06-4-2		Резцы паяные FeC-припоем					
	Режущая пластина, формы							
	01391 (I)		01391		01651 (2)		02631 (3)	
	Т, мин	$S_р$, мм/об	$К_{ст}$	$К_{пр}$	$К_{ст}$	$К_{пр}$	$К_{ст}$	$К_{пр}$
ВК8	9,2	1,64	1,0	1,4	1,0	1,5	1,1	1,3
Т5К10	12,4	1,50	1,0	1,5	1,1	1,6	1,2	1,4
Т15К6	21,0	0,86	1,1	1,8	1,2	2,1	1,3	1,5
Т30К4	18,6	0,56	1,0	2,0	1,1	1,9	1,3	1,6
КНТ16	22,7	0,69	1,0	2,2	1,2	1,8	—	—
ТН20	19,6	0,72	1,1	1,9	1,2	1,7	—	—

Следует отметить, что наибольший рост стойкости отмечен у резцов с твердыми сплавами, имеющими пониженную прочность, но высокие потенциальные режущие свойства (Т15К6 и КНТ16). Для резцов из Т5К10 стойкость повышается незначительно. Это объясняется тем, что отказы резцов из Т15К6 и КНТ16 вызваны в первую очередь разрушением режущей части, а Т5К10 износом.

После проведения лабораторных испытаний резцов, полученных в условиях обработки наплавленной поверхности, можно сделать ряд выводов.

1. Износостойкость резцов, изготовленных на базе FeC-припоя находится на уровне или в 1,1-1,3 раза выше стандартных, паяных Cu-припоем.
2. Прочность режущей части твердосплавных резцов, паяных разработанным припоем в 1,4-2,2 раза выше стандартных. Данные результаты подтверждают предположение, что прочность режущей части инструмента в целом в значительной мере определяется жесткостью и прочностью соединения, образованного FeC-припоем.
3. Существенное повышение прочности режущей части и сохранение высокого уровня износостойкости позволит использовать для обработки наплавленных поверхностей резцы, оснащенные наиболее износостойкими твердыми сплавами Т15К6, КНТ16 при черновом и ТН20 и Т30К4 при чистовом точении.

Таким образом, обработка восстановленных наплавкой поверхностей твердосплавными резцами на базе FeC-припоя позволяет повысить производительность обработки, сократить расход режущих инструментов и обеспечивать заданные техническими условиями параметры качества обработанной поверхности, а в комбинации со способом адаптивного изменения геометрии значительно увеличить стойкость инструмента.

Литература.

1. Коноводов В.В. Повышение ресурса технических изделий агропромышленного комплекса технологическими методами: монография/ НГАУ.–Новосибирск, 2010. – 378с.
2. Валентов А.В., Ретюнский О.Ю. Патент на полезную модель № 42000 по заявке № 2004109359/22 29.03.2004 Опубликовано 20.11.2004 Бюллетень № 32
3. Коноводов В.В., Глазачев С. У. Малышко А.А. Припой для пайки инструмента. Патент РФ № 2076795, 1997.
4. Каленчьян К.О. Структура и свойства соединений твердый сплав-сталь при контактной сварке твердосплавного инструмента. Авто-реф. канд. техн. наук. – М., 1984. – 19 с.
5. Коноводов В.В., Малышко А.А., Глазачев С.У., Каллойда Ю.В, Совершенствование технологии изготовления паяного твердосплавного инструмента/Новые модели и технические решения в аграрном производстве.: Сб. науч. тр. / НГАУ. - Новосибирск, 1995.

ВЛИЯНИЕ НАЧАЛЬНОЙ ПОГИБИ НА НАПРЯЖЁННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ПОДКРЕПЛЕННЫХ ПРЯМОУГОЛЬНЫХ ПЛАСТИН С УЧЁТОМ НЕЛИНЕЙНОСТИ

М.О. Моисеенко, к.т.н., доц., О.Н. Попов, к.т.н., доц., Т.А. Трепутнева, ст.преп.
Томский архитектурно-строительный университет
634003, г. Томск, Соляная пл.2, тел.(3822)-65-98-47
E-mail: MMO77@mail.ru

На основе разработанного авторами алгоритма расчета подкрепленных гибких пластинчатых элементов конструкций с учетом физической нелинейности [1-3] проведен расчет и анализ напряженно-деформированное состояние (НДС) несимметрично нагруженной пластины из материала − Ст.3 относительной толщиной $h/a = 1/50$ ($h = 1$ см.). В центре пластины поставлено ребро размером $b_p \times h_p = 4 \times 4$ см. с эксцентриситетом. Пластина имеет начальный прогиб W_n (рис. 1, а).

$$W_n(x, y) = W_0\, F_1(x) F_2(y). \tag{1}$$

Здесь $F_1(x) = \sin \pi x$ при $(0 \le x \le 1)$; $F_2(y) = \eta \sin 0.25\pi(1 + \eta y)$ при$(-1 \le y \le 1)$; $\eta = 1$ при $k = 1$; $\eta = -1$ при $k = 2$ (k − номер панели). W_0 − максимальный начальный прогиб центра пластины, находится в месте постановки ребра. Рассматривались случаи когда $W_0 = -0{,}5h;\ 0;\ +0{,}5h$. W_s – перемещение пластины, получаемое суммированием начального и дополнительного прогиба от нагрузки: W_n, W.

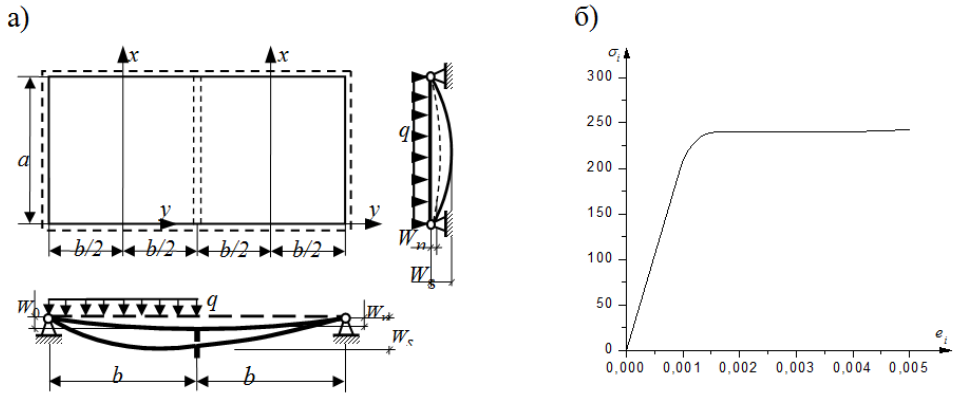


Рис. 1. Пластина: а) расчётная схема пластины; б) диаграмма деформирования Ст. 3

При расчётах рассматривалось линейное решение (ЛР), решение только с учётом физической нелинейности (ФН), только с учётом геометрической нелинейности (ГН) и с учётом двойной нелинейности – физической и геометрической (ФГН). Для анализа НДС пластин с разным начальным прогибом при действии поперечной равномерно распределённой нагрузки q определялись перемещения точек срединной поверхности в направлении оси z – W и интенсивность деформаций e_i в наиболее характерных точках пластины (в центре панели, центре пластины и на ребре), определяемым по эпюрам прогибов и интенсивности деформаций. Графическое построение велось в приведенных координатах: $\overline{q} = q/q_s$ – приведённая нагрузка, $\overline{W} = W/h$ – приведённый прогиб, $\overline{e}_i = e_i/e_s$ – приведённая интенсивность деформаций ($e_s = \sigma_s / E$ – деформация предела текучести материала). Нагрузка, соответствующая началу текучести – q_s для пластины без начального прогиба определялась по зависимости «интенсивность деформаций - нагрузка» – «$e_i - q$» при $e_i = e_s$, $e_i = \sigma_{s/E} = 0{,}001143$ Максимальная нагрузка $q = 3q_s$.

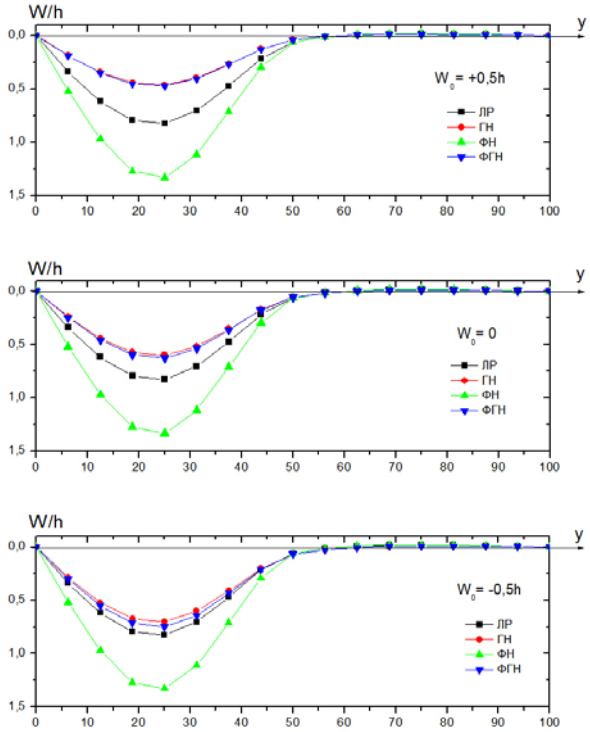


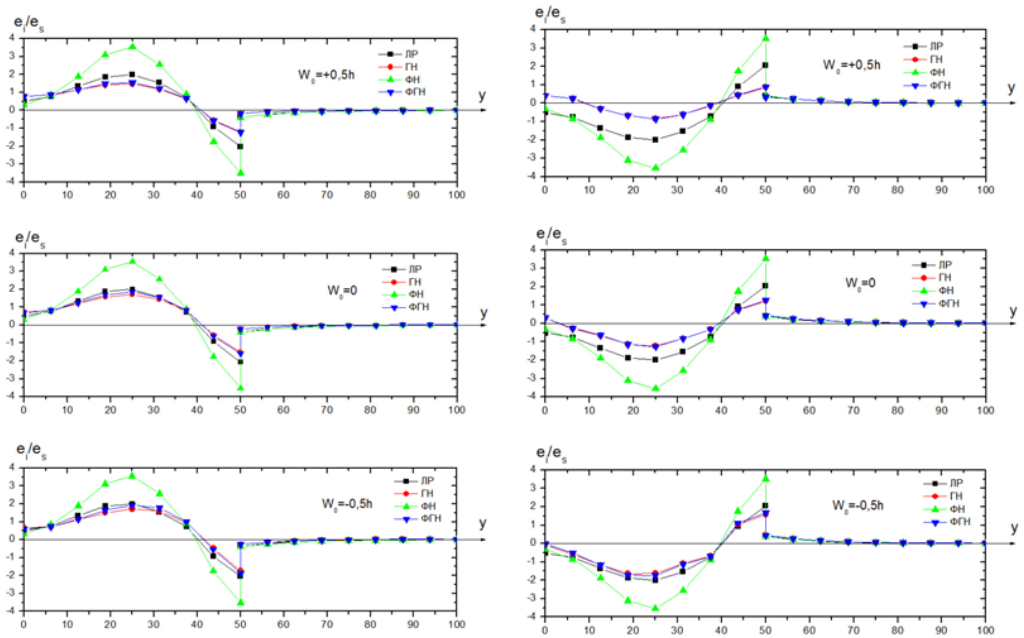
Рис.2. Эпюры приведённых прогибов W/h пластины при нагрузке $q = 2q_s$

В работе рассмотрены построенные эпюры приведённых прогибов $\overline{W}$ (рис.2) и эпюры приведенной интенсивности деформаций $\overline{e}_i$ (рис. 3) для верхних и нижних волокон по оси симметрии пластины, полученные при линейном расчёте и учёте разных видов нелинейностей при нагрузке $q = 2q_s$. (Нагрузка начала текучести для данной пластины $q_s = 0{,}4 МПа$).

Наибольшие прогибы возникают в середине нагруженной панели. Результаты решения с учётом только ГН и двойной нелинейности ФГН различаются незначительно. Наибольшее отличие полученных результатов по прогибам и интенсивности деформаций наблюдается при учёте только ФГН. ЛР наиболее близко к решению с учётом ФГН при отрицательном начальном прогибе.

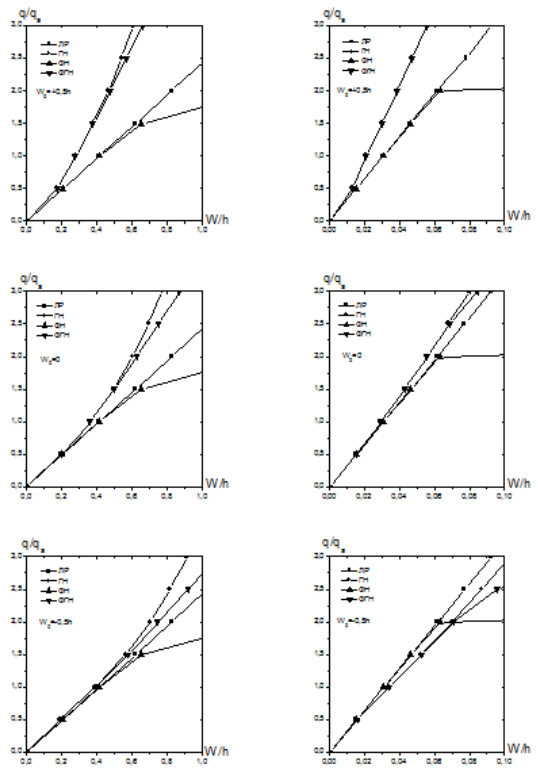
В рассматриваемых эпюрах приведённой интенсивности деформаций отмечается скачок в центре пластины. Это связано с нагрузкой только на первой панели и влиянием ребра. Ненагруженная панель имеет

малые прогибы и значения величин, характеризующих НДС, близки к полученным при линейном решении (отличие – 1-2%).



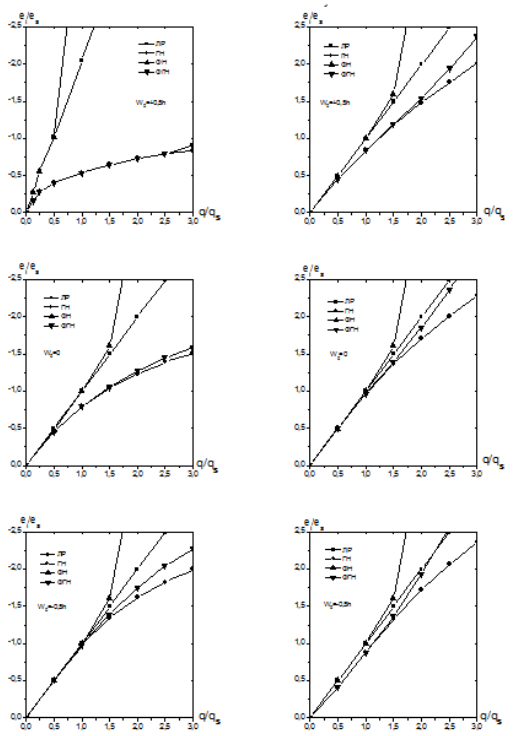
а) б)

Рис. 3. Эпюры приведенной интенсивности деформаций для нижних и верхних волокон пластины при нагрузке $q = 2q_S$



а) б)

Рис. 4. Графики зависимости «$\overline{W} - \overline{q}$» пластины *а*) в центре первой панели; *б*) в центре пластины



а) б)

Рис. 5. Графики зависимости «$\overline{e}_i - \overline{q}$» пластины *а*) в верхних волокнах центра первой панели; *б*) в нижних волокнах центра первой панели

Наибольшие величины интенсивности деформации возникают в середине первой панели, в центре пластины и на ребре не зависимо от величины начального прогиба. Для указанных характерных точек построены графики зависимости прогиба от нагрузки – «$\overline{W} - \overline{q}$» и интенсивности деформаций от нагрузки – «$\overline{e}_i - \overline{q}$» .

В рассматриваемых эпюрах приведённой интенсивности деформаций отмечается скачок в центре пластины. Это связано с нагрузкой только на первой панели и влиянием центрального подкрепляющего ребра. Вторая ненагруженная панель имеет малые прогибы и значения величин, характеризующих НДС, близки к полученным при ЛР (отличие – 1-2%). Наибольшие величины интенсивности деформации возникают в середине первой панели, в центре пластины и на ребре не зависимо от величины начального прогиба. Для указанных характерных точек построены графики зависимости прогиба от нагрузки – «$\overline{W} - \overline{q}$» (рис. 4) и интенсивности деформаций от нагрузки – «$\overline{e}_i - \overline{q}$» (рис. 5).

Направление начального прогиба влияет на напряжённо-деформированное состояние. Так при отрицательном прогибе ЛР наиболее близко к решению, получаемому при учёте ФГН, и имеет наибольшее отличие (при нагрузке $1{,}5q_s$ отличие составило 65%) при положительном прогибе.

Пластические деформации раньше возникают при отрицательном начальном прогибе пластины в последовательности: вначале в центре панели в верхних волокнах ($q = q_s$); затем в центре пластины в верхних и нижних волокнах ($q = 1{,}5q_s$); потом на ребре ($q = 2{,}05q_s$).

При отсутствии начального прогиба пластические деформации возникают последовательно: сначала в нижних волокнах в центре панели и пластины ($q = 1{,}4q_s$), затем в верхних волокнах ($q = 1{,}05q_s$) в этих же точках и потом на ребре. ($q = 2{,}4q_s$). При положительном начальном прогибе последовательность возникновения пластических деформаций: в нижних волокнах центра панели ($q = 1{,}3q_s$), в нижних волокнах центра пластины ($q = 1{,}5q_s$) .

ЛР наиболее близко к решению, полученному при учёте только ФН при нагрузке ($q < 1{,}5q_s$).

В рассматриваемом диапазоне нагрузок при положительном начальном прогибе и учёте ФГН на ребре пластические деформации не возникают. Наибольшие прогибы на ребре возникают при расчёте с учётом ФН при нагрузке, превышающей нагрузку начала текучести в два раза. На рис. 6 приведено развитие зон пластичности по полю и толщине первой панели при разных начальных прогибах.

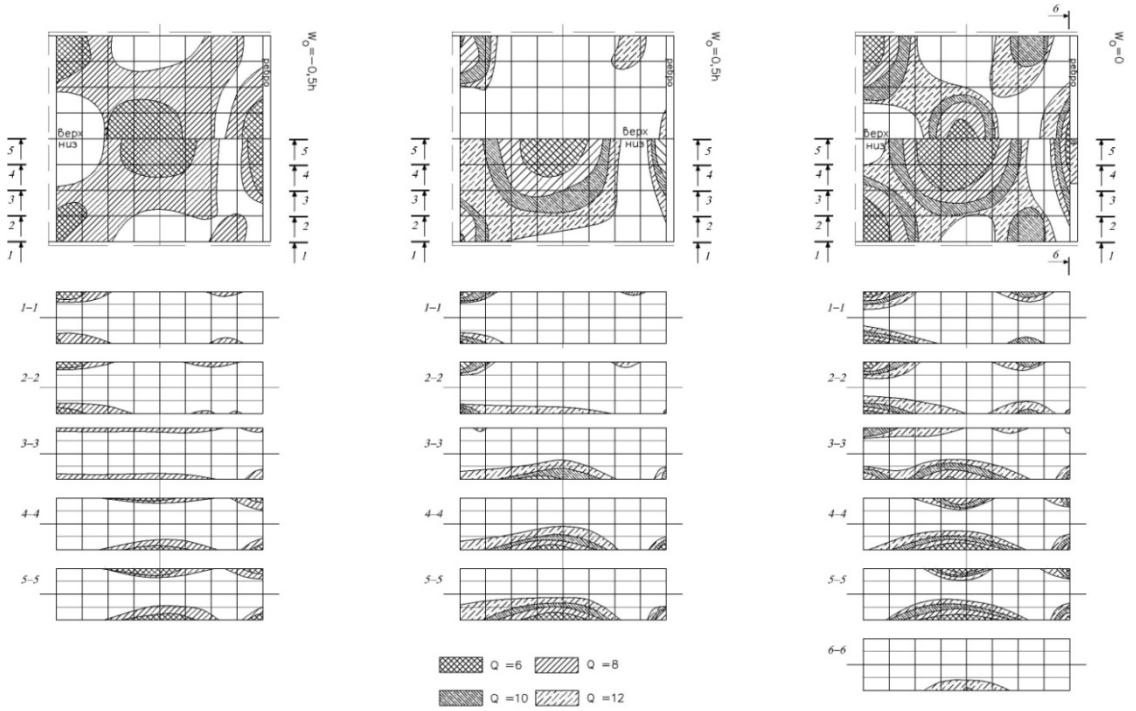


Рис. 6. Развитие зон пластичности в первой панели пластины

Выводы

− Результаты, полученные только с учётом физической нелинейности, показывают большую погрешность относительно результатов, полученных с одновременным учётом физической и геометрической нелинейностей. Это связано с ростом продольных усилий.

− Для пластины с относительной толщиной $h/a = 1/50$ линейное решение при отрицательном начальном прогибе наиболее близко к решению, полученному при одновременном учёте физической и геометрической нелинейностей, и имеет наибольшее отличие при положительном начальном прогибе.

− При не учёте начального прогиба для пластин толщиной $h/a = 1/50$, решения, полученные при учёте геометрической нелинейности и совместном учёте физической и геометрической нелинейностей до нагрузки $1{,}5q_s$, совпадают (расхождение 5%). Это связано со значительным влиянием мембранных усилий.

− В зависимости от знака начального прогиба отмечается существенное различие по прогибам и интенсивности деформаций, а также в последовательности мест возникновения пластических деформаций.

− В рассматриваемом диапазоне нагрузок в пластинах наблюдается «простое» нагружение. − Пластические деформации в ребрах не возникают при положительном начальном прогибе при нагрузке до $3q_s$ При отсутствии прогиба и при отрицательном начальном прогибе приведённая нагрузка начала текучести ($q = 2.3q_s$) наблюдается на ребре в пластине с относительной толщиной $h/a = 1/50$.

Литература.

1. Дехтярь, А.С. Несущая способность пологих оболочек с нерегулярной срединной поверхностью / А.С. Дехтярь // Строительная механика и расчет сооружений. 2014, №4. С. 6-9 .
2. Моисеенко, М.О. Напряжённо-деформированное состояние гибкой пластины с начальным прогибом ребра за пределом упругости / М.О. Моисеенко, О.Н. Попов, Т.А. Трепутнева // Строительная механика и расчет сооружений. 2012, №6. С. 50-55.
3. Моисеенко, М.О. Определение напряжённо-деформированного состояния в предварительно напряженных двухпролетных гибких пластинах от смещения уровня опор при действии поперечной нагрузки / М.О. Моисеенко, О.Н. Попов, Т.А. Трепутнева // Известия вузов. Физика. − Томск, 2013, №7/3. С. 182-184.
4. Моисеенко, М.О. Изгиб за пределом упругости двухпольной прямоугольной гибкой пластины с симметричной начальной погибью, подкрепленной центральным ребром жесткости / М.О. Моисеенко, О.Н. Попов, Т.А. Трепутнева // Строительная механика и расчет сооружений. 2014, №6. С. 40-44.
5. Попов, О.Н. Нелинейные задачи ребристых оболочек / О.Н. Попов, А.П. Малиновский, М.О. Моисеенко. − Томск: Изд-во Томск. гос. архит.-строит. ун-та, 2004. − 172 с.
6. Йонг, Т.У. Применение метода конечных элементов для исследования больших прогибов пластин с начальными прогибами / T.Y. Yang // Ракетная техника и космонавтика, 1971. Т. 9. № 8. С. 38-44.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ МАШИНОСТРОЕНИЯ НА ОСНОВЕ ЭЛЕКТРОМЕХАТРОННЫХ СИСТЕМ ДВИЖЕНИЯ

Ю.М. Осипов, д.т.н., д.э.н, г.н.с., О.Ю. Осипов, к.э.н., с.н.с., В.А. Трифонов,к.э.н., доцент*
Национальный исследовательский Томский государственный университет
634050, г. Томск, пр. Ленина 36, тел. 8-960-971-43-92, e-mail: umo1943@yandex.ru
** Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского Томского политехнического университета*
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, т/ф 8(38451)626-83,
E-mail:v.trifonov@rambler.ru.

Введение. В настоящее время, существует множество ниш, в которых используются роботы и манипуляторы. Среди них как роботы МЧС, спасающие жизни людей (способные обнаружить человека под завалом, уничтожить взрывное устройство или проверить состояние атомной электростанции во время аварии), так и роботы для обычной жизни, вне зависимости от их специализации.

В сравнении с большими достижениями в области интеллектуального управления робототехническими средствами технологических комплексов, технические достижения в части создания их основных элементов — исполнительных звеньев движений манипуляторов и роботов, далеки от совершенства. Это главный компонент робототехнических средств любого технологического комплекса машиностроения (ТКМ), в которых осуществляютсядвижения рабочих органов.В большинстве отечественных и зарубежных роботах-манипуляторах сочленения автоматизированных рук (ног) в подавляющем большинстве случаев одноосные, с редукторными электроприводами, являющиеся

источником шума, низких скоростей, погрешностей за счет приводных валов, зубчатых ремней, зубчатых передач и др. Чтобы осуществить движение например, руки (плеча, предплечья и т.п.) робота-андроида в трехосной системе координат, в его конструкции необходимы до девяти одноосных сочленений. Это создает громоздкость в конструкциях, требует сложных алгоритмов управления мультикоординатных движений звеньев. Для уменьшения влияния перечисленных факторов снижают нагрузки на приводы, разрабатывают рациональные конфигурации роботов, определенные траектории инструмента, ограничивают рабочее пространство и т.п. Этому свидетельствует современное состояние исследований и разработок многих компаний: FanucLtd., YaskawaElectricCorp., FujiMachineMfg. Co., ToshibaMachinesCo., OkumaCorp., MoriSeikiCo., MakinoMillingMachinesCo., HitachiSeikiCo: Япония, Broetie-AutomationGMBH, Германия; ЦНИИ РТК, Россия и др.Множество интересных идей и изобретений в данный момент в части привода движущихся частей роботов находятся в стадии концепций или существуют только в виде прототипов — это то, что станет робототехническими средствами завтра[1, 2].

В настоящее время потребностью развития и усовершенствования общественного производства как базы для достижения экономического и военно-технического могущества страны, а такженеобходимостью исследования и освоения новых нетрадиционных пространств и сфер деятельности человека являются современные технологические комплексы машиностроения на основе роботов и манипуляторов. В статье мы рассматриваем электромехатронныекомпоненты роботов и манипуляторов, приводимые в действие электроприводами, имеющие операционные и управляющие части. Прогресс в области микропроцессорной техники, электроники, вычислительных средств способствовал существенному расширению функций и качества управляющей части электроприводов, которые практически достигли совершенства. Без качественного развития операционной части — электромехатронных компонентов роботов и манипуляторов практически нет дальнейшего развития управляющих частей, в целом роботов и манипуляторов, что снижает их качество и конкурентоспособность, платежеспособный спрос.[3, 4].

Актуальное значение приобретают разработки в области создания операционных частей роботов и манипуляторов, соответствующих высокому уровню развития управляющих частей, обеспечивающей интегральное движение каждого элемента робототехнической системы, например, руки (плеча, предплечья и кисти) с характеристиками движений, приближенных к естественным движениям человека (от эластичных, ползучих скоростей до резких и быстрых движений, адаптированных к текущему событию), с освоением сложных и точных движений.Развивается новая тенденция проектирования в мехатронике —конструктивные решения упрощаются: устраняются редукторы, кулачковые механизмы, преобразователи вращательного движения в поступательное и т.п. Новые магнитные материалы на основе редкоземельных металлов, новые электротехнические и конструкционные материалы, определяют развитие электромехатроники и дают возможность применения электропривода прямого действия в проектировании операционных частейтехнологических комплексов машиностроения, бытовой техники, медицины и т.п.

Прогресс достигается синергетическим объединением узлов электрических машин с механическими, электронными и компьютерными компонентами, обеспечивающее производство качественно новых устройств — электромехатронных модулей (ЭМД) и электромехатронных систем движения (ЭМСД) с интеллектуальным управлением. Предлагается разрабатывать технологические комплексы машиностроенияна основе нового функционального элемента — «активной» карданной передачи (АКП), обеспечивающей интегральное движение каждого элемента робототехнической системы, например, руки (плеча, предплечья и кисти)с характеристиками движений, приближенных к естественным движениям человека (от эластичных, ползучих скоростей до резких и быстрых движений, адаптированных к текущему событию), с освоением сложных и точных движений.

В результате выполнения серии основополагающих НИОКР коллективом исследователей малого инновационного предприятия ООО «Электромехатронные системы»(таблица 1):

- сформирована концепция интеллектуального схемоконструкторского проектирования — синергетическая интеграция электромеханических, электронных и компьютерных средств управления, в результате чего создаются новшества — объекты промышленной собственности разных уровней защищенности (мировые, страновые, отраслевые, региональные и т.д.), вовлекаемые в экономический оборот [1];
- разработана конструкторская документация, изготовлены опытные и мелкосерийные образцы робототехнических средств и внедрены в технологических комплексы машиностроения заказчиков[2, 5];

- разработано и изготовлен сочленение робототехнического средства на основе нового функционального элемента — «активной» карданной передачи» (рис. 1).

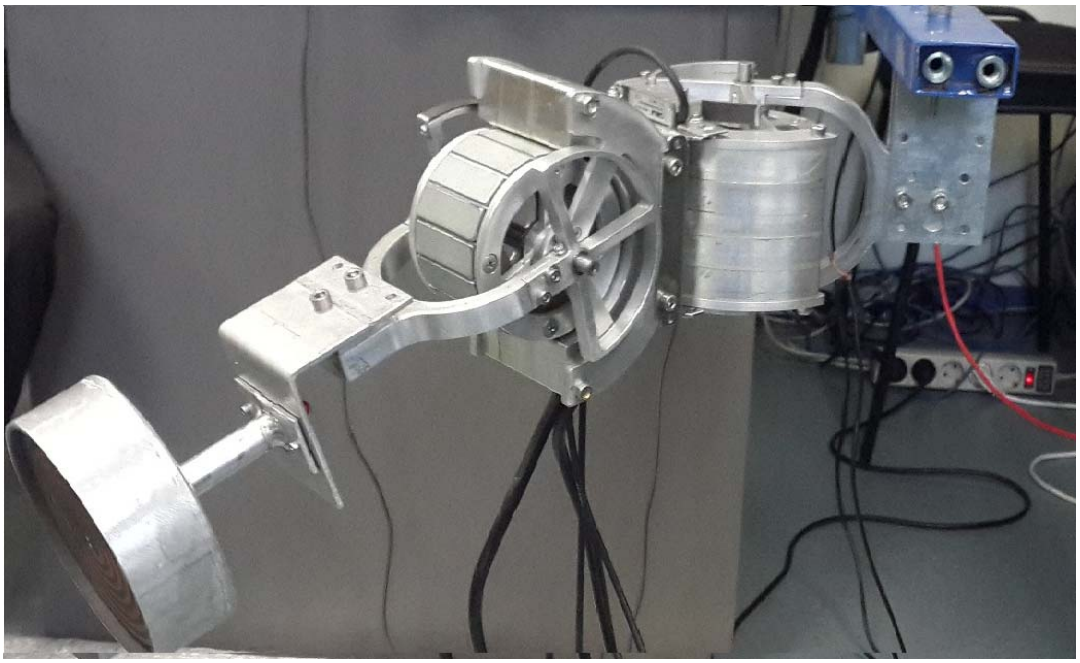


Рис. 1. Сочленение робототехнического средства на основе нового функционального элемента — «активной» карданной передачи»

Таблица 1

НИОКР по электромехатронным системам движения

№ п/п	Научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки изделий с электромехатронными системами движений	Периоды времени
1.	НИОКР «Разработка и изготовление экспериментального образца автономной электростанции с фотоэлектрическими панелями, автоматически ориентированными на Солнце».	2010÷2011 гг.
2.	НИОКР «Разработка и изготовление опытных образцов системы высокоточного позиционирования для рентгеновского микротомографа для исследования образцов материала органической и неорганической природы».	2010÷2011 гг.
3.	ОКР «Разработка и изготовление опытных образцов опорно-поворотного устройства для исследования характеристик антенн».	2011÷2012 гг.
4.	ОКР «Разработка и изготовлениеустройства для неразрущающего контроля качества изготовления и калибровки ТВЭЛов».	2012÷2014 гг.
5.	НИОКР «Разработка научно-технических основ создания мультикоординатныхэлектромехатронных систем движения для робототехнических средств на основе функционального элемента — «активной» карданной передачи».	2013÷2014 гг.

Исследования за период 2010÷2014 позволили сформулировать перспективы создания технологических комплексов машиностроения на основе электромехатронных систем движения на дальнейший период, до 2020 года по двум направлениям (таблица 2):

- для достижения экономического могущества страны;
- для обеспечения безопасности и обороноспособности страны.

Таблица 2

НИОКР и научно-техническое обеспечение
технологических комплексов машиностроения

НИОКР технологических комплексов машиностроения с применениемэлектромехатронных систем движения	
Продукция для достижения экономического могущества страны	Продукция обеспечения безопасности и обороноспособности страны
1. НИОКР «Манипулятор рабочего стола лазерного технологического комплекса для обработки криво-линейных и сферических поверхностей, отверстий и т.п., содержащего обрабатываемую деталь (или изделие), с поворотами на заданные углы по трем осям прямоугольной системы координат. Шифр «Дуга» 2. НИОКР «Лечебно-оздоровительный тренажер с использованием энергии импульсного низкочастотного электромагнитного, теплового и механическогополей для воздействия на область малого таза и позвоночника». Шифр «Всадник». 3. НИОКР «Лечебно-оздоровительный тренажер с использованием процедур (вибрационный массаж, лекарство + электромагнитное поле, инфракрасное излучение) на руки и ноги пациента». Шифр «Желоб». 4. ОКР «Рентгеновский микротомограф для исследования структуры веществ органической и неорганической природы». Шифр «Микрон». 5. ОКР «Рентгеновский томограф для устройств неразрущающего контроля тепловыделяющих элементов атомных электростанций». Шифр «ТВЭЛ».	1. НИОКР «Горизонтированная платформа со стабили-зацией положения блока чувствительных элементов в горизонтальной плоскости прямоугольной системы координат и вращением по азимуту например, гибридной бесплатформенной инерциальной нави-гационной системы». Шифр «Опора». 2. НИОКР «Малогабаритныйэлектромехатронныйсчислитель координат подвижного объекта, например беспилотного глубоководного аппарата». Шифр «Координата». 3. НИОКР «Электромехатронный модуль электро-привод-движитель глубоководного аппарата» с интелектуальным управлением. Шифр «Движение». 4. НИОКР «Робот-андроид с дистанционно-интеллек-туальным управлением для спасательных работ и пр.» Шифр «Аватар». 5. НИОКР «Малогабаритная мобильная электромеха-тронная центрифуга-тренажер» Шифр «Перегрузка».
Научно-техническое обеспечение (патенты РФ, конструкторско-технологическая документация, программное обеспечение и т.п.)	
1. Патент РФ, №2365488. Манипулятор-платформа / Осипов Ю.М. – опубл. 20.10.2009, Бюл. № 29. 2. Патент РФ, №2365888. Устройство для контроля параметров неуравновешенности подвижной системы / Ю.М. Осипов (РФ). – опубл. 27.08.2009. – Бюл. № 24. 3. Патент РФ, №2353044. Способ согласования электромагнитных систем и систем с постоянными магнитами / Ю.М. Осипов (РФ). – опубл. 20.04.2009. – Бюл. № 11. 4. Патент РФ, №2361567. Электромеханический тренажер / Ю.М. Осипов (РФ) и др. – опубл. 20.07.2009. – Бюл. № 20. 5. Патент РФ, №2505392. Манипулятор рентгеновскогомикрото-мографа/ Ю.М. Осипов (РФ) и др. – опубл. 20.04.2014. – Бюл. № 1. 6. Патент РФ, № 2505800. Способ рентгеновской томографии и устройство для его осуществления /Ю.М. Осипов (РФ) и др. – опубл. 20.04.2014. – Бюл. № 1. 7. Патент на полезную модель № 146623.Электромехатронный модуль движения / Ю.М. Осипов (РФ) и др. – зарегистр. в государств.реестре полезных моделей РФ 18.09.2014 г. 8. Научно-техническая документация эскизно-технических про-ектов и конструкторская документация экспериментальных образцов.	

с применением электромехатронных систем движения

Заключение

1. При разработке робототехнических средств технологических комплексов машиностроения приходится решать компромиссную задачу, в которой акцент может быть сделан на операционных или управляющих частях. В выборе компромиссного решения определенную роль играет уровень технических средств, используемых соответственно для построения операционной и управляющей-части электромехатроники.

2. В основе теории и методологииробототехнических систем с сочленениями нового типа будут лежать принципы интеграции и совмещения конструкций электромеханических, электронных и компьютерных компонентов, технологии уравновешивания подвижных частей и совмещения магнитопроводов индукторов и энергоактивных роторов, оптимизации магнитодвижущих сил конструкций пассивных и активных магнитопроводов и их составных элементов, обмоток и т.д.

3. Внедрение активной карданной передачи позволит получить прорывные результаты в характеристиках движений робототехнических средств, приближенных к естественным движениям человека (от эластичных, ползучих скоростей до резких и быстрых движений, адаптированных к текущему событию).

4. Новизна предлагаемых подходов к решению научной задачи показывает целесообразность проведения теоретических и экспериментальных исследований, возможность получения результатов, способных к правовой охране в виде изобретений, полезных моделей, промышленных образцов, программ для ЭВМ, баз данных, секретов производства (ноу-хау).

5. . Значимость,роль и место результатов проекта в системе обеспечения безопасности государства за счет реализации результатов проектачрезвычайно высока:

усиление конкурентных позиций отечественных производителей (в соответствии с критерием оптимизации «цена-качество» — главным критерием конкурентности высокотехнологичной продукции, который позволяет учесть и экономические требования (цена), и производственно-технические требования (качество продукции);

повышение уровня готовностиэкономики страны до 2030 года, в т.ч. при борьбе с терроризмом, решении оборонных задач, пожаротушения, освоении космоса и глубин Мирового океана, проблем атомной энергетики и опасных производств, медицины.

6. Прогноз технологического развития — результаты проекта позволят сделать следующий шаг — разработать робототехнические средства с ЭМД с гибкими управляемыми магнитопроводами, обладающими высокой тактильной чувствительностью и сенсорными свойствами.

Литература.

1. Термин «электромехатроника» [Электронный ресурс]. – Режим доступа:ru.wikipedia.org.
2. Осипов, О.Ю. Мультикоординатныеэлектромехатронные системы движения / О.Ю. Осипов, Ю.М. Осипов, С.В. Щербинин. – Томск: Изд-во Томск.гос. ун-та систем упр. и радиоэлектроники, 2010. – 320 с.
3. Изоткина Н.Ю., Осипов Ю.М., Сырямкин В.И., Трифонов В.А.Коммерциализация систем позицио-нирования рентгеновских микротомографов. Актуальные проблемы современного машиностроения: сборн. трудов Международ. НПК11-12 дек.2014 г./ Юрг.технол. инст. −Томск: Изд-во ТПУ, 2014. − 481 с. – С.55-58.
4. TceplitA.,GrigorevaA., OsipovY. Developing the model for assessing the competitiveness of innovative engineering products. AppliedMechanicsandMaterialsVol. 682 (2014) pp 623-630.
5. Осипов Ю.М., Осипов О.Ю. Создание изделий экстремальной робототехники на основе «активной» карданной передачи. Труды 7-ого международного симпозиума «Экстремальная робототехника – робототехника для работы в условиях опасной окружающей среды (RISE-ER'2013)». – Санкт- Петербург. – Изд-во «Политехника-сервис, 2013. – 556 с. – С.177-179.

УЛЬТРАПРЕЦИЗИОННАЯ АЛМАЗНАЯ ОБРАБОТКА ХРУПКИХ МАТЕРИАЛОВ В НАНОМЕТРОВОМ ДИАПАЗОНЕ ТОЛЩИН СРЕЗАЕМОГО СЛОЯ[1]

М.А. Шавва, аспирант, В.В. Лапшин, аспирант, С.В. Грубый, д.т.н., проф.
ОАО «ВНИИИНСТРУМЕНТ, МГТУ им. Н.Э. Баумана
107023, г. Москва, ул. Б. Семеновская, д.49, 8(965)4191955
E-mai;l: katapu@mail.ru, vasylap@mail.ru, grusv@yandex.ru

Традиционная технология обработки поверхностей деталей из хрупких оптических материалов предусматривает предварительное шлифование алмазными кругами зернистостью различного гранулометрического состава в строгой последовательности от крупных до мелких фракций. Далее применяется окончательное химико-механическое полирование микропорошками (свободным абразивом). У этой технологии имеются существенные недостатки - относительно низкая производительность и стабильность процесса, сложность автоматизации и управления, влияние квалификации полировщика на качество обработки.

В ОАО «ВНИИИНСТРУМЕНТ» и МГТУ им. Н.Э. Баумана в рамках Соглашения по Федеральной целевой программе проводят комплекс технологических исследований и конструкторских разработок, направленных на повышение производительности, точности и качества обработки хрупких оптических материалов. Исследования основаны на гипотезе о «квазипластичности» хрупких материалов. «Квазипластичность» – это проявление пластичных свойств поверхностного слоя хрупких материалов при определенных режимах и условиях обработки. При резании с нанометровыми толщинами срезаемого слоя контактное взаимодействие инструмента с обрабатываемой поверхностью создает условия, при которых происходит направленное «квазипластичное» удаление поверхностного слоя материала с формированием шероховатости в пределах нескольких нанометров и минимальным дефектным слоем.

Первая установка, специально созданная для исследования процессов при алмазном шлифовании в нанометровом диапазоне толщин, была спроектирована Ёшиоко [1]. Далее исследования были продолжены Т.Г. Бифано и Т.А. Доу в восьмидесятых годах двадцатого века на установке «PEGASUS» [1]. В результате проведенных экспериментов на большом количестве аморфных стекол, монокристаллов и керамических материалов авторами были установлены условия хрупко-пластичного перехода, при котором все материалы независимо от их твердости и хрупкости в процессе механической поверхностной обработки претерпевают переход от хрупкого режима разрушения к «квазипластичному» [2, 3, 4].

Алмазная обработка хрупких оптических материалов в режиме «квазипластичного» резания может быть реализована при наличии:

- ультрапрецизионного жесткого оборудования, обеспечивающего глубину резания в пределах от 0,5 до 2 мкм, подачу заготовки в пределах от 0,1 до 5 мкм/об, кинематику резания с толщиной срезаемого слоя от единиц до нескольких десятков нанометров;
- монокристаллических алмазных резцов с радиусом округления режущей кромки 30 - 50 нм;
- алмазных кругов на металлической или керамической связке, зернистость алмазоносного слоя которых составляет 1 – 5 мкм;

Экспериментальные исследования проведены на специальных ультрапрецизионных экспериментальных стендах для шлифования и фрезерования летучим резцом - рисунки 1 и 2. Параметры стендов приведены в таблицах 1 и 2.

Объектами исследований при алмазном шлифовании и фрезеровании были заготовки из хрупких оптических материалов: монокристаллического дигидрофосфата калия (KDP), монокристаллического кварца, кварцевого стекла, ситалла, монокристаллического германия и сапфира.

Обработка заготовок при алмазном шлифовании осуществлялась на следующих режимах: глубина резания – 1 мкм, частота вращения шлифовального круга – 2000 об/мин. Образец был закреплен на поворотном столе диаметром 300 мм, который вращался с частотой от 0,01 до 0,07 об/мин. Обработка проводилась алмазным шлифовальным кругом диаметром 80 мм с зернистостью 1-3 мкм с концентрацией алмазных зерен – 100% на керамической связке, без применения СОЖ.

Для контроля шероховатости обработанных поверхностей использована система NanoFocus® µSurf®. Система работает по принципу конфокального измерения с источником белого света и предназначена для контроля качества поверхностей с шероховатостью до 1 нм. Проводилось трехкратное

[1] *Статья выполнена в рамках Соглашения №14.579.21.0042 от 25.08.2014 (уникальный идентификатор RFMEFI57914X0042) между ОАО «ВНИИИНСТРУМЕНТ» и Министерством образования и науки РФ по теме «Разработка технологии и оборудования наноразмерной обработки алмазным монокристаллическим и абразивным инструментом оптических материалов в режиме квазипластичного резания»*

измерение шероховатости поверхности, в таблице 3 приведены режимы обработки, максимальная толщина срезаемого слоя для алмазного круга, а также результаты измерений по шероховатости обработанной поверхности.

Рис. 1. Специальный ультрапрецизионный стенд для шлифования

Рис. 2. Специальный ультрапрецизионный стенд для фрезерования летучим резцом

Таблица 1

Параметры ультрапрецизионного стенда для шлифования

№ п/п	Наименование параметров	Величина параметров
1.	Диапазон частот вращения шлифовального круга, мин$^{-1}$	200…6000
2.	Диапазон частот вращения поворотного стола, мин$^{-1}$	0,01…300
3.	Ход продольного суппорта, ось Z (суппорт врезания), мм	100
4.	Ход поперечного суппорта, ось X, мм	150
5.	Ход вертикального суппорта (установка круга по высоте), ось Y, мм	100
6.	Ход поворотного стола (установочное движение), ось B, угл.град.	20
7.	Количество осей, шт. ось X - поперечный суппорт; ось Z - продольный суппорт (суппорт врезания); ось B - поворотный стол; ось S - вращение шлифовального круга	4
8.	Рабочая подача продольного суппорта, мм/мин	5…200
9.	Дискретность перемещения поперечного суппорта, мкм	0,1
10.	Дискретность перемещения продольного суппорта, мкм	0,1
11.	Точность позиционирования осей Z и X на длине 100 мм, мкм	0,5
12.	Точность позиционирования поворотной оси «B», угл. сек.	1
13.	Мощность электродвигателя шлифовального круга, кВт	1

Таблица 2

Параметры ультрапрецизионного стенда для алмазного фрезерования

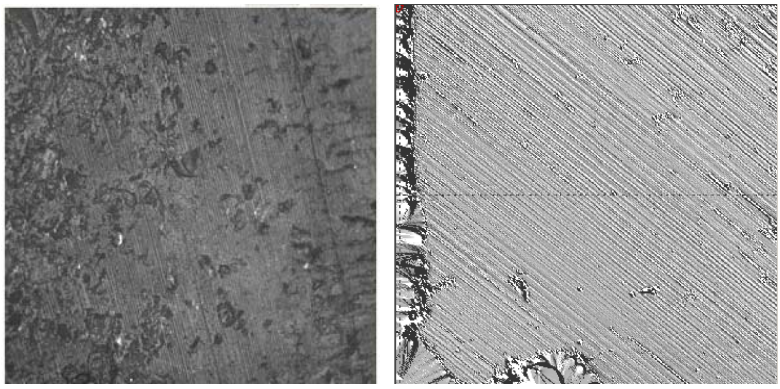
№ п/п	Наименование параметров	Величина параметров
1.	Диапазон частот вращения шпинделя, мин$^{-1}$	50…3000
2.	Ход продольного суппорта, ось Z (суппорт врезания), мм	100
3.	Ход поперечного суппорта, ось X, мм	200
4.	Количество осей, шт. ось X - поперечный суппорт; ось Z - продольный суппорт(суппорт врезания); ось S - вращение шлифовального круга	3
5.	Рабочая подача продольного суппорта, мм/мин	5…200
6.	Дискретность перемещения поперечного суппорта, мкм	0,1
7.	Дискретность перемещения продольного суппорта, мкм	0,1
8.	Точность позиционирования осей Z и X на длине 100 мм, мкм	0,5
9.	Мощность электродвигателя шлифовального круга, кВт	1

Таблица 3

Режимы алмазного шлифования хрупких оптических материалов

Обрабатываемый материал	Скорость вращения поворотного стола, об/мин	Подача заготовки на оборот шлифовального круга, мкм/об	Максимальная толщина среза, нм	Шероховатость обработанной поверхности, Ra, нм
Монокристаллический кварц	0,02	9,4	8,9	34
Кварцевое стекло	0,05	24	22,6	6
Ситалл	0,07	33	31	3
	0,05	24	22,6	3
	0,03	14,1	13,3	3
	0,01	4,7	4,1	3
Сапфир	0,07	33	31	1
	0,05	24	22,6	2
	0,03	14,1	13,3	2

Примечание: поверхность с шероховатостью менее 10 нм относится к оптическому классу



а) б)

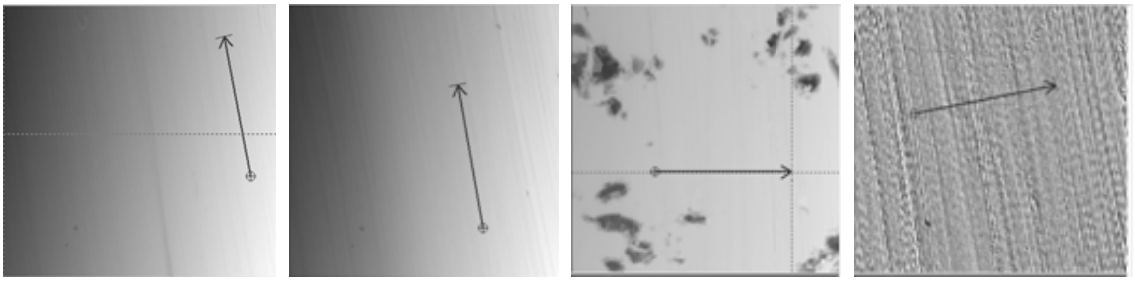
Рис. 3. Вид поверхностей заготовок из хрупких материалов, обработанных методом ультрапрецизионного алмазного шлифования (масштаб 400:1): а) монокрсталлический кварц; б) кварцевое стекло

На рисунке 3-а приведена обработанная поверхность монокристаллического кварца. Из рисунка видно, что при обработке материал находился в пограничном состоянии, т.е. в состоянии хрупко-пластичного перехода. Об этом можно судить по одновременному наличию сколов на обработанной поверхности и по наличию «следов подачи» режущего инструмента. «Следы подачи» - следы обра-

ботки в «квазипластичном» режиме на обрабатываемой поверхности, которые совпадают с траекторией движения режущего инструмента [5, 6]. Поскольку материал в зоне резания находился в пограничном состоянии, то шероховатость обработанной поверхности имеет относительно большое значение – 34 нм. Можно предположить, что толщина срезаемого слоя 8,9 нм не обеспечивает полный переход монокристаллического кварца в стояние «квазипластичности».

На рисунке 3-б приведена обработанная поверхность кварцевого стекла. На обработанной поверхности практически отсутствуют сколы и трещины, превалируют следы подачи. Обработка поверхности происходит в режиме «квазипластичного» резания. Шероховатость обработанной поверхности составила 6 нм.

Аналогичные результаты получены при алмазном шлифовании ситалла с подачей 4 мкм/об (толщина среза 4,1 нм, шероховатость Ra = 3 нм) - рисунок 4-г.



а) б) в) г)

Рис. 4.- Обработанная поверхность ситалла при продольной подаче (масштаб 250:1):
а) – 33 мкм/об; б) – 24 мкм/об; в) – 14.1 мкм/об; г) – 4.7 мкм/об

По результатам ультрапрецизионного алмазного шлифования различных хрупких материалов шероховатость обработанной поверхности составила от 1 нм до 34 нм. При шлифовании в режиме «квазипластичного» резания шероховатость обработанной поверхности кварцевого стекла, ситалла, сапфира не превышает 6 нм, т.е. относится к оптическому классу.

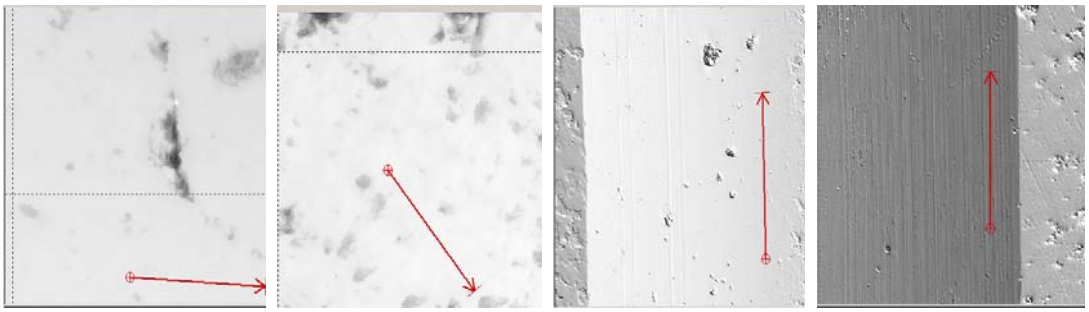
Обработка заготовок монокристаллов дигидрофосфата калия и германия алмазным монокристаллическим инструментом в нанометровом диапазоне толщин срезаемого слоя осуществлялось на специальном ультрапрецизионном стенде по схеме фрезерования однорезцовой головкой. Параметры алмазного резца, установленного в головку, режимы фрезерования и значения шероховатости обработанной поверхности приведены в таблице 4. Диаметр однорезцовой головки составляет 35 мм. Все эксперименты проведены на частоте вращения шпинделя 1000 об/мин.

Таблица 4

Режимы алмазного фрезерования хрупких оптических материалов

Обрабатываемый материал	Радиус алмазного резца при вершине, мм	Радиус округления режущей кромки, нм	Передний угол, град.	Задний угол, град.	Глубина резания, мкм	Толщина срезаемого слоя, нм	Количество проходов	Ra, мкм
Дигидрофосфат калия KDP	2	50	0	-7	1	77,4	3	12
	2					31,3	8	16
	2					5,6	3	3
Германий	3,6					5,6	3	1

На рисунке 5 показаны фотографии поверхностей хрупких материалов, обработанных однорезцовой алмазной фрезерной головкой при различных значениях толщины срезаемого слоя.



а) б) в) г)

Рис. 5. Поверхности образцов после алмазного фрезерования при различной толщине срезаемого слоя (масштаб 250:1): а) KDP - 77,4 нм; б) KDP - 31,3 нм; в) KDP - 5,6 нм; г) германий - 5,6 нм

Из фотографий рисунка 5 следует, что при уменьшении толщины срезаемого слоя до 5,6 нм на обработанной поверхности четко прослеживаются «следы подачи» режущего инструмента, т.е. поверхностный слой переходит в состояние «квазипластичности» [7]. С уменьшением толщины срезаемого слоя снижается шероховатость обработанной поверхности. Элементы оптики и микроэлектроники из дигидрофосфата калия и германия могут быть обработаны алмазным монокристаллическим инструментом с шероховатостью оптического класса [8,9,10, 11].

При ультрапрецизионном алмазной обработке хрупких материалов в нонометровом диапазоне толщин среза образуется стружка переменной нанометровой толщины. Внешний вид стружки показан на рисунке 6.

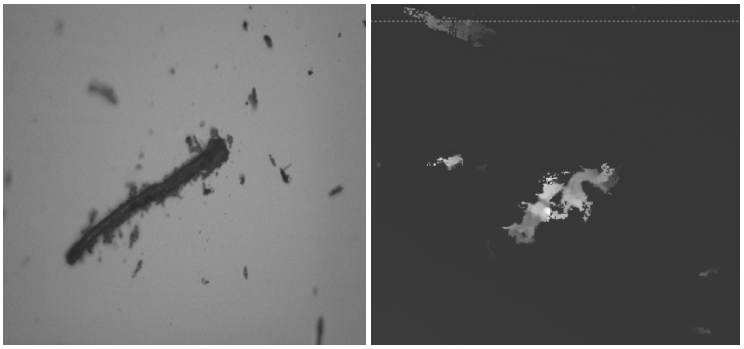


Рис. 6. Стружка при алмазной ультрапрецизионной лезвийной обработке дигидрофосфата калия (масштаб 30:1)

При алмазном шлифовании такая стружка накапливается в межзеренном пространстве алмазоносного слоя, что приводит к «засаливанию» круга. Избежать засаливания поверхности круга можно путем применения правки. Правка алмазных шлифовальных кругов, зернистость которых составляет менее 5 мкм, не может быть осуществлена механическим методом по причине шаржирования алмазоносного слоя частицами правящего инструмента. Поскольку правка шлифовального круга вне станка сказывается на точности обрабатываемой поверхности, а также снижает производительность обработки, рекомендовано использовать непрерывную электрохимическую правку (ECD-правка) [12, 13].

По результатам конструкторских проработок смоделирована, разработана и изготовлена установка, обеспечивающая непрерывную электрохимическую правку алмазного круга непосредственно при ультрапрецизионном алмазном шлифовании заготовок из хрупких материалов.

Проведенные экспериментальные исследования показывают, что при режимах резания, обеспечивающих нанометровые значения срезаемого слоя, поверхностный слой хрупкого материала переходит в состояние «квазипластичности», образуется поверхность без сколов и трещин, с шероховатостью в пределах нескольких нанометров. Метод алмазного шлифования обеспечивает меньшую толщину срезаемого слоя по сравнению с фрезерованием однорезцовой головкой, поэтому этому методу можно отдать предпочтение для обработки хрупких материалов относительно высокой твердости.

Для получения требуемого качества поверхностей из хрупких материалов: шероховатость Ra = 1 нм, минимальная погрешность обработки – 10 нм на площади 100x100 мм и минимальный размер трещиноватого слоя – необходимо повысить жесткость и точность используемого оборудования. В рамках дальнейших исследований планируется создание специального ультрапрецизионного стенда с узлами на аэростатических опорах повышенной жесткости для наноразмерной обработки алмазным монокристаллическим и абразивным инструментом оптических материалов в режиме «квазипластичного» резания.

Литература.

1. Bifano T. Ductile-regime grinding: a new technology for machining brittle materials/ T. Bifano, T. Dow, R. Scattergood// Transaction of ASME. – 1991. – vol. 113 №5. – p. 184-189.
2. Теплова Т.Б. Квазипластичное удаление поверхностного слоя твердых хрупких материалов с получением нанометрового рельефа поверхности// Научный вестник М Г ГУ. – 2010. - №8. – с. 73-88.
3. Nazwa T. Precision surface grinding of silicon carbide with fine grain diamond cup wheel/ T. Nazwa// Engineering e-Transaction. – 2010. – vol. 5 №1. – p. 19-26.
4. Шейнман Е. Пластичное резание хрупких материалов в нанодиапазоне. Обзор зарубежных исследований/ Е. Шейнман// ИТО. – 2007. - №12. – с.54-56.
5. Шавва М.А. Расчет сил резания при алмазном шлифовании хрупких материалов/ М.А. Шавва, С.В. Грубый// Сборник трудов международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы современного машиностроения» - Юрга. 11-12 декабря 2014.
6. Шавва М.А. Расчет сил при алмазном шлифовании хрупких материалов/ М.А. Шавва// Сборник всероссийской межвузовской научно-технической конференции «Современные тенденции в технологиях металлообработки и конструкциях металлообрабатывающих машин и комплектующих изделий» - Уфа. 3-5 марта 2015.
7. Shariff Udin M. Effect of crystallographic orientation on wear of diamond tools for nano-scale ductile cutting of silicon/ Shariff Udin M., Seah K.H.W., Li X.P., Rahman M., Liu K.. – Elsivier. - 2004.
8. Wang J. An experimental study of cutting performance on monocristalline germanium after ion implantation/ J. Wang, F. Fang, X. Zhang// Precision Engineering – 2015. -#39.
9. Грубый С.В. Моделирование процесса и разработка технологии сверхточной обработки плоских отражателей однорезцовой алмазной фрезерной головкой/ С.В. Грубый, В.В. Лапшин// Электронное научно-техническое издание: Наука и образование – 2014. - №2.
10. Rhorer L. Fabrication of optics by diamond turning/ J. Evans, L. Rhorer// Handbook of Optics, 3rd Edition, Chapter 41. – 2010. – vol 2.
11. Chen H. Effect of crystallographic orientation on cutting forces and surface finish in ductile cutting of KDP crystals// H. Chen, Yifan Dai, Ziwen Zheng// Machining Science and Technology: An International Journal. – 2011. – p.231-242.
12. Шавва М.А. Экспериментальная установка для алмазного шлифования с применением непрерывной электрохимической правки шлифовального круга/ М.А. Шавва, Е.М. Захаревич// Электронное научно-техническое издание: Наука и образование – 2014. - №3.
13. Zhao Q. Ultra-precision grinding of optical glasses using mono-layer nickel electroplated coarse-grained diamond wheels. Part 1: ELID assisted precision conditioning of grinding wheels/ Q. Zhao, B. Guo// Precision Engineering – 2015. -#39.

СЕКЦИЯ 3

Автоматизация и информатизация, экономика и менеджмент на предприятии

ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЕ МЕТОДЫ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ В ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМАХ НА ОСНОВЕ БИОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

З.В. Бориев, аспирант, А.П. Нырков, д.т.н., профессор, С.С. Соколов, к.т.н., доцент
Государственный университет морского и речного флота
имени адмирала С.О.Макарова
198035, г. Санкт-Петербург, ул. Двинская 5/7, тел. (812) 748-97-20
E-mail: sssokolov@mail.ru

Введение. Вопрос об использовании биометрических систем идентификации в наши дни становится всё более актуальным. При этом, как показывает действительность, традиционные методы персональной идентификации и авторизации, основанные на применении паролей или материальных носителей (в виде пропуска, паспорта, водительского удостоверения, электронных ключей и карт), уже не отвечают современным требованиям к надежности при определении личности. Пароль можно забыть или перехватить, материальный носитель - скопировать, потерять или передать другому лицу. Именно это не позволяет традиционным системам контроля доступа обеспечивать надлежащий уровень надежности. Как следствие, компании ищут более эффективные методы обеспечения безопасности. Одним из путей решения этого вопроса является переход к биометрическим системам идентификации .[1]

Информационно-управляющие системы. Эффективное управление требует постоянного контроля и планирования всех процессов, происходящих в организации. Работу по планированию проводят с учетом того, что за ней последует функция контроля. А для контроля необходима своевременная, точная информация, эффективная по отношению к затратам на ее получение. Для реализации этих требований необходима информационно–управляющая система.

Информационно–управляющая система (ИУС) — это совокупность оборудования и программного обеспечения, позволяющего руководству компании получать своевременную информацию, необходимую для принятия эффективных решений.

Администрация предприятия ежедневно сталкивается с решением вопросов о начислении зарплат, учете рабочего времени, организации доступа к определенным ресурсам сотрудникам, количество которых постоянно меняется. Сама по себе автоматизация процессов управления в компании не является большой проблемой. Настоящие трудности возникают вследствие того, что компоненты любой организации постоянно меняются, модернизируются или вообще удаляются. Изменяется внешняя среда, изменяется структура, модернизируются техпроцессы предприятия. Если администрация организации будет лишена возможности своевременно реагировать на эти изменения, то последствия для предприятия могут принять серьезный характер.[2]

Системы контроля и управления доступом. Системы контроля и управления доступом (СКУД) – это важнейший компонент информационно-управляющей системы любого предприятия или офисного здания. СКУД представляет собой очень сложный аппаратно-программный комплекс, отвечающий за регистрацию и ограничение входа-выхода людей и транспортных средств на определенной территории через контрольно-пропускные точки (ворота, двери). Основными задачами СКУД является определение времени пропуска на территорию и проведение идентификации объектов, которые имеют право на допуск. Кроме этого, система контроля доступа может выполнять перечень дополнительных функций, к которым относится:

- ведение учета рабочего времени;
- проведение расчетов зарплаты сотрудников (при возможности интегрирования с системой бухучета);
- ведение базы посетителей и сотрудников.

В любой СКУД имеется некий электронный идентификатор (ключ), который служит для определения прав владеющего им лица. В качестве ключа в системах контроля и управления доступом могут использоваться: штрихкодовые, магнитные или интеллектуальные (смарт-карты) пластиковые карточки; «электронные таблетки» (Touch Memory); виганд-карточки; карточки дистанционного считывания (проксимити); PIN-код. Кроме того, в качестве идентификатора могут использоваться биометрические параметры человека.

«Электронные таблетки» (*Touch Memory*) представляют собой микросхему, расположенную в прочном металлическом корпусе. Кодовая информация записывается в память данной схемы. Для идентификации нужно приложить таблетку к считывателю. Скорость считывания – 0,1 с. Некоторые модели позволяют заносить информацию о пользователе. Достоинствами являются компактность,

высокая стойкость к механическим повреждениям, коррозии, перепадам температур и небольшая стоимость (сравнимая со стоимостью карточек с магнитной полосой).

Карточка со штриховым кодом представляет собой пластину с нанесенными на нее полосами черного цвета (штрихами). Кодовая информация содержится в изменяющейся ширине штрихов и расстоянии между ними. Код с такой карточки считывается оптическим считывателем. На магнитную карточку кодовая информация записывается на магнитной полосе. Штриховой код можно просто запачкать грязью. Магнитную карту легко повредить при ежедневном использовании.

Перфорированная карточка представляет собой пластину (пластмассовую или металлическую). Кодовая информация на перфорированную карточку наносится в виде отверстий, расположенных в определенном порядке. Код с карточек считывается механическими или оптическими считывателями.

Кодовая информация на виганд-карточке содержится на определенным образом расположенных тонких металлических проволочках, приклеенных специальным клеем. Информация с карточки считывается электромагнитным считывателем.

Проксимити-технологии имеют массу достоинств – намного большую по сравнению с другими способами идентификации надежность и долговечность, отсутствие источника питания (в пассивных картах). Проксимити-считыватель постоянно посылает радиосигнал. Карта при попадании в зону действия считывателя принимает его излучение и в ответ посылает сигнал, содержащий записанный на микросхеме код. Расстояние между считывателем и картой зависит от мощности считывателя и варьируется от 5 см до нескольких метров. Отсутствие механического контакта в процессе работы позволяет делать идентификаторы произвольной формы, идентификатор можно имплантировать в объект идентификации. Достоинствами являются сложность подделки, возможность применения алгоритмов шифрования.

Смарт-карта («умная карта») представляет собой пластиковую карточку, имеет встроенный микроконтроллер со всеми его атрибутами (процессор, оперативная память, энергонезависимая память с файловой системой, средства ввода-вывода, дополнительные сопроцессоры). Основные преимущества смарткарт – большой объем памяти и высокая защищенность информации от попыток модификации и дублирования. Недостаток – высокая стоимость. Является типовым оборудованием соответствующих автоматизированных систем, может быть достаточно просто внедрена в любую произвольную систему.

PIN-код. Носителем кодовой информации является память человека. Пользователь автономно набирает на клавиатуре код и этим дает сигнал исполнительному устройству.[3]

Биометрические системы идентификации. Законодательное регулирование.

В Российской Федерации в сфере защиты прав субъектов персональных данных биометрическим данным уделено особое внимание. Статья 11 Федерального закона «О персональных данных» дает биометрическим данным следующее определение – это «сведения, которые характеризуют физиологические и биологические особенности человека, на основании которых можно установить его личность (биометрические персональные данные) и которые используются оператором для установления личности субъекта персональных данных, могут обрабатываться только при наличии согласия в письменной форме субъекта персональных данных, за исключением случаев, предусмотренных частью 2 настоящей статьи».

Часть 2 статьи 11 федерального закона «О персональных данных» гласит, что обработка биометрических персональных данных может осуществляться без согласия субъекта персональных данных в связи с реализацией международных договоров Российской Федерации о реадмиссии, в связи с осуществлением правосудия и всё, что с этим связанно.

Помимо этого, законом предусматриваются особые требования к материальным носителям биометрических персональных данных и технологиям хранения таких данных вне информационных систем персональных данных.

Материальный носитель должен обеспечивать:

- защиту от несанкционированной повторной и дополнительной записи информации после ее извлечения из информационной системы персональных данных;
- возможность доступа к записанным на материальный носитель биометрическим персональным данным, осуществляемого оператором и лицами, уполномоченными в соответствии с законодательством Российской Федерации на работу с биометрическими ПДн;
- возможность идентификации информационной системы персональных данных, в которую была осуществлена запись биометрических ПДн, а также оператора, осуществившего такую запись;

- невозможность несанкционированного доступа к биометрическим персональным данным, содержащимся на материальном носителе.

Оператор биометрических данных, используемых вне информационных систем персональных данных, обязан:

- осуществлять учет количества экземпляров материальных носителей;
- осуществлять присвоение материальному носителю уникального идентификационного номера, позволяющего точно определить оператора, осуществившего запись биометрических персональных данных на материальный носитель.

Биометрические системы идентификации. Программно-аппаратное обеспечение. Биометрические системы идентификации наиболее эффективны, так как в них распознаются не физические носители информации, а уникальные физические признаки человека. Системы доступа и защиты информации, основанные на таких технологиях, являются не только самыми надежными, но и самыми удобными для пользователей на сегодняшний день. Все биометрические устройства предъявляют специфические требования к программным и аппаратным средствам. В любой системе идентификации пользователи сначала должны быть зарегистрированы. Многие биометрические системы позволяют пользователям делать это самостоятельно.

Биометрические системы контроля и управления доступом, позволяют организовывать эффективную, надежную и экономичную систему контроля и управления доступом. Использование биометрических технологий позволяет избежать таких проблем как утеря, повторный выпуск и передача третьим лицам электронных пропусков.

Учет рабочего времени является не менее актуальным вопросом для руководства компаний. Система учета рабочего времени обеспечивает подачу отчетных данных по соответствиям времени прихода и ухода на рабочее место штатному расписанию, опозданиям на рабочее место, переработкам и недоработкам. Наличие подобной информации позволяет, в свою очередь, более гибко управлять распределением заработной платы, премиальных выплат, штрафных санкций, повышает дисциплину на предприятии и, безусловно, выливается в экономический эффект. Важно то, что система учета рабочего времени, построенная на основе биометрической идентификации, позволяет, по сравнению с традиционными системами, исключить случаи намеренного нарушения режима, связанные с отсутствием привязки - например, магнитной карты к конкретному человеку, благодаря чему карта может быть легко передана от одного лица другому.

Выделяют несколько способов организации доступа к необходимому ресурсу:

1. Верификация, основанная на биометрическом параметре и на уникальном идентификаторе, который выделяет конкретного человека (например, идентификационный номер), т.е. этот метод основан на комбинации идентификационных и аутентификационных приемов.
2. Идентификация, которая в свою очередь, основана только на биометрических измерениях. При этом измеренные параметры сравниваются со всеми записями из базы зарегистрированных пользователей, а не с одной из них, выбранной на основании какого-то идентификатора.[4]

Как правило, оба способа используются в равной степени. Выбор способа аутентификации происходит непосредственно на основании требований к системе безопасности, а так же денежных средств, выделяемых для этих целей. Но надежность системы доступа зависит не только от способа организации аутентификации. Немаловажным фактором в этом вопросе является так же выбор биометрических параметров, на основе которых будет осуществляться доступ.

Биометрические параметры. Существует большое количество биометрических параметров, по которым осуществляется идентификация и аутентификация личности. К ним относятся:

- Радужная оболочка глаза.
- Сетчатка глаза.
- Вены руки.
- Отпечаток пальца.
- Отпечаток руки.
- Геометрия руки.
- Геометрия лица.
- 2-D/3D модели лица.
- Подпись.
- Голос.
- Походка.

- Форма ушей.

С каждым годом появляется всё больше биометрических параметров, по которым возможна идентификации и аутентификация личности. Но на их изучение, поиск способов и алгоритмов обработки уходит большое количество времени и средств. Поэтому степень изученности биометрического параметра напрямую влияет на степень его использования.

Самым используемым параметром на сегодняшний день является отпечаток пальца. Это объясняется тем, что дактилоскопия получила своё распространение ещё в конце 19-го начале 20-го века. Стоимость сканеров отпечатков пальцев с каждым днём всё больше снижается, а количество дополнительных параметров, таких как температура пальца, сила нажатия и т.п., увеличивается. Можно сказать, что в ближайшее время производители сканеров достигнут предела возможности в этой области.

Самыми статистически надежными и устойчивыми к подделке параметрами доступа являются радужная оболочка глаза и вены рук. Но процесс сбора и обработки таких параметров занимают немного больше времени, чем обработка отпечатка пальца или формы лица. Показателями надежности выступают такие характеристики как ложный отказ доступа и ложный доступ. Для данных биометрических параметров ложный отказ доступа стремится к 0%, а ложный доступ не превышает 1-2%.

Не смотря на все различия между биометрическими параметрами, в качестве основных характеристик биометрических систем было принято использовать коэффициент ложного доступа (КЛОД) и коэффициент ложного отказа (КЛО). Очевидно, что чем меньше данные коэффициенты, тем надежнее тот или иной параметр. Данные коэффициенты помогают принять решение о необходимости использования того или иного способа идентификации и аутентификации в зависимости от поставленной задачи.

В таблице 1 приведены средние показатели для различных биометрических систем:

Таблица 1

Средние показатели для различных биометрических систем[5]

	Отпечатки пальцев	Геометрия лица	Радужная оболочка глаза
КЛОД, %	0,001 %	0,1 %	0,00001 %
КЛО, %	0,8 %	7 %	0,10 %

Структура биометрических систем контроля и управления доступом. В большинстве своём СКУД и системы учета рабочего времени являются сетевыми распределенными системами с разграничением прав доступа пользователей, при необходимости наращиваемыми, открытыми для интеграции с оборудованием других производителей. В точках прохода устанавливаются контроллеры, подключаемые к управляющему ПК или серверу по интерфейсу USB или локальной сети Ethernet.

Регистрация пользователей производится с помощью специального программного обеспечения. Для регистрации отпечатков пальцев применяется контрольный считыватель, подключаемый через USB порт персонального компьютера. Также регистрировать пользователей можно автономно на терминалах системы с использованием определенных процедур.

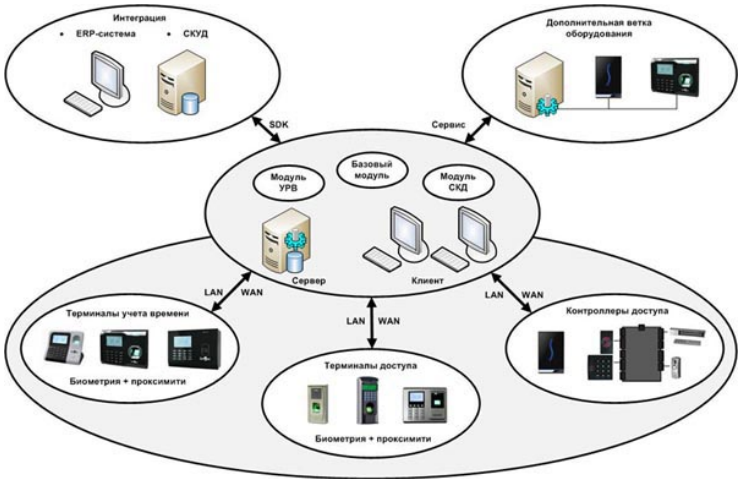


Рис. 1. Общая структура биометрических систем контроля и управления доступом

Как видно из рисунка 1, СКУД имеет модульную структуру. Это позволяет быть системе масштабируемой и более стабильной. В случае выхода из строя одного из элементов, система продолжает работать, разумеется в ограниченном функциональном режиме. Программное обеспечение в большинстве случаев состоит из двух модулей «Система контроля рабочего времени» и «Система управления доступом». Система учета рабочего времени работает с персоналом, сменами, графиками, событиями, полученными в автоматическом или занесенными в ручном режиме, позволяет строить отчеты. Программа управления доступом отвечает за подключение и настройку устройств, настройку прав прохода и временных зон, синхронизацию данных между базой данных и терминалами.

Сравнительная оценка биометрических систем. Выберем несколько эмпирических характеристик, позволяющих оценить качество системы:

1. Устойчивость к подделке.
2. Устойчивость к окружающей среде – характеристика, оценивающая устойчивость работы системы при различных внешних условиях, таких как изменение освещения или температуры помещения.
3. Простота использования - показывает насколько сложно воспользоваться биометрическим сканером, возможна ли идентификация «на ходу».
4. Скорость работы
5. Стоимость системы

Ниже приведена сравнительная оценка биометрических систем по десяти бальной шкале.

Таблица 2

Сравнительная оценка биометрических систем

	Устойчивость к подделке	Устойчивость к окр. среде	Простота использования	Скорость	Стоимость	Стабильность признака во времени
Радужная оболочка	10	9	8	7	10	10
Дактилоскопия	6	10	9	10	10	9
Лицо 2D	4	6	6	10	10	8
Лицо 3D	9	8	10	5	7	10
Вены руки	10	7	9	7	8	7
Сетчатка	10	10	6	3	6	9

Отсюда можно сделать вывод, что устойчивость к подделке того или иного биометрического параметра обратно пропорциональна скорости его обработки системой.

Заключение. Выбор в пользу использования того или иного параметра при организации доступа или учете рабочего времени напрямую зависит от требований к системе. Самыми статистически надежными и устойчивыми к подделке системами доступа являются системы допуска по радужной оболочке и по венам рук. Самыми дешёвыми и простыми в использовании, но обладающими хорошей статистикой, являются системы допуска по пальцам. Допуск по 2D лицу удобен и дёшев, но имеет ограниченную область применений из-за плохих статистических показателей.

Кроме комбинирования используемых биометрических параметров, можно комбинировать части тела, с которых снимаются параметры. Так для радужной оболочки можно увеличить точность системы почти квадратично, без потерь для времени, если усложнить систему, сделав её на два глаза. Для дактилоскопического метода — путём комбинирования нескольких пальцев, и распознаванию по венам, путём комбинирования двух рук, но в этом случае улучшение возможно только при увеличении времени взаимодействия человека с экстракторами.

Обобщив результаты для методов, можно сказать, что для средних и больших объектов, а так же для объектов с максимальным требованием в безопасности следует использовать радужную оболочку в качестве биометрического доступа и, возможно, распознавание по венам рук. Для объектов с количеством персонала до нескольких сотен человек оптимальным будет доступ по отпечаткам пальцев. Системы распознавания по 2D изображению лица весьма специфические. Они могут потребоваться в случаях, когда распознавание требует отсутствия физического контакта, но поставить систему контроля по радужной оболочке невозможно. Например, при необходимости идентификации

человека без его участия, скрытой камерой, или камерой наружного обнаружения, но возможно это лишь при малом количестве субъектов в базе и небольшом потоке людей, снимаемых камерой.

Литература.

1. А.А. Борейшо Биометрия и возможности программного обеспечения современных СКУД // Журнал "БДИ" - 2005 г. - №2 (59). - С.40-43.
2. Техническое обеспечение безопасности бизнеса / А.П. Алешин - М.: Изд-во «Дашков и Ко», 2008- 160с.
3. Руководство по биометрии: монография / Болл Р.М. [и др.] - М.: Изд-во «Техносфера», 2007.- 368 с.
4. Хабрхабр [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://habrahabr.ru/post/126144/, свободный. - Загл. с экрана (дата обращения: 15.03.2015).
5. Харитонов А.В. Обзор биометрических методов идентификации личности // NB: Кибернетика и программирование. — 2013. - № 2. - С.12-19.
6. А.Г. Коробейников, Ю.А. Гатчин Fejer Means Application for Determination of Mail Document Spam Level // World Applied Sciences Journal 30 (Management, Economics, Technology & Tourism) -, 2014 г. - С.165-169

ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ РОССИЙСКИХ ВЕНЧУРНЫХ ФОНДОВ

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)-6-44-32

E-mail: mikhailbubin@rambler.ru

В современных условиях при реализации новых конкурентоспособных проектов необходим венчурный механизм инвестирования производства. Венчурные фонды выступают в качестве основных участников инвестирования в производство высокотехнологичных товаров и услуг. Поэтому их развитие выступает в качестве приоритетного направления государственной политики и необходимого условия активизации инновационной деятельности [4].

В современных российских условиях, венчурный фонд, можно определить, как инвестиционную компанию, которая финансирует высокорискованные проекты и деятельность инновационных предприятий. Как правило, прибылью фонда является прирост капитала за счет реализации акций венчурных компаний, в которые они инвестируют.

Инвестиционная активность венчурных фондов непосредственно связана с их количеством. Определить общее их число, присутствующих на венчурном рынке, маловероятно, так как не все фонды являются действующими (Табл. 1).

Таблица 1

Динамика количества венчурных фондов России с 2002 по 2013гг. [3]

Год	Венчурные фонды					
	действующие	%	новые	%	ликвидированные	%
2002	43	–	6	–	1	–
2003	49	+13,95	8	+33,33	2	+100,00
2004	62	+26,53	15	+87,50	2	+0,00
2005	79	+27,42	20	+33,33	3	+50,00
2006	98	+24,05	22	+10,00	3	0,00
2007	130	+32,65	35	+59,09	3	0,00
2008	155	+19,23	32	– 8,57	7	+133,33
2009	162	+4,52	19	– 40,63	12	+71,43
2010	170	+4,94	15	– 21,05	7	– 41,67
2011	176	+3,53	21	+40,00	17	+142,86
2012	261	+48,30	94	+347,62	9	– 47,06
2013	313	+19,92	64	– 31,91	12	+33,33

Из табл. 1, следует, что с 2002 по 2013гг. число действующих фондов на российском венчурном рынке постоянно увеличивалось в среднем на 20,46%, если в 2002 году их было 43, то в 2013 году уже функционировало 313 фонда. Такая же динамика прослеживалась и в 2014 году, только в

третьем квартале 2014 года в России насчитывалось 337 фондов. За весь рассматриваемый период наблюдалось несколько скачков максимального роста количества фондов, так в 2007 году произошло увеличение на 32,65%, в 2012 году – на 48,30%. Начиная с 2009 года, темп роста резко уменьшился и в 2011 году составил 3,53 %. Соответственно количество новых фондов за этот период резко снизилось, если в 2008 году образовались 32 инвестиционные компании, то по данным за 2009 года всего 19, т.е. произошло их уменьшение на 40,63%. В 2011 году число вновь образованных компаний достигло докризисного уровня – 21 фонд. По количеству ликвидированных компаний, исходя из общей динамики, выделяется 2011 год, когда общее число фондов сократилось на 17 организаций, чего даже не наблюдалось в кризисный период 2008 – 2009 гг., такая же тенденция наблюдалась в 2013 году. Поэтому, анализируя общую картину изменения количества венчурных фондов, следует полагать, что, несмотря на кризисные явления в экономике их количество будет только увеличиваться.

Среди инвестиционных компаний, действующих на венчурном рынке, следует выделить наиболее активных участников рынка по числу вложений в проекты в 2014 году: Flint Capital, Maxfield Capital, Impulse VC и Massa Innovations. Наибольшее количество инвестированных средств в проекты наблюдалось фондом Kite Ventures – 120 млн. долл., а по общему объему капитала лидирующее место занимает Russia Partners – 1067 млн. долл. Краткая характеристика активности фондов приведена в табл. 2.

Таблица 2

Активные венчурные фонды России в 2014 году [1]

Фонд	Число проинвестированных проектов	Размер проинвестированных средств, млн. долл.	Общий объем фонда, млн. долл.
Flint Capital	16	20	50
Maxfield Capital	15	н/д	100
Impulse VC	13	н/д	65
Massa Innovations	10	н/д	более 50
I2bf (группа фондов)	8	15	395
Runa Capital	7	20	200
Bright Capital Energy	7	до 50	190
Russia Partners	6	82,2	1067
InVenture Partners	5	10	100
Target Ventures	5	30	120
Kite Ventures	5	более 120	350
FinSight Ventures	5	20	100
iTech Capital	4	35	100
Bright Capital Digital	3	до 5	20
ВТБ Капитал	2	10 – 20	350

Рассматривая инвестиционную активность фондов, необходимо проанализировать их общие характеристики (табл. 3).

Таблица 3

Основные показатели активности венчурных фондов на рынке прямого и венчурного инвестирования 2006–2013гг. [3]

Годы	Объем капитала, млрд. долл.	Объем привлеченных средств, млрд. долл.	Общая сумма зафиксированных инвестиций в российские компании, млн. долл.	Средний размер сделки, млн. долл.
2006	6,28	1,45	652,92	10
2007	10,26	4,32	1017,53	12
2008	14,33	4,27	1472,41	12,3
2009	15,2	1,31	507,9	7,4
2010	16,8	1,74	2513,84	19,7
2011	20,1	3,82	3077,82	23,0
2012	26,90	6,80	3956,00	21,3
2013	28,90	3,00	2964,00	13,0

Из таблицы следует, что общий объем капитала действующих фондов на рынке прямого и венчурного инвестирования в 2013 году он составил 28900 млн. долл., что на 7,43 % больше, чем в 2012 году (26900 млн. долл.). Объем привлеченных средств в 2013 году сократился более двух раз по сравнению с 2012 годом и составил 3000 млн. долл. С 2006 года происходит увеличение совокупного капитала всех фондов, т.е. наблюдалась положительная динамика, что нельзя сказать о привлечении средств в проекты. Так с 2008 – 2010 гг. происходило уменьшение показателей, что связано с кризисными явлениями в мировой экономике, такая же тенденция наблюдалась в 2013 году.

Таблица 4

Распределение объемов инвестиций по федеральным округам 2010 – 2113гг. [3]

Федеральные округа	2010		2011		2012		2013	
	Объем инвестиций, млн. долл	%	Объем инвестиций, млн. долл	%	Объем инвестиций, млн. долл	%	Объем инвестиций, млн. долл	%
Центральный	2167,5	86,22	1265,06	41,04	3721,10	94,06	1814,51	61,22
Северо-Западный	50,12	2	1234,21	40,03	69,61	1,76	710,18	23,96
Приволжский	24,02	0,96	511,24	16,58	45,67	1,15	48,34	1,63
Южный	2	0,08	2	0,06	29,58	0,75	206,47	6,97
Северо-Кавказский	-	-	-	-	-	-	-	-
Уральский	56,65	2,25	6,69	0,22	0,67	0,02	15,77	0,53
Сибирский	13,45	0,53	58,77	1,91	11,95	0,30	9,07	0,31
Дальневосточный	200,1	7,96	4,8	0,16	77,50	1,96	159,39	5,38
Итого	2513,84	100	3082,77	100	3956,08	100	2963,73	100

В региональном аспекте безусловным лидером несколько лет подряд по объему сделок совершенных венчурными фондами является Центральный федеральный округ – 1814,51 млн. долл., что составляет 61, 22 % от общего объема (Табл. 4).

Инвестиционная венчурная активность фондов по отраслям экономики за 2010 – 2013гг. представлена в табл. 5.

Таблица 5

Отраслевое инвестирование различных секторов экономики за 2010 – 2013гг. [3]

Отрасль	2010 год		2011 год		2012 год		2011 год	
	Объем инвестиций млн. долл.	От всего объема, %	Объем инвестиций млн. долл.	От всего объема, %	Объем инвестиций млн. долл.	От всего объема, %	Объем инвестиций млн. долл.	От всего объема, %
Потребительский рынок	292,33	11,64	1541,96	50,01	299,50	7,57	43,75	1,48
Промышленное оборудование	94,93	3,78	493,12	15,99	226,88	5,73	61,57	2,08
Телекоммуникации	944,92	37,58	342,22	11,10	1113,77	28,15	1728,23	58,31
Финансовые услуги	842,27	33,51	233,74	7,58	817,10	20,65	461,20	15,56
Компьютеры	118,62	4,72	218,36	7,08	62,57	1,58	65,27	2,20
Энергетика	101,34	4,03	138,59	4,50	665,45	16,82	82,58	2,79
Химические материалы	3,02	0,12	64,38	2,09	9,84	0,25	6,45	0,22
Здравоохранение	52,70	2,10	14,31	0,46	268,44	6,79	78,21	2,64
Сельское хозяйство	52,50	2,09	-	-	40,93	1,03	170,00	5,74
Экология	-	-	0,6	0,02	3,88	0,10	0,00	0,00

Из таблицы 4 следует, что лидирующую позицию, с точки зрения предпочтений инвесторов в 2013 году занимал сектор телекоммуникаций, с объемом 1728,23 млн. долл. (58,31% от всего объема зафиксированных сделок) против 1113,77 млн. долл. или 28,15% зафиксированных инвестиций в 2012 году и 11,10% в 2011г. Второе место в 2013г. по объему занимали финансовые услуги. Совокупные зафиксированные инвестиции, в которую составили более 461,20 млн. долл. (15,56% от общего объема), несмотря на то, что произошло уменьшение инвестиций этого направления по сравнению с предыдущим годом – 20,65% в 2012 году. Третье место в 2013 году занимали отрасли сельского хозяйства, компании данного сектора получили инвестиции объемом 170 млн. долл. (5,74%). Однако в 2012 году вложений было существенно меньше – 40,93 млн. долл. (только 1% от общей суммы инвестиций). Аутсайдером по инвестиционным вложениям рассматриваемых отраслей в 2013 году была экология, где не было отмечено ни одной сделки, но в 2012г. было направлено 3,88 млн. долл. Совокупный объем всех вложений за 2013 год составил 2963,73 млн. долл., что на 992,35 млн. долл. меньше, чем в 2012 году.

Сопоставляя все выше изложенные данные с мировыми тенденциями инновационного развития, можно прийти к выводу, что венчурная индустрия России развита слабо и значительно отстает с масштабами фондов венчурного капитала развитых стран. Например, по данным за 2013 г. в США действовал 1331 фонд, которые проинвестировали 32,97 млрд. долл. [4], такие значения существенно превышают совокупные показатели всего российского рынка за последние десять лет.

Опыт зарубежных стран свидетельствует, что развитие венчурного бизнеса, это национальная стратегия развития науки и инноваций, определяющей приоритетные направления, а государство выступает основным инвестором в новые технологии. Например, ежегодные венчурные инвестиции в России составляют 0,01–0,02% ВВП, в Швеции – 1,4% [2].

Необходимо учесть, что на становление устойчивой венчурной системы США ушло 45 лет, Европы – 25, Израиля – 15, а России только 7 лет. Поэтому российская венчурная индустрия находится на стадии эволюционного становления. Она характеризуется не развитостью институтов венчурного бизнеса, неопределенностью финансовых отношений между венчурными фондами и высокотехнологичными отраслями экономики.

В табл. 6 приведены основные проблемы, которые испытывают российские венчурные фонды и предложены пути по их решению. Тем не менее, следует отметить, что активная поддержка должна быть направлена именно со стороны государства.

Таблица 6

Проблемы развития венчурных фондов и пути их решения

Проблемы	Пути решения
– отсутствие экономических стимулов для привлечения инвестиций в инновационные предприятия; – слабую инновационную инфраструктуру на региональном уровне; – недостаточную информационную поддержку венчурной индустрии; – неразвитость фондового рынка, его разобщенность от промышленного производства; – не высокую ликвидность венчурных инвестиций; – не большое количество и пассивность участия частных игроков венчурного бизнеса; – низкий уровень инвестиционной культуры предпринимателей и т.д.	– создание правовой основы венчурной деятельности на региональном и федеральном уровнях; – финансовую поддержку целевых грантов, а также налоговых льгот на исследования и разработки; – развитие информационной среды, а также стимулирование кооперационных связей между малыми и крупными предприятиями; – повышение образования в сфере венчурной деятельности путем обучения специалистов в учебных заведениях; – использование зарубежного опыта по ведению венчурного бизнеса; – воспитание венчурной культуры среди предпринимателей и т.д.

Таким образом, индустрия венчурных фондов России находится на стадии развития и поэтому необходимо создавать специализированные организационные элементы, механизмы их функционирования и взаимодействия на федеральном уровне. В первую очередь, это касается разработки механизмов государственной поддержки, принятия стимулирующих комплексных программ, способст-

вующих развитию венчурного бизнеса, что впоследствии приведет к формированию национальной венчурной модели. Венчурная индустрия имеет все предпосылки стать ключевым инструментом, стимулирующим быстрый прогресс инновационного сектора экономики в России, где существенным фактором, определяющим ее развитие, является не только богатый природно-ресурсный потенциал страны, но научный, кадровый и т.д.

Литература.

1. Исследование российского и мирового венчурного рынка за 2007 – 2013 годы. – РВК. – 2014. – 66 с.
2. Новиков А.Э. Инвестиционный климат в экономике и его роль в формировании рынка венчурного капитала // Вестник КРСУ. 2013. Том 13. №2. – С. 104 – 108.
3. Обзор рынка. Прямые и венчурные инвестиции в России 2013. – СПб:. РАВИ. – 2014. – 257 с.
4. 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.
5. National Venture Capital Association Yearbook 2013, New York: Thomson Reuters, 2013. – 120 p.

ФОРМИРОВАНИЕ ЭКСПЕРТНОЙ КОМИССИИ ПО РАЗРАБОТКЕ СТРАТЕГИИ УПРАВЛЕНИЯ ИННОВАЦИОННЫМ РАЗВИТИЕМ РЕГИОНА

А.А. Григорьева, к.т.н., доц., А.А. Захарова к.т.н., доц., А.П. Цеплит, ст. преподаватель,*
Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского Томского политехнического университета
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26
**Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева*
E-mail: antonina505@mail.ru

Формирование экспертной комиссии по разработке стратегии управления инновационным развитием региона

Социально-экономическое и инновационное развитие региона характеризуется факторами различной направленности: производственные, инвестиционные, финансовые, социально-экономические, кадровые, инфраструктурные и др. Принятие решений о социально-экономическом развитии, о формировании стратегии управления инновационным развитием требует организации экспертного оценивания показателей развития региональной инновационной системы, а также факторов внешней среды.

Обычно для разработки стратегии создается некая группа по стратегическому планированию – консультативно-координирующий орган при администрации региона, обеспечивающий согласование действий органов региональной власти, бизнеса и сообщества, всех заинтересованных субъектов, участвующих в стратегическом планировании инновационного развития региона.

Типовая схема формирования экспертной комиссии включает такие этапы, как определение количественного состава экспертов, разработка формальных и профессиональных требований к эксперту, определение состава экспертной комиссии, определение степени компетентности каждого эксперта [1].

Экспертная комиссия должна иметь в своем составе специалистов по каждой из групп факторов социально-экономического развития региона. При этом логично предположить, что в наибольшей степени должно учитываться мнение специалистов именно по тому профилю, к которому имеет отношение оцениваемый показатель. Так, например, при оценке кадрового блока показателей, эксперты должны обладать знаниями экономики и социологии труда, трудового законодательства, механизма функционирования и регулирования рынка труда и иметь опыт работы в данной области. В то же время, нельзя пренебрегать и мнением других членов экспертной комиссии, пусть даже не обладающих высокой степенью компетентности в данной области, поскольку нельзя допускать обособленности оценивания отдельных сфер развития региона, каждая проблема должна рассматриваться во взаимосвязи и с другими. Таким образом, возникает необходимость определения весов значимости экспертов при оценивании различных блоков показателей.

Минимальное количество экспертов определяется числом функциональных сфер жизнедеятельности региона, используемых при планировании. Например, в [2] выделяются шесть блоков показателей социально-экономического развития региона. В [3] минимальное количество экспертов предлагается определять по формуле (1).

$$N = 0{,}5\ (3/\alpha + 5), \qquad (1)$$

где $0 < \alpha \leq 1$ – параметр, задающий минимальный уровень ошибки экспертизы. Исходя из этого условия минимальное количество экспертов равно 4 (при $\alpha = 1$).

Для каждого эксперта необходимо определить оценку уровня его компетентности по каждому блоку показателей.

В [1,4] называются такие основные требования к эксперту, как широкий кругозор и знание предметной области, наличие научных трудов и практического опыта, способность решать творческие задачи, независимость мышления и др. Таким образом, задача определения компетентности экспертов является многокритериальной. Наиболее популярным методом многокритериальной оценки альтернатив является метод взвешенных сумм [5].

В [1,7] предлагается использовать следующие критерии и шкалы для оценивания экспертов [4]:

1. Уровень образования: среднее (1 балл), среднее специальное (2–4 балла), высшее (5–8 баллов), наличие ученой степени (9–10 баллов).

2. Соответствие профиля образования предметной области (а именно конкретной сфере функционирования региона): не соответствует (1 балл), не очень соответствует (2–4 балла), более или менее соответствует (5–8 баллов), соответствует (9–10 баллов).

3. Опыт работы по профилю предметной области: отсутствует (1 балл), небольшой (2–4 балла), не очень большой (5–8 баллов), большой (9-10 баллов).

4. Административная и экономическая независимость в данной сфере: отсутствует (1 балл), низкая (2–4 балла), средняя (5–8 баллов), высокая (9–10 баллов).

5. Способность решать творческие задачи и опыт участия в экспертном оценивании: отсутствует (1 балл), низкая (2–4 балла), средняя (5–8 баллов), высокая (9–10 баллов).

Суммарная оценка уровня компетентности эксперта по *i*-тому функциональному блоку определяется по формуле (2).

$$Ок_i = \sum_j W_j O_j\ , \qquad (2)$$

где $Ок_i$ – оценка уровня компетентности эксперта по *i*-тому функциональному блоку;

O_j – оценка эксперта по *j*-тому критерию;

W_j – вес критерия оценки эксперта, причем $\sum_j W_j = 1$.

Затем сводим полученные оценки $Ок_i$ в таблицу компетентности экспертов (таблица 1).

На пересечении строк и столбцов находятся оценки уровня компетентности *s*-того эксперта по *i*-тому функциональному блоку $Ок_{is}$.

При анализе, планировании и прогнозировании социально-экономического развития региона данной таблицей можно воспользоваться:

1) для определения наиболее компетентного эксперта по определенному функциональному блоку показателей (в случае использования индивидуального метода экспертных оценок). Им будет являться эксперт, имеющий наибольшую оценку по *i*-тому блоку (max $Ок_{is}$);

2) для определения весов важности экспертов при групповом экспертном оценивании. Вес важности *s*-того эксперта по *i*-тому функциональному блоку определяется по формуле:

$$W_{is} = \frac{Ок_{is}}{\sum_s Ок_{is}}. \qquad (3)$$

Отбор кандидатов в эксперты по оценке конкурентоспособности инновационной продукции на машиностроительном предприятии

При создании инновационной наукоемкой продукции (ИНП) в современных экономических условиях перед производителем встает проблема принятия управленческих решений, обеспечивающих ее конкурентоспособность. Решение данной проблемы связано с совершенствованием всего комплекса разработки, изготовления, продажи и технического обслуживания продукции, т.е. с осуществлением целенаправленной деятельности по установлению, формированию и поддержанию требуемого уровня конкурентоспособности на этапах ее жизненного цикла. Поэтому особой проблемой при оценке конкурентоспособности продукции является комплектование группы независимых экспертов. Здесь необходимо ответить на четыре главных вопроса:

1. Где искать экспертов – в организации, которая проводит исследования, или во внешней среде?

2. Каково оптимальное количество экспертов для данного варианта исследований?

3. Какими профессиональными и психологическими качествами должен обладать привлекаемый эксперт?

4. Каким образом можно определить степень компетентности эксперта по рассматриваемой проблеме?

Ответы первый и второй вопросы зависит, прежде всего, от цели исследований, а также от характеристик рассматриваемых объектов, предполагаемого масштаба исследований (количество альтернатив и критериев оценки), требуемой точности и достоверности результатов, временных и финансовых ограничений.

Если экспертная оценка требует глубокого знания специфики данного предприятия и его продукции, то предпочтительнее использовать экспертов самого предприятия. Если же оценка зависит не столько от знания особенностей конкретного предприятия, сколько от степени зависит от знания специфики данного рынка, реализуемых на нем аналогов-конкурентов, научно-технических и социально экономических факторов, связанных с рассматриваемой наукоемкой продукцией или технологией, то в таком случае рекомендуется привлекать лучших из имеющихся специалистов, которые в большинстве находятся за пределами данного предприятия. В общем случае опроса целесообразно использовать внутренних экспертов предприятия с минимальным привлечением специалистов со стороны, что позволяет не только экономить ресурсы, но и позволяет сохранять конфиденциальность исходной информации и полученных результатов. Возможный недостаток общего профессионализма и глобальности мышления эксперты предприятия компенсируют глубокими знаниями специфики и интересов своего предприятия, сильных и слабых сторон выпускаемой продукции, возможностью регулярного предоставления руководителю исследования значительного объема полезной специальной информации.

Таблица 2

Пример таблицы компетентности экспертов группы стратегического планирования

Функциональные блоки	**Эксперты**										**Наиболее компетентный эксперт**
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	
Социально-экономический	0.100	0.102	0.097	0.087	0.129	0.126	0.093	0.066	0.100	0.100	№ 5
Кадровый	0.097	0.105	0.091	0.089	0.126	0.129	0.097	0.067	0.097	0.102	№ 6
Инвестиционный	0.101	0.103	0.098	0.088	0.130	0.109	0.095	0.066	0.109	0.101	№ 5
Инфраструктурный	0.087	0.099	0.113	0.096	0.122	0.102	0.090	0.093	0.073	0.125	№ 10
Производственный	0.081	0.092	0.111	0.100	0.114	0.111	0.106	0.098	0.070	0.117	№ 10
Финансовый	0.094	0.100	0.101	0.091	0.125	0.115	0.097	0.076	0.093	0.108	№ 5
Средняя оценка	**0.094**	**0.100**	**0.101**	**0.091**	**0.125**	**0.115**	**0.097**	**0.076**	**0.093**	**0.108**	**№ 5**

Повышение точности и достоверности результатов исследования требуют увеличения количества привлекаемых экспертов. Для большинства случаев необходимо 10-15 специалистов, в особых ситуациях возможно использование до 40 экспертов. Дальнейшее увеличение числа экспертов, как правило, приводит к значительному росту финансовых и временных затрат без существенного повышения точности и достоверности результатов. Решение вопроса о наборе и уровне профессиональных и психологических качеств, которыми должен обладать привлекаемый эксперт принимается в зависимости от сложности и специфики исследуемой проблемы, направлений дальнейшего использования полученных результатов. В большинстве случаев необходим средний уровень профессионализма, достаточный для понимания поставленной задачи и возможности работы на ЭВМ, а также

неподверженность конформизму и способность конструктивного общения с другими субъектами диалога. При проведении исследований в учебных целях (лабораторные и курсовые работы студентов вузов), а также в других случаях, когда результаты не оказывают непосредственного влияния на создание продукции, требования к профессионализму экспертов объективно снижаются. Однако положительной стороной при данном варианте является повышение вероятности учета большего количества факторов как следствие разносторонности знаний членов экспертной группы.

Для облегчения выбора кандидатов в эксперты для участия в экспертизе проектов воспользуемся методом многокритериального выбора альтернатив [8, 9].

Для оценки кандидатов в эксперты были разработаны следующие продукционные правила:

d_1: «Если кандидат — опытный исследователь, имеет некоторый производственный стаж и опыт работы экспертом в области экономических и машиностроительных дисциплин, то он — удовлетворяющий (отвечающий требованиям)»;

d_2: «Если он вдобавок к вышеописанным требованиям обладает интуицией, то он — более чем удовлетворяющий»;

d_3: «Если он вдобавок к условиям d_2 имеет способность найти заказчика ИНП, то он — безупречный»;

d_4: «Если он имеет все оговоренное в d_3, кроме способности обладания интуицией, то он — очень удовлетворяющий»;

d_5. «Если кандидат — очень опытный исследователь, имеет способность найти заказчика и хороший эксперт, но не имеет производственного стажа, он все же будет удовлетворяющим»;

d_6: «Если он не имеет квалификации исследователя или не имеет проверенной способности к проведению экспертной работы, он — не удовлетворяющий».

Анализ шести информационных фрагментов дает пять критериев, используемых в принятии решения: X_1 — исследовательские способности; X_2 — производственный стаж; X_3 — опыт работы экспертом; X_4.— обладание интуицией; X_5 — способность найти заказчика. Переменная Y «Удовлетворительность» также является лингвистической и задана на множестве J = {0; 0,1; 0,2;...; 1}.

Удовлетворительность определено как $\mu_S(x)=x,\ x\in J,$

Более чем удовлетворяющий– как $\mu_{MS}(x)=\sqrt{x^3}$, $x\in J$;

Безупречный – как $\mu_p(x)=\begin{cases}1, если & x=1;\\ 0, если & x\neq 1,\end{cases}$

Очень удовлетворяющий – как $\mu_{VS}(x)=x^2,\ x\in J$;

Не удовлетворяющий – как $\mu_{US}(x)=1-x,\ x\in J.$

При выборе эксперта для каждой из них находится удовлетворительность на основе композиционного правила вывода и вычисляется соответствующая точечная оценка [8, 9].

Выбор производился из пяти кандидатов. Оценки экспертов по данным критериям приведены в табл. 2.

Таблица 2

Исходные данные для выбора кандидата в эксперты

Альтернативы	Оценки критериев									
	μ	Образован-ный исследователь	μ	Производственный стаж	μ	Способность к экспертизе	μ	Интуиция	μ	Способность найти заказчика
Кандидат №1	0,8	Образованный	0,5	Средний	0,6	Средняя	1,0	Высокая	0,0	Отсутствует
Кандидат №2	0,6	Вполне	1,0	Большой	0,9	Очень высокая	0,3	Низкая	0,5	Средняя
Кандидат №3	0,5	Средний	0,0	Отсутствует	1,0	Отличная	1,0	Высокая	1,0	Очень высокая
Кандидат №4	0,1	Плохой	0,5	Средний	0,7	Высокая	0,0	Отсутствует	0,8	Высокая
Кандидат №5	0,3	Ниже среднего	1,0	Большой	1,0	Отличная	0,0	Отсуствует	0,1	Низкая

При выборе эксперта для каждой из них находится удовлетворительность и на основе композиционного правила вывода вычисляется соответствующая точечная оценка. Результаты работы нечеткого вывода приведены в табл. 3.

Таблица 3

Результат работы системы нечеткого вывода

Правило (результат)	Альтернативы				
	№1	№2	№3	№4	№5
Правило №1 (Удовлетворяющий)	0.5	0.6	0	0.1	0.3
Правило №2 (Более чем удовлетворяющий)	0.5	0.3	0	0	0
Правило №3 (Безупречный)	0	0.3	0	0	0
Правило №4 (Очень удовлетворяющий)	0	0.5	0	0.1	0.1
Правило №5 (Не достаточно удовлетворяющий)	0	0	0	0.01	0
Правило №6 (Не удовлетворяющий)	0,4	0,4	0,5	0.9	0.7
Точечная оценка	0.553	0.554	0.425	0.298	0.391

Таким образом, точечная оценка удовлетворительности для альтернативы u_1 равна 0,553, u_2 – 0,554, u_3 – 0,425, u_4 – 0,298, u_5 – 0,391. В качестве наилучшей выбираем альтернативу u_2, т. е. ЛПР наибольшее предпочтение отдал кандидату с высоким опытом производственного стажа (степень предпочтения 1) и хорошей способностью к экспертизе (степень предпочтения 0,9); при этом исследовательские способности и обладание интуицией как критерии получили меньшие степени предпочтения (0,6 и 0,3 соответственно). Это можно объяснить тем, что исследовательские способности приобретаются при проведении теоретической работы, а уровень интуиции можно получить по мере роста производственного стажа.

Литература.

1. Ехлаков Ю.П. Информационные технологии в управлении и принятии решений / Ехлаков Ю.П., Жуковский О.И., Тарасенко В Ф., Герасименко В.В.; Под ред. Ю.П.Ехлакова. – Томск: Изд–во Том. ун–та, 1997. – 238 с.
2. Колесникова Н.А. Финансовый и имущественный потенциал региона: опыт регионального менеджмента / Н.А. Колесникова. – М.: Финансы и статистика, 2000. – 240 с.: ил.
3. Глущенко В.В. Исследование систем управления // В.В. Глущенко, И.И.Глущенко. – г.Железнодорожный: М.О.: ООО НПЦ «Крылья», 2000. – 416с.
4. Мицель А.А., Захарова А.А. Формирование экспертной комиссии при принятии решений о социально-экономическом развитии города / Научная сессия ТУСУР – 2005: материалы Всероссийская научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых специалистов. –Томск, 2005. – Ч.3. – С. 173–175.
5. Ларичев О.И. Наука и искусство принятия решений./ О.И. Ларичев. – М.: Наука, 1979. – 220 с.
6. Ефимова М.Р. Практикум по общей теории статистики: Учеб. Пособие / М.Р. Ефимова, О.И. Ганченко, Е.В. Петрова. – М.: Финансы и статистика, 2001. – 208 с.
7. Захарова А.А. Система поддержки принятия решений о стратегии инновационного развития региона: монография / А.А. Захарова; Юргинский технологический институт. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 144 с.
8. Борисов А.Н., Крумберг О.А., Федоров И.П. Принятие решений на основе нечетких моделей. Примеры использования. – Рига: Зинатне, 1990. – 184 с.
9. Григорьева А.А. Автоматизированный мониторинг конкурентоспособности инновационной машиностроительной продукции: монография / А.А. Григорьева, Г.О Тащиян, А.П. Григорьева – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 231с.

ПОДБОР ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ АНАЛИЗА И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ, РЕАЛИЗОВАННЫХ В 1С

А.Н. Важдаев, старший преподаватель кафедры ИС, Т.Ю. Чернышева, доцент кафедры ИС, Е.И. Лисачева, студент гр. 17890
Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского Томского политехнического университета
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел.(38451) 6-49-42
E-mail: wazdaev@ngs.ru, tatch@list.ru, djlena.91@mail.ru

Введение

Одно из современных требований в работе организаций – использование информационных систем и технологий. Многие организации доверяют процесс выбора программного обеспечения (ПО) фирмам, специализирующимся на поставке и обслуживании ПО. В действительности процесс оценки и выбора ПО – сложный, многоэтапный процесс. Математическую оценку осуществляют не только статистическими, но и экспертными методами [1]. Применение встроенных механизмов анализа и прогнозирования в разработанной авторами информационной системе для оценки и подбора программных продуктов позволяет организациям-франчайзи разработать эффективную стратегию работы с клиентами [2] в направлении продаж, внедрения и дальнейшего сопровождения программного обеспечения [3].

Встроенные механизмы платформы «1С:Предприятие 8»

Механизмы анализа данных и прогнозирования – это одно из направлений работы платформы «1С:Предприятие 8» по формированию экономической и аналитической отчетности [4].

Данный механизм выполняет следующие функции [4]:

- осуществление поиска закономерностей в исходных данных информационной базы;
- управление параметрами выполняемого анализа как программно, так и интерактивно;
- осуществление программного доступа к результату анализа;
- автоматический вывод результата анализа в табличный документ;
- создание модели прогноза, позволяющей автоматически прогнозировать последующие события или значения неких характеристик новых объектов.

Исходные данные для анализа могут быть получены как из информационной базы, так и из внешних источников. Применяя к исходным данным один из видов анализа, можно получить рекомендации для дальнейших действий [4]. Общая схема работы механизма анализа и прогнозирования данных представлена на рис. 1.

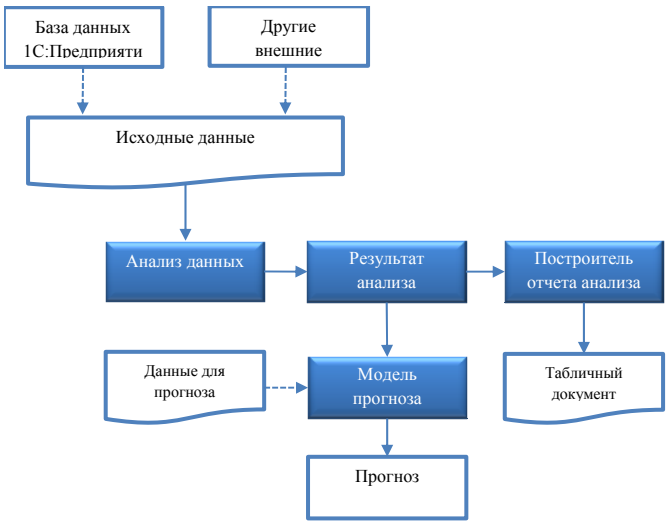


Рис. 1. Общая схема работы механизма анализа и прогнозирования данных платформы «1С:Предприятие 8»

Результат анализа представляет собой модель поведения данных, может быть отображен в итоговом документе, или сохранен для дальнейшего использования. Дальнейшее использование ре-

зультата анализа заключается в том, что на его основе может быть создана модель тренда, позволяющая прогнозировать поведение новых данных в соответствии с имеющейся моделью [4,5].

Виды анализов данных в платформе «1С:Предприятие 8»

В механизме анализа данных и прогнозирования «1С: Предприятие» реализовано несколько видов анализа данных [4]:

1) Общая статистика. Представляет собой механизм для сбора информации о данных, находящихся в исследуемой выборке. Этот тип анализа предназначен для предварительного исследования анализируемого источника данных [4].

Анализ показывает ряд характеристик дискретных и непрерывных полей. При выводе отчета в табличный документ заполняются круговые диаграммы для отображения состава полей. На рис. 2 показано применение данного типа анализа данных в информационной системе, разработанной авторами настоящей работы.

Данные в источнике могут иметь непрерывный или дискретный вид [4]. К непрерывным относятся такие типы, как Число, Дата. Остальные типы относятся к дискретным. Для колонок разных видов предусмотрено получение различной информации [4].

Дискретные данные:

- Количество значений. Количество значений, встреченных в колонке источника данных;
- Количество уникальных значений (с исключением повторяющихся значений);
- Мода. Значение, которое в источнике данных встречается наиболее часто. Если в данных несколько значений, встречаемых с одинаковой частотой, в качестве моды берется первое найденное;
- Частота. Количество вхождений значения в выборку данных;
- Относительная частота. Определяется как отношение количества вхождения значения к общему количеству значений;
- Накопленная частота. Считается как сумма частоты значения и сумма частот предыдущих значений выборки данных;
- Накопленная относительная частота. Считается как сумма накопленной частоты значения и сумма относительных частот предыдущих значений.

Непрерывные данные:

- Количество значений;
- Минимум значения;
- Максимум значения;
- Среднее;
- Размах. Разность между макс. и минимальным значениями;
- Стандартное отклонение (среднеквадратичное отклонение);
- Медиана. Значение, лежащее в середине выборки.

Следует отметить, что если анализируется одновременно несколько полей различных видов, их анализ проводится вне зависимости друг от друга (исключается взаимная корреляция) [4].

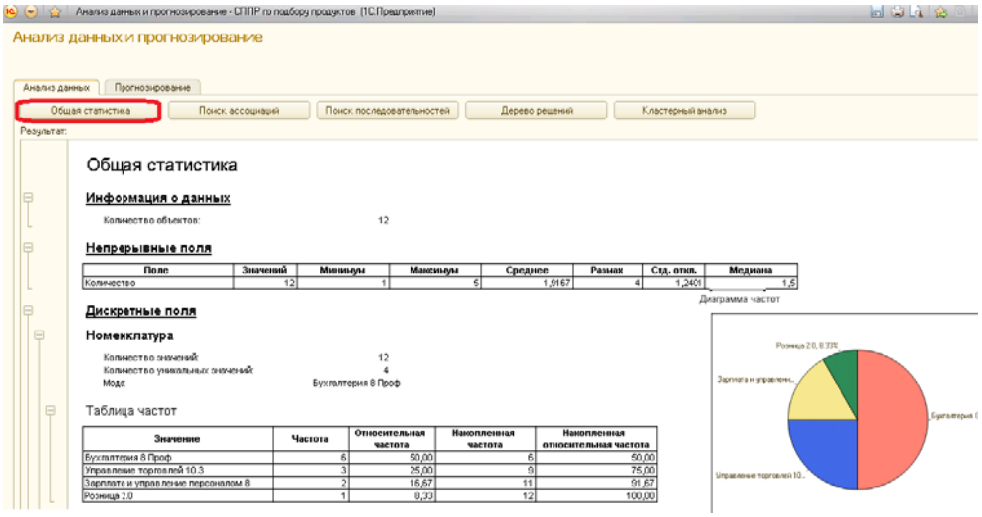


Рис. 2. Тип анализа «Общая статистика»

2) Поиск ассоциаций. Данный тип анализа осуществляет поиск часто встречаемых вместе групп объектов или значений характеристик, а также производит поиск правил ассоциаций [4]. Поиск ассоциаций может использоваться, например, для определения часто приобретаемых вместе товаров или услуг. На рис. 3 продемонстрировано использование поиска ассоциаций в информационной системе. В результате выполнения анализа получаем:

- информацию о данных (количество объектов, количество элементов, среднее количество элементов в объекте, количество найденных групп, количество найденных правил ассоциаций);
- найденные группы элементов. Указывается состав группы, количество случаев, процент случаев, в которых эта группа встречается;
- найденные ассоциативные правила. Указывается исходный состав элементов, следствие (состав элементов), процент случаев, достоверность, значимость правила.

Часто встречаемые группы

№	Количество случаев	Процент случаев
Состав		
1	1	14,29
Номенклатура = Бухгалтерия 8 Проф		
Номенклатура = Управление торговлей 10.3		
Номенклатура = Зарплата и управление персоналом 8		

Рис. 3. Применение типа анализа «Поиск ассоциаций»

3) Поиск последовательностей. Тип анализа поиск последовательностей позволяет выявлять в источнике данных последовательные цепочки событий [4]. Этот тип анализа позволяет осуществлять поиск по иерархии, что дает возможность отслеживать не только последовательности конкретных событий, но и последовательности родительских групп. На рис. 4 продемонстрировано использование поиска последовательностей в информационной системе.

Основным результатом анализа являются найденные шаблоны последовательностей. Эти шаблоны содержат следующую информацию [4]:

- состав шаблона последовательности;
- количество случаев, в которых наблюдалась данная последовательность;
- максимальные интервалы между событиями (в случае, если событий 2, то интервал один);
- минимальные интервалы между событиями (в случае, если событий 2, то интервал один);
- процент случаев, когда данная последовательность выполнилась;
- средние интервалы между событиями (в случае, если событий 2, то интервал один).

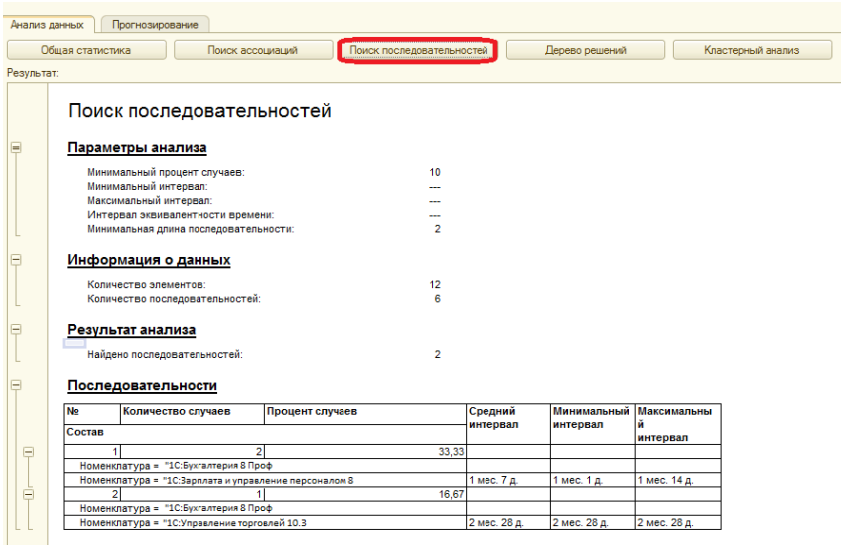


Рис. 4. Представление результатов анализа методом «Поиск последовательностей»

4) Кластерный анализ. Кластеризация – выделение из множества объектов одной природы некоторого количества относительно однородных групп — сегментов или кластеров [4]. В основе данного анализа лежит вычисление расстояния между группами, которые и являются кластерами. Определение расстояния между группами производиться различными способами (по разным метрикам). Платформой «1С:Предприятие 8» поддерживаются следующие метрики [4]:

• Евклидова метрика. Расстояние между двумя объектами вычисляется по формуле:

$$S = \sqrt{\sum (W_i * (X_i - Y_i)^2)}$$

где: X_i, Y_i – значения атрибутов двух объектов (между которыми определяется расстояние);

W_i – весовой коэффициент атрибута;

i – номер атрибута, от 1 до n;

n – число атрибутов.

• Евклидова метрика в квадрате. Расстояние между двумя объектами вычисляется по формуле:

$$S = \sum (W_i * (X_i - Y_i)^2)$$

где: X_i, Y_i – значения атрибутов двух объектов (между которыми определяется расстояние);

W_i – весовой коэффициент атрибута;

i – номер атрибута, от 1 до n;

n – число атрибутов.

• Метрика города. Расстояние между двумя объектами вычисляется по формуле:

$$S = \sum (W_i * |X_i - Y_i|)$$

где: X_i, Y_i – значения атрибутов двух объектов (между которыми определяется расстояние);

W_i – весовой коэффициент атрибута;

i – номер атрибута, от 1 до n;

n – число атрибутов.

• Метрика доминирования. В данной метрике расстояние между двумя объектами вычисляется по формуле:

$$S = MAX(W_i * |X_i - Y_i|)$$

где: X_i, Y_i – значения атрибутов двух объектов (между которыми определяется расстояние);

W_i – весовой коэффициент атрибута;

i – номер атрибута, от 1 до n;

n – число атрибутов.

После определения расстояний между объектами может использоваться один из нескольких алгоритмов распределения объектов по кластерам. Вариант метода кластеризации определяет, исходя из каких принципов объект соотносится к той или иной группе, по какому алгоритму производится формирование кластеров [4]. Целью любого алгоритма кластеризации являются минимизация изменчивости внутри кластеров и максимизация изменчивости между кластерами. Поддерживаются следующие методы кластеризации:

- Ближняя связь – объект присоединяется к той группе, для которой расстояние до ближайшего объекта минимально;
- Дальняя связь – объект присоединяемся к той группе, для которой расстояние до наиболее дальнего объекта минимально;
- к-средних – выбираются объекты, находящиеся первыми в выборке. Они считаются центрами кластеров. Далее выбирается следующий объект и, в соответствии с расстоянием до центров кластеров, относится к тому или иному кластеру Центр кластера, к которому был добавлен объект, пересчитывается. Процедура повторяется до полного перебора всех объектов. Далее опять производится новая выборка объектов (начиная с первого). Процедура повторяется до тех пор, пока изменяются центры кластеров;
- Центр тяжести – объект присоединяется к той группе, для которой расстояние до центра тяжести минимально.

В настоящее время авторы работы реализуют кластерный анализ в своей информационной системе [7].

5) Дерево решений. Этот метод анализа позволяет построить иерархическую структуру классифицирующих правил, представленную в виде дерева [4]. Для построения дерева решений необходимо выбрать целевой атрибут, по которому будет строиться классификатор и ряд входных атрибутов, которые будут использоваться для создания правил [5].

Результатами работы анализа являются дерево решений, каждый узел которого содержит некоторое условие, или ошибки классификации, которые показывают, в каких случаях полученные правила расходятся с действительностью. Для принятия решения, к какому классу следует отнести некий новый объект, необходимо, отвечая на вопросы в узлах, пройти цепочку от корня до листа дерева, переходя к дочерним узлам в случае утвердительного ответа и к соседнему узлу в случае отрицательного. Набор параметров анализа позволяет регулировать точность полученного дерева [4,5].

В ходе построения дерева существует возможность его упрощения. Упрощение дерева заключается в том, что по определенным правилам узлы дерева превращаются в листья, т.е. отсекается лишнее ветвление [4].

В процессе принятия решения о преобразования узла в лист, учитываются:

$$O = \sqrt{\frac{\left(b + \frac{k}{2}\right) * \left(s - \left(b + \frac{k}{2}\right)\right)}{s}},$$

где: a – количество ошибок в узле, b – количество ошибок в дочерних узлах, k – количество листов в узле, s – количество случаев. Решение о превращении узла в лист принимается в случае выполнения условия:

$$a + 0,5 \prec= b + \frac{k}{2} + O$$

Модель прогноза платформы «1С:Предприятие 8»

Задача прогнозирования в платформе «1С:Предприятие 8» в общем виде разделена на две основные процедуры [4]:

1. Обучение модели на какой-либо выборке.
2. Использование обученной модели для работы с фактическими данными для прогноза.

Используя результаты анализа «Поиска ассоциаций», автоматически строится модель прогноза ассоциаций, из которой следует, что некая организация-покупатель, по аналогии с другими случаями, приобретет предложенный ему программный продукт с определенной степенью вероятности вместе с теми программными продуктами, которые эта организация ранее приобрела. Модель прогноза последовательностей строится, исходя из анализа «Поиск ассоциаций». На рис. 5 приведен скриншот прогнозирования будущего приобретения клиентом новых программных продуктов.

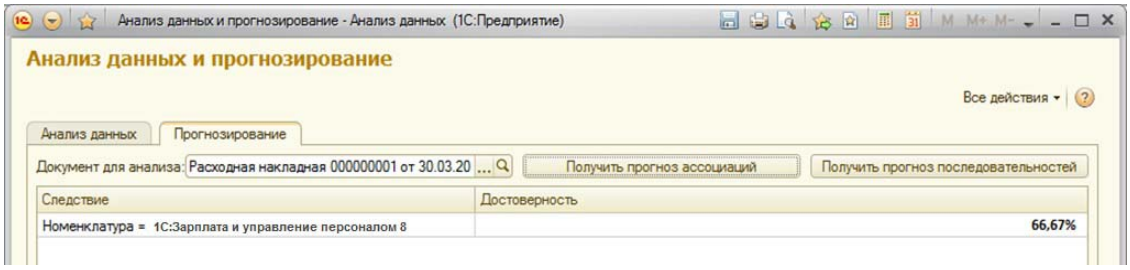


Рис. 7. Прогнозирование будущих покупок программных продуктов

Выводы

Использование механизмов анализа и прогнозирования данных платформы «1С:Предприятие 8» при подборе программного обеспечения для клиентов фирм-франчайзи позволяет искать закономерности в осуществленных продажах программ и строить прогнозные модели, позволяющие автоматически планировать последующие продажи программного обеспечения.

Литература.
1. Чернышева Т. Ю. , Жуков А. Г. Иерархическая модель оценки и выбора программных продуктов для организации // Ползуновский вестник. - 2013 - №. 2. - С. 25-28.
2. «1С: Франчайзинг» [Электронный ресурс]: – Официальный сайт фирмы 1С. – Режим доступа: http://www.1c.ru/rus/firm1c/franch.htm. – Загл. с экрана.
3. Лисачева Е. И., Важдаев А. Н. Система поддержки принятия решений организации-франчайзи по подбору программного обеспечения для покупателей // Ползуновский вестник. – 2013 – №. 2. – С. 224-228
4. Гончаров Д.И. Решение специализированных прикладных задач в «1С:Предприятии 8.2» / Д.И. Гончаров, Е.Ю. Хрусталева. – М.: 1С-Паблишинг, 2012. – 300 с.: ил.
5. Радченко М.Г. 1С: Предприятие 8.2. Практическое пособие разработчика. Примеры и типовые примеры / М.Г. Радченко, Е.Ю. Хрусталева. – М.: ООО «1С-Паблишинг», 2009. – 874 с.
6. Чернышева Т. Ю. , Жуков А. Г. Программный модуль учета рисков проекта на основе дерева решений // Ползуновский вестник. - 2012 - №. 3/2 - С. 70-73.
7. Лисачева, Е.И. Оценка и подбор программных продуктов для клиентов [Текст] / Е.И. Лисачева, А.Н. Важдаев // Сборник научных трудов 14-й МНПК "Новые информационные технологии в образовании" (Применение технологий "1С" для повышения эффективности деятельности организаций образования) 28 - 29 января 2014 г. Часть 1- М.: ООО "1С-Паблишинг", 2014. 549 с.

ЦБ РФ КАК МЕГАРЕГУЛЯТОР ФИНАНСОВОГО РЫНКА РОССИИ

А.Н. Лисачев, ст. преподаватель кафедры ЭиАСУ
Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского Томского политехнического университета
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел. (38451)-6-44-32
E-mail: Lisathev@rambler.ru

Эффективное регулирование финансового рынка позволяет обеспечить проведение системной финансовой политики, наладить взаимодействие между основными компонентами финансового рынка. Развитие финансовой системы любого государства в основном проходит двумя путями: либо совершенствуются уже существующие механизмы регулирования и надзора за финансовым рынком, либо зарождаются новые финансовые институты, роль которых становится ключевой.

Уже во время кризиса 2008-2009 гг. обсуждалась идея создания финансового мегарегулятора, как одно из условий для создания мирового финансового центра в Москве. Некоторые ученные считают, что в случае наличия мегарегулятора финансового рынка, кризис конца прошлого десятилетия не оказал бы такого деструктивного влияния, а мегарегулятор позволил бы сохранить приток ликвидности в российскую экономику. Однако, в современном мире финансовые рынки многих стран живут без мегарегулятора. Например, мощнейшие финансовые рынки США и Китая, быстрее других преодолевшие последствия кризиса 2008-2009 гг.

До сентября 2013 года функции регулирования российского финансового рынка были распределены между несколькими органами власти: в том числе специализированным органом исполнительной власти в области финансовых рынков – Федеральной службой по финансовым рынкам (ФСФР), подчинявшейся Минфину РФ, а также органом, не относящимся ни к одной из ветвей власти – ЦБ РФ (Банком России). На момент своего упразднения ФСФР была приближена к статусу мегарегулятора финансового рынка, а именно осуществляла функции по нормативно-правовому регулированию, контролю и надзору в сфере финансовых рынков, т.е. имела полномочия почти во всех секторах финансового рынка, за исключением банковской и аудиторской деятельности. Несколько ранее (в 2011 году) ФСФР получила функции по контролю за страховым рынком от присоединенной к ней Федеральной службы страхового надзора, которая также подчинялась Минфину.

Фактически с подачи в середине 2012 года первого вице-премьера России И. Шувалова государством было решено упразднить именно ФСФР и передать ее функции регулятору в сфере банковской деятельности – ЦБ РФ. Данная идея вызвала широкий резонанс в научном сообществе и стала объектом для дискуссий о необходимости финансового мегарегулятора. Вопрос о его создании поднимался и ранее в стенах Государственной Думы, однако не получил своего развития.

В итоге вступивший в силу 1 сентября 2013 года Федеральный закон Российской Федерации от 23.07.2013 г. № 251-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в связи с передачей Центральному банку Российской Федерации полномочий по регулиро-

ванию, контролю и надзору в сфере финансовых рынков» [1] закрепил за Банком России кроме надзора над коммерческими банками функции по контролю за небанковскими финансовыми организациями, включая страховые компании, компании по управлению активами, пенсионные фонды, брокерские компании, микрофинансовые организации.

Мировая практика показывает опыт различной организации регулирования внутригосударственных финансовых рынков. Основные из них:

- отраслевая («вертикальная») модель – в каждом сегменте рынка действует свой регулятор;
- «гибридная» модель – полномочия регулятора распространяются на несколько секторов (но не на все) финансового рынка;
- модель «twin peaks» («двойная вершина») – две структуры, отвечающие за разные аспекты регулирования;
- модель единого независимого мегарегулятора.

По данным МВФ, из 70 стран, которые провели реформы финансового сектора в период 1998-2009 гг., 27 стран (38,5%) провели консолидацию финансового регулирования и надзора в той или иной форме.

Свое развитие идея мегарегулятора финансового рынка получила достаточно давно. В 1984 году Сингапур ввел модель интегрированного регулятора, которую поддержали позднее скандинавские страны.

Практика использования подобных структур в иностранных государствах показывает, что повышение роли центральных банков не является чем-то необычным, и модель интегрированного регулятора на основе центрального банка страны показала себя жизнеспособной. Например, в Ирландии, где был создан мегарегулятор на основе надзорного блока Центрального банка Ирландии. Также в некоторых странах интегрированный регулятор финансового рынка создан не на основе главной банковской структуры, а в виде специализированного надзорного органа, например в Германии.

Однако, данная модель не совершенна, что можно проследить на примере некоторых других государств с развитой экономикой. Например, в Великобритании в 1998 году был создан интегрированный регулирующий орган, который показал себя не с лучшей стороны при кризисе 2008-2009 гг. В результате он был упразднен с разделением его функций между тремя ведомствами, которые будут действовать под эгидой Банка Англии.

Ряд вопросов вызывает выбор ЦБ РФ для создания мегарегулирующей структуры на финансовом рынке России. Многие видят причину этого в том, что ЦБ РФ обладает большей независимостью, чем упраздненная ФСФР, которая была зависима от главного финансового органа государства. ЦБ РФ обладает большей самостоятельностью, а после расширения функций сможет осуществлять более унифицированный надзор. Решение о создании такой структуры на базе ЦБ РФ говорит скорее о том, что он имеет наибольший успешный опыт в регулировании финансовых структур. Кроме этого, банковский сектор является наиболее крупным на современном финансовом рынке России, а механизм регулирования в этой сфере наиболее отточенный годами.

Многие ученные расходятся во мнении относительно перспектив финансового мегарегулятора в России.

Следует упомянуть ряд проблем, связанных с созданием интегрированного финансового регулятора на базе ЦБ РФ:

1. С расширением функций ЦБ РФ становится мощнейшей структурой, что может вызвать конфликт интересов с другими структурами. Данная проблема может привести к некоторой бюрократизации, а излишняя централизация - к потере гибкости надзора и обратной связи с поднадзорными органами.

2. Эксперты отмечали, что стандарты надзора ФСФР обладали более передовым характером, нежели стандарты регулирования ЦБ РФ в банковской сфере, хотя уровень контроля в банковском секторе выше, также как и требования к подотчетным организациям.

3. На первом этапе ЦБ РФ придется сложно осуществлять надзор в непривычных для себя областях, где существуют немного иные правила функционирования рынка. В несколько раз вырастет нагрузка на ЦБ РФ как на надзорный орган.

4. Вызывает беспокойство выполнение одной из целей принятия подобных изменений – оптимизация расходов на осуществление надзора. Учитывая разрастание аппарата ЦБ РФ за счет новой Службы Банка России по финансовым рынкам, заменившей ФСФР, и затраты на освоение новых надзорных функций, общее снижение издержек может оказаться незаметным. С учетом разницы в средней заработной плате сотрудника ЦБ РФ и присоединенной к нему ФСФР – издержки и вовсе могут превысить прежние. Может наглядно сработать один из законов Паркинсона.

В условиях такого количества противоречий, роль государства в реформировании становится еще больше. Необходимо создание системы сдержек и противовесов, что позволит избежать злоупотребления Банком России своими полномочиями. Такая система видится оптимальной и для избежания конфликта интересов внутри самого ЦБ РФ, так как помимо своих полномочий по регулированию и надзору на финансовом рынке, он еще и сам является участником финансового рынка. Так ЦБ РФ является основным акционером и учредителем Сбербанка России.

Внедрение системы интегрированного регулирования имеет и большое количество плюсов для финансового сектора и экономики в целом.

1. Проведение процедур консолидированного надзора позволит существенно понизить системные риски финансового сектора экономики, что является причиной большого количества кризисных явлений в современных экономиках мира.

2. С одной стороны, проведение унифицированных процедур надзора может отрицательно повлиять на развития некоторых секторов финансового рынка. С другой стороны, оно позволит существенно понизить возможности для ухода от регулирования или оттока капитала в другую, менее регулируемую сферу финансового рынка, что принято называть регулятивным арбитражем.

3. При проведении грамотной политики и постепенности перехода к новым стандартам и более жесткому регулированию, государство может в действительности получить выгоду на издержках, связанных с контрольно-надзорными функциями регуляторов, которые перейдут к одному органу.

Все эти преимущества в случае грамотного и постепенного развития мегарегулятора приведут к решению важнейших задач, стоящих перед ЦБ РФ как финансовым мегарегулятором:

1) создание грамотной и эффективной системы регулирования и надзора за финансовым рынком;

2) оптимизация расходов на осуществление надзорных и регуляционных полномочий;

3) понижение системных рисков экономики в целом;

4) создание быстрой и оперативной системы нормативного регулирования в установленной сфере.

Заключение

Принимая во внимание вышесказанное, можно сделать вывод о том, что создание интегрированного финансового регулятора на базе ЦБ РФ является двойственным явлением. В условиях, когда вопрос развития инвестиционной привлекательности российской экономики остается нерешенным, когда в отношении России действуют меры ограничивающего характера (так называемые «западные санкции»), российский финансовый мегарегулятор на первом этапе обязательно столкнется с проблемой выработки новых технологий регулирования и унифицированного надзора за всеми участниками рынка, чья деятельность различается и имеет свою специфику. На этом фоне множественные претензии к Центробанку в конце 2014 года по поводу курса российского рубля вызывали дополнительную обеспокоенность. С другой стороны, под руководством банка методично реализуется проект создания Национальной системы пластиковых карт (НСПК).

Таким образом, основным требованием к российскому руководству при проведении реформы регулирования является последовательность в своих действиях, чтобы через некоторое время не пришлось выделять из ЦБ РФ регулятивные функции и создавать какое-либо новое ведомство или ведомства, занимающиеся регулированием финансовых рынков (как это произошло в Великобритании).

Главная задача состоит в том, чтобы гигантская сила на российском финансовом рынке в лице ЦБ РФ стала максимально эффективной и прозрачной для всех игроков.

ВОПРОСЫ ЛОГИСТИКИ ИНТЕРНЕТ – МАГАЗИНА

О.И. Димитрова, преподаватель высшей категории.
Филиал ГОУ ВПО «Кемеровский государственный университет» в г. Юрге
г. Юрга, ул. Никитина, 30, сот/тел. 8 951-177-4290
Email: dmolga@rambler.ru

Согласно данным последнего отчета Ассоциации компаний интернет-торговли (АКИТ), объем интернет - торговли по итогам 2014 г. достиг 20 млрд долл. Участники рынка рассчитывают, что в текущем году рынок также будет демонстрировать рост. Как пояснил президент ассоциации Денис Людковский на пленарном заседании форума OnlineRetailRussia 2014, в настоящее время доля интернет - торговли в России составляет около 3% от общего объема ретейла, а к 2020 г. она может достигнуть 10%.

Россия сейчас — перспективный рынок для Online торговли. В РФ при проникновении Интернета в 50% только половина пользователей совершают покупки онлайн. В западных странах этот показатель значительно выше: например, в Европе и США при проникновении Интернета в 62—65% уже свыше 80% пользуются услугами e-commerce.

Средний чек, а также среднегодовые затраты покупателей в сети в России — самые низкие среди стран ЕС и значительно ниже, чем в США. Европейские эксперты полагают что российский e-commerce будет расти за счет увеличения числа покупателей и их среднего чека, так и среднегодовых затрат на покупки онлайн. Рост рынка e-commerce будет происходить за счет регионов, что связано с ускоренным проникновением Интернета в небольшие города и села (в Москве проникновение Интернета — 75%, в селах — 49%). Это вызовет рост числа покупателей (сейчас 26% пользователей сети живут в крупных городах и образуют 40% покупателей онлайн). Немаловажную роль играет оптимизация процессов доставки товаров покупателям из небольших городов и сел. Вопросы логистики интернет магазина имеют большое значение для интернет – торговли:

- Как доставить товар клиенту?
- Нужно ли использовать курьера или автомобиль для доставки?
- Как нанимать курьера для доставки?
- Как доставлять товары клиентам из небольших населенных пунктов?
- Как рассчитать стоимость доставки в продажной цене товара?

Любой Интернет-магазин сталкивается с вопросами доставки. Эффективная логистика - это сложный вопрос для Online бизнеса.

Рассмотрим подробно эти вопросы.

1. Доставка заказа клиенту - что вы хотите получить от доставки, и нужна ли она вам вообще? Если ваш Интернет-магазин находится в городе, где население превышает миллион, тогда услуги магазина будут востребованы.
2. Магазин размещен в районном центре, где количество жителей составляет около 100-200 тыс. В этом случае доставку по регионам: почтой России, экспедиционная доставка с помощью специальных служб.
3. Определитесь, какие товары вы продаете. Небольшие размеры и вес заказа позволят обеспечить доставку курьером.

Затраты на курьера - ваши расходы:

- Зарплата курьера;
- оплата проезда.

Минусы, связанные работой курьера:

- непостоянная работа
- поездки в общественном транспорте
- непосредственное общение с клиентами (непредвиденные ситуации)
- низкая зарплата
- высокая текучка

Пример организации курьерской службы:

1. Для аптеки создан сайт интернет - магазина с возможностью заказа товаров с доставкой курьером по городу и с возможностью заказа с других регионов России, ближнего и дальнего зарубежья.
2. На сайте размещены городские номера для заказа по телефону, сотовые и бесплатный телефон с индексом 8800 …
3. Для заказа курьером по городу или доставкой по регионам России разработана форма заказов товара.

Обязательные поля для заполнения: Телефон, Город, Улица, дом, кв.,Ф.И.О.,E-mail, Комментарий, Номер картыVIP.

Заказы через «форму заказов» сохраняются в админке сайта, рассылаются на почтовые адреса для курьерской службы и отдельно для почтовых операторов. Заказы поступающие по телефонам компании и через интернет - магазин уточняются, оформляются и рассылаются по назначению. Для интернет - магазина с доставкой важен факт доверия к магазину.

При рассмотрении статистики посещаемости различных страниц сайта, страница «форум» находится на одном из ведущих мест для посетителей.

Необходимо на ресурсе магазина организовать форум в котором будут освещены вопросы доставки, сроки, оплата доставки, способы и гарантии оплаты и возврата товаров.

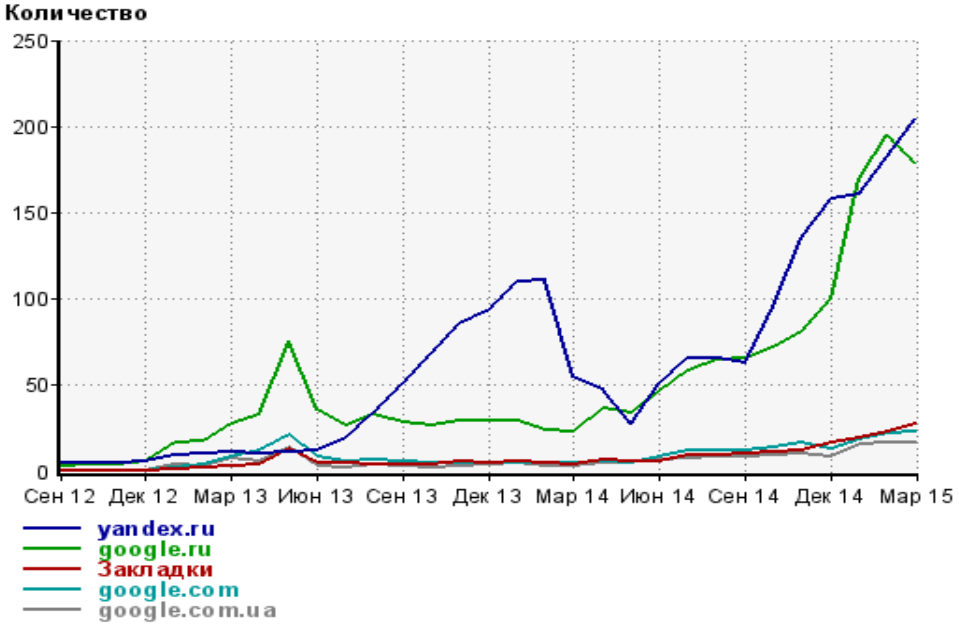
Рассмотрим статистику заказов товара. Среднестатистический интернет-магазин имеет следующую эффективность: на 100 заходов на сайт магазина приходится 1 заказ. В нашем случае посещаемость в день ресурса составляла около 500. Следовательно, в среднем 5 заказов в день. Из них около 40% заказов было заказы курьерской службой по городу и 60% по регионам России. То есть интернет-магазин всего обрабатывает 150 заказов в месяц. Из них всего 60 заказов с доставкой по городу.

Идеальный вариант для доставок товаров иногородним покупателям - доставка товаров почтой России. Клиент оплачивает доставку наложенным платежом, не надо поднимать цены на товар, следовательно, цены на препараты будут конкурентоспособны.

Рассмотрим типичные вопросы по логистике. Какова гендерная составляющая заказчиков и какова география и демография заказов.?

По статистике основными заказчиками в онлайн - сервисах являются мужчины, так как являются более продвинутыми и склонными к так называемому риску.

Таблица рейтинга поисковых систем по посещаемости



Основной поисковой системой для пользователей России является YANDEX. По статистике реальным заказчиком является мужчина, который предпочитает более глобальную поисковую систему, т.е. GOOGLE. Женщины, предпочитают поисковые системы YANDEXи MAIIL.RU.

Вывод: для интернет - магазинов предпочтительно раскручивать сайт в поисковой системе GOOGLE. Доля женщин заказчиков растет и не надо забывать про другие поисковые системы.

География заказов для фармацевтической продукции за последние месяцы Москва, Новосибирск, Санкт-Петербург, Краснодар, Екатеринбург и т.д.

Преобладают мегаполисы, т.к. процент проникновения интернет коммуникаций в крупных городах максимальный. Сбрасывать со счетов малые населенные пункты не надо, география заказов расширяется.

В этой работке показаны конкретные примеры эффективной реализации логистики для интернет - магазина. Ваша задача - воплотить их в жизнь. Удачного Вам бизнеса!

Литература.

1. Федор Вирин. Интернет-маркетинг. Полный сборник практических инструментов. Издательство: Эксмо. Серия: Интернет: технологии получения прибыли. ISBN 978-5-699-42302-6; 2013 г.
2. Яковлев А., Довжиков А. «Веб-аналитика. Основы. Секреты. Трюки», издательство БХВ, Санкт-Петербург. 2013 г.
3. Создание и раскрутка сайтов в Интернете./Алекс Экслер. –М.: НТ Пресс, 2011. – 288с.:ил.-(Самоучитель от Алекса Экслера).

РАЗВИТИЕ ИННОВАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА ПРЕДПРИЯТИЯ НА ОСНОВЕ ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ЗНАНИЯМИ

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. +7 (38451) 7-77-64
E-mail: mav00f@mail.ru

Термин «управление знаниями» впервые прозвучал в выступлении К. Вига на конференции ООН в 1986 г. Изначально под этим термином подразумевалась группа IT-решений, что было связано с нарастанием динамики распространения информационных технологий в производстве и управлении. В 90-е гг. XX века в рамках менеджмента сформировалось антропоцентрическое направление, получившее название Knowledge Management (KM) – менеджмент знаний, где в центре внимания оказался человек – носитель и создатель знания, интеллектуального потенциала предприятия. Сегодня парадигма управления знаниями входит в инструментарий, применяемый в развитых странах в качестве механизма инновационного развития экономики и перехода к информационному обществу – «обществу знаний».

Рассматривая сущностные аспекты данного феномена применительно к сфере производства, можно выделить две основные группы определений термина «знания».

Во-первых, знания рассматриваются как определенный объем практической информации, направленный на решение профессиональных задач, принятие решений и составляющий основу интеллектуального капитала предприятия [1]. С учетом данного определения управление знаниями представляет собой процесс систематического формирования, обновления и применения знаний с целью максимизации эффективности и прибыли от активов, базирующихся на интеллектуальном капитале предприятия.

Вторая группа определений идентифицирует знания с позиции компетенций, направленных на выполнение определенной профессиональной деятельности и аккумулированных в виде организационных рутин [2]. В этой связи управление знаниями представляет собой процесс формализации и обеспечения доступа к практическому опыту, экспертным данным, умениям и навыкам с целью совершенствования деятельности, инициирования инноваций и повышения потребительской стоимости выпускаемой продукции.

Первая группа идентифицирует знания как интеллектуальные активы предприятия, вторая – как организационные возможности (компетенции). На наш взгляд, объединяющим началом, основной целью управления знаниями с точки зрения обеих концепций является формирование конкурентных преимуществ и устойчивого развития предприятия в условиях изменяющейся внешней среды. В связи с этим актуализируются проблемы управления знаниями на уровне предприятий.

На сегодняшний день можно выделить два подхода к оценке роли знаний в обеспечении инновационной деятельности на предприятии:

- западный подход, базирующийся в основном на ресурсной концепции стратегического менеджмента;
- восточный подход, ориентированный на инициирование и стимулирование процесса получения новых знаний.

Улучшение, достигнутое посредством внедрения радикальных инноваций – «Кайрио» (западный подход). Эта модель в большей степени характеризует западный способ мышления, поскольку улучшения ассоциируются с использованием новых технологий и методов управления, разработкой новых типов продукции и т. д. на основе интеллектуальных «прорывов».

Непрерывное улучшение на основе реализации улучшающих инноваций «Кайдзен» (восточный подход), который отражает восточный (японский) стиль мышления, ориентированный на постоянные сравнительно небольшие приращения, стремление к совершенству.

Концепция Кайдзен (автор М. Имаи) представляет собой совокупность мероприятий, которые ведут к улучшению рабочего процесса и, как следствие, -- к увеличению объемов производства при тех же затратах. Главная цель метода – повысить производительность и свести к минимуму рабочее время, уходящее не на работу, а на различного рода потери, за счет использования существующего инновационного потенциала предприятия, рассредоточенного в виде информации, компетенций, организационных рутин. Одной из отличительных особенностей данного подхода является системный характер: улучшения должны пронизывать все элементы производственно-экономической системы, связи, выполняемые функции, образуя новые эмерджентные свойства. При этом эффект «отдельного

шага» сравнительно небольшой, однако повсеместные и постоянные улучшения дают своеобразный синергетический эффект, вполне соизмеримый с тем, который обеспечивается улучшениями первого типа, но при значительно меньших инвестициях.

Крупные улучшения предполагают единовременную кардинальную реорганизацию процесса, происходят в результате творческой интеллектуальной деятельности небольшого числа сотрудников, как правило, специалистов высокого уровня и требуют значительных инвестиций, что связано с применением принципиально новых технологий, реинжинирингом бизнес-процессов, проведением фундаментальных и прикладных научно-технических исследований и т. д. Основные положения концепции Кайрио представлены в табл. 1.

Таблица 1

Основные положения концепции Кайрио

Признак	Характеристика
Цель	Процесс
Длительность	Краткосрочная
Уровень перемен	Радикальный
Величина перемен	Большие шаги
Тип перемен	Неровный и резкий
Проводники перемен	Проектные группы
Подход	Инновационные команды, используемые для критического анализа и реконструкции
Усилия	Трудно начать, но для поддержания нужны сравнительно небольшие усилия
Технология	Инновации, рационализация, информационные технологии
Исходная фокусировка	Технология, технические параметры процессов и показатели качества продукции
Использование	Наиболее эффективно в условиях быстро растущей экономики
Величина улучшений	200-1000% на процесс

Система улучшения Кайдзен, используя в сравнении с системой Кайрио небольшие инвестиции, требует постоянных усилий всех участников процесса в проводимых улучшениях, следовательно, степень вовлеченности персонала должна быть достаточно высокой. Сравнительная характеристика основных положений двух подходов к изменениям предприятий представлена на рис. 1.

Рис. 1. Сравнительная характеристика концепций улучшений Кайрио и Кайдзен

Опыт японских предприятий по созданию и внедрению в производство новых знаний на основе развертывания концепции Кайдзен обобщен в работах И. Нонака и Г. Такеучи.

В соответствии с представлениями данных исследователей внимание должно быть предельно сосредоточено на процессах получения и использования новых знаний, направленных на обеспечение конкурентных преимуществ предприятия, что, по сути, представляет собой процессный подход к

управлению знаниями, включающий в себя циклическую четырехфазную модель получения и внедрения знаний СЭКИ (SECI): социализация, экстернализация, комбинация, интернализация (рис. 2).

Процесс управления знаниями, направленный на обеспечение инновационных потребностей предприятия, основывается на последовательной реализации четырех стадий (фаз) модели СЭКИ:

I стадия – социализация, которая представляет собой неформальную передачу и обмен неформализованными знаниями по принципу «наставничество» и/или обмена опытом;

II стадия – экстернализация – перевод неформализованных знаний в формализованные посредством обучения и коллективной работы над проблемой, имеющей решающее значение для обеспечения конкурентных преимуществ предприятия;

III стадия – комбинирование, т. е. на основе имеющихся формализованных знаний генерирование новых в процессе выполнения профессиональной деятельности с целью ее улучшения или улучшения ее результатов;

IV стадия – интернализация – процесс преобразования новых формализованных знаний в неформализованные, что предполагает перевод полученных новых знаний в практические умения и навыки.

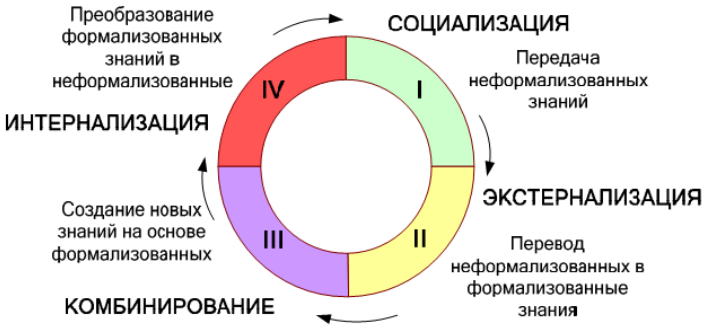


Рис. 2. Четырехфазная модель SECI И. Нонака и Г. Такеучи

Основой данной модели является дифференциация знания по форме: на неформализованные (неявные) и формализованные (явные), а также в зависимости от носителей: на организационные знания (знания предприятия) и персонифицированные знания (знания работников предприятия).

Следует отметить, что реализация описанной модели происходит за счет вовлечения персонала во все процессы передачи знаний, носит цикличный характер, поэтому, в соответствии с концепцией Кайдзен, осуществляется непрерывно, обеспечивая тем самым постоянный прирост инновационных знаний. В связи с этим внедрение системы управления знаниями, основанной на четырехфазной модели Нонака-Такеучи, предполагает кардинальную трансформацию организационной системы управления в более гибкую, вариабельную, в соответствии с решаемыми инновационными задачами.

Подробнее остановимся на рассмотрении представлений об управлении знаниями, аккумулированными в рамках ресурсного подхода (Кайрио). С начала 90-х гг. XX в. многие специалисты по теории ресурсов стали активно заниматься выяснением релевантности знания для конкурентных преимуществ предприятий. Некоторые исследователи говорят об ориентации в большей степени на знание, а не на ресурсы. Д. Тис в этой связи констатирует, что «сущностью фирмы является ее способность создавать, передавать, агрегировать, интегрировать и эксплуатировать актив «знание». Знание составляет базу компетенций, а компетенции лежат в основе рыночных предложений фирмой товаров и услуг» [2].

Предпосылкой понимания сущности знания в рамках ресурсной теории явился конструктивистский подход, получивший широкое распространение в 60-е гг. XX в. и определявший знания как социальную конструкцию реальности, которую создает человек. Применительно к сфере функционирования предприятий это означает, что посредством знаний и информации работники могут комбинировать факторы производства и использовать их для достижения целей предприятия – обеспечения конкурентных преимуществ.

Сегодня становится очевидным, что конкурентоспособными являются те предприятия, которые в состоянии оперативно собирать информацию, эффективно ее обработать и анализировать, на основе полученных результатов принимать оптимальные управленческие решения. Эффективность современных информационных систем определяется не только их специфическими программными и

техническими возможностями, но и масштабом охвата объектов, бизнес-процессов, на которые распространяется действие системы. При этом, чем более комплексными являются автоматизированные системы, т. е. направленными на обеспечение максимально большого количества аспектов внутренней и внешней среды производства, тем надежнее результат – адекватное информационное обеспечение управления.

Основными условиями внедрения инновационных методов управления на базе информационных технологий являются следующие:

- интеграция информационных потоков в единую систему документооборота всех структурных подразделений предприятия за счет использования современных информационных средств;
- применение системного подхода при ведении управленческого, финансового, оперативного учета, планировании и анализе затрат в соответствии со спецификой производственной деятельности;
- обеспечение трансфера знаний, адекватных инновационным программам и проектам.

Формирование конкурентных преимуществ предприятия осуществляется за счет двух механизмов: репликации знаний на базе кодификации и трансфера, а также реконфигурации, осуществляемой посредством абстракции и абсорбции знания. Следует отметить, что инструментом реализации указанных механизмов являются знания, выработанные на основе получаемой и обрабатываемой информации (рис. 3).

Репликация представляет собой своеобразный механизм адаптации: в связи с изменением внешней и внутренней среды происходит непрерывное изменение знаний и способностей сотрудников предприятия. При этом знания отдельных сотрудников предприятия агрегируются в так называемые «правила поведения», постоянно изменяются по форме, защищаются, модифицируются и хранятся в рутинах, т. е. кодируются. Кодификация представляет собой механизм перевода знаний, которыми обладают отдельные работники, в организационные компетенции, т. е. экстернализацию имплицитного знания, другими словами, превращение «скрытого» знания работников в «открытое» знание предприятия.

Таким образом, кодифицирование знаний, по сути, является предпосылкой рационализации процессов управления на предприятии и служит основой эффективно организованного процесса обучения, выходящего за рамки одной группы или команды [3].

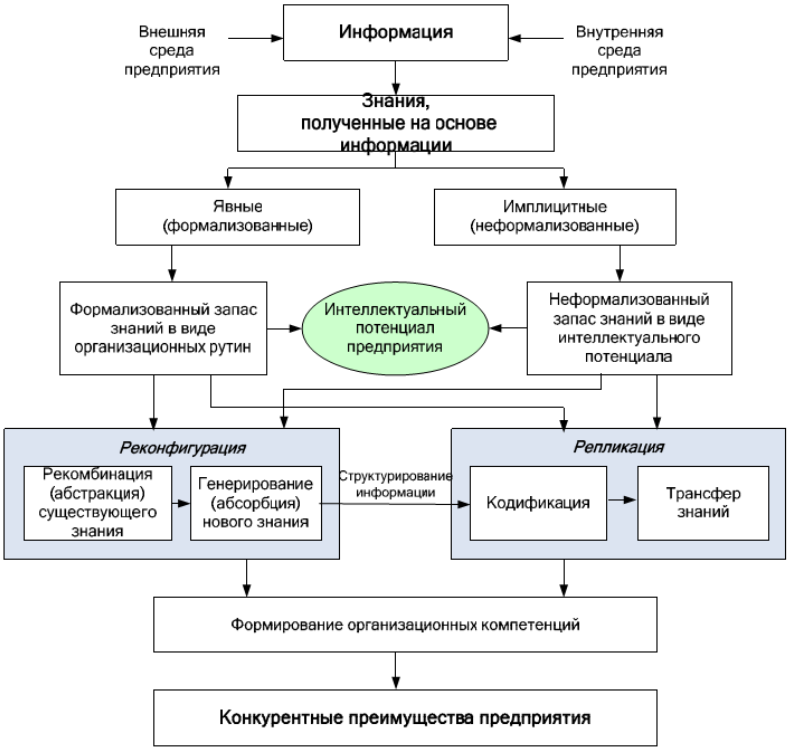


Рис. 3. Модель формирования конкурентных преимуществ, представленная в рамках ресурсной концепции

Кроме того, кодифицированные знания могут передаваться от компетентных сотрудников в процессе взаимодействия в рамках предприятия, что увеличивает скорость адаптации к изменениям внешней среды. Повышенная реакция предприятия на изменения особенно важна в инновационных отраслях, где рыночные отношения часто и быстро меняются. Следует отметить, что скорость трансфера кодифицированного знания прямо пропорционально влияет на скорость и эффективность функционирования предприятия, при этом эффективность трансфера зависит от степени кодификации подлежащего передаче знания. Чем больший объем данного вида знания или опыта кодифицирован, тем экономичнее его трансфер. Некодифицированное (имплицитное) знание, наоборот, передается медленно и с большими издержками [3].

Для формирования конкурентных преимуществ предприятия особое значение имеют процессы реконфигурации, осуществляемые посредством абстракции и абсорбции знания.

Это дает предприятию возможность развивать новые организационные компетенции, которые возникают двумя способами: во-первых, посредством рекомбинации уже существующего на предприятии знания и, во-вторых, благодаря генерированию нового знания.

Абстракция представляет собой рекомбинацию уже накопленного предприятием знания в более широком спектре ситуаций. По мнению М. Буасо, это означает сведение знания к его самым существенным характеристикам, т. е. его концептуализацию. Абстракция требует такой оценки причинно-следственных связей, которая недоступна кодификации, т. к. ведет к выводу знания из того или иного контекста и редуцирует закодифицированное знание до элементарных причинно-следственных связей [4]. Абстракция расширяет спектр потенциальных областей применения знания и позволяет переносить его на другие рынки. Тем самым увеличивается «игровое пространство» предприятия, что можно интерпретировать как приобретение реальных возможностей.

Между абстракцией и кодификацией существуют определенные взаимосвязи. Чем более структурировано имплицитное знание сотрудника, тем быстрее и точнее оно может быть закодифицировано. И чем точнее закодифицировано знание сотрудника, тем легче оно поддается абстракции.

Развитие новых организационных компетенций всегда требует восприятия новой информации, которая может поступать из внутренних и внешних источников. Обучение сотрудников определяется их способностью воспринимать и обрабатывать новую информацию.

Эта давно известная в психологии познания связь перенесена в контекст предприятий и называется способностью абсорбции знания.

М. Буасо весьма обобщенно характеризует абсорбцию знания как интернализацию нового знания. Учитывая ориентацию знания на действие, интернализация означает повторное использование прямого практического опыта с новым знанием [4]. У. Коэн и Д. Левинталь определяют способность предприятия к абсорбции внешнего знания как «способность фирмы признавать ценность новой внешней информации, ассимилировать ее и использовать в коммерческих целях» [5].

Способность к абсорбции знания подвержена сильному влиянию накопленного ранее опыта, полученного в процессе функционирования предприятия; с ростом интенсивности стратегических изменений снижается вероятность того, что предприятия смогут быстро и эффективно обучаться в новых областях деятельности [3]. Таким образом, прослеживается прямо пропорциональная зависимость: чем выше уровень контроля процессов абстракции и абсорбции знания и скорость кодификации и трансфера знаний, тем выше рыночная стоимость предприятия.

Таким образом, применение западного (Кайрио) и восточного (Кайдзен) подходов к управлению знаниями в синтезе через формирование и актуализацию организационных компетенций на основе перевода получаемой информации в организационные знания позволит развивать инновационную деятельность и, как следствие, повышать качество выпускаемой продукции, эффективность процессов и конкурентоспособность предприятия, обеспечивать устойчивое развитие предприятия.

Литература.

1. Лукичева Л. И. Управление интеллектуальным капиталом. – М.: Омега-Л, 2008. – 560 с.
2. Тис Д. Дж., Пизано Г., Шуен Э. Динамические способности, формы и стратегическое управление // Вестник С.-Петербург. гос. ун-та. Сер. Менеджмент. Вып. 4. – СПб., 2003. – С. 133-185.
3. Бурманн К. Нематериальные организационные способности как компонент стоимости предприятия // Проблемы теории и практики управления. – 2003. – №3. – С. 99-104.
4. Boisot M. Knowledge Assets. Securing Competitive Advantage in the Information Economy. Paperbackauflage. – Oxford, 1999.
5. Cohen W., Levinthal D. Absorptive capacity: A new perspective on learning and innovation // Administrative Sciens Quarterly. – 1990, vol. 35. – P. 128-152.

АНАЛИЗ РЫНКА ПРИМЕНЕНИЯ ЩИТОВЫХ ПРОХОДЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ В РФ

Д.Н. Нестерук, А.В. Косовец
Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского Томского политехнического университета
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел. (838451) 7-44-32
E-mail: nesteruk@list.ru

В 2014 году в ходе выполнения работ по проекту «Создание и постановка на производство нового вида щитовых проходческих агрегатов многоцелевого назначения - геоходов» [1-3] было выполнено маркетинговое исследование рынка проходческих щитов и оценка объемов работ по строительству подземных выработок (сооружений) в России, 2012-2015гг.

В рамках исследования предполагается использовать следующие методы сбора информации:

– Анализ открытых источников информации – «кабинетное исследование» (печатные деловые и специализированные СМИ, электронные деловые и специализированные издания, рекламные и информационные материалы компаний – участников рынка, аналитические обзорные статьи в прессе, результаты ранее проведенных маркетинговых исследований в данной области, материалы отраслевых учреждений и данные надзорных и контролирующих органов государственной власти).

– Интервью с участниками рынка строительства подземных выработок и рынка проходческих щитов, а также с проектными организациями и НИИ.

Источники информации:

– База данных государственных органов статистики (информация по производственным показателям крупных компаний, по показателям финансово-экономической деятельности более чем 4,5 млн российских предприятий, отраслевые показатели);

– Отраслевая статистика;

– Данные государственных структур, в том числе Министерства экономического развития, Министерства строительства РФ и др.;

– Специализированные базы данных;

– Рейтинги;

– Информационные ресурсы участников рынка;

– Отраслевые и специализированные информационные порталы;

– Материалы сайтов исследуемой тематики (web-ресурсы производителей и поставщиков, электронные торговые площадки, доски объявлений, специализированные форумы, Интернет-магазины);

Порталы раскрытия информации (отчетность открытых акционерных обществ).

Исследование выявило значительный объем рынка строительства подземных сооружений (табл. 1).

Таблица 1

Объём рынка строительства подземных сооружений в России в 2012-2015 гг., млрд. руб.

Объекты подземного строительства	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г. (п)
Тоннели метрополитена	210,0	336,0	364,0	686,0
Автодорожные тоннели	0,5	0,4	0,4	0,3
Ж/д тоннели	12,0	12,6	19,2	20,4
Технические тоннели (трубно-кабельные коллекторы, трубопроводы, тоннели коммунального назначения)	4,3	5,7	6,2	6,9
Угольные шахты	246,3	253,9	266,5	274,1
Рудники твёрдых пород (вкл. калийные соли)	335,1	345,4	362,6	372,9
Туннели ГЭС (гидротехнические)	-	-	-	-
Прочие объекты	0,6	0,7	0,8	0,9
Всего	808,8	954,7	1 019,7	1 361,4

При этом, емкость рынка превышает объем на 10-15%.

Рынок строительства подземных выработок в России в 2012-2014 гг. является динамично растущим. Темпы роста в натуральном выражении составляют от 9 до 27%. Самый высокий прирост наблюдался в 2013 г. Это связано с рекордным вводом объектов недвижимости и довольно высоким

темпом строительства метрополитена (Московского) в 2013 г. В 2014 г. темпы роста снизились в связи с высокой базой 2013 г., а также в результате неблагоприятной макроэкономической конъюнктуры. На 2015 г. участники рынка на данный период времени прогнозируют рост.

Перспективы развития отрасли напрямую зависят от уровня инвестиций в соответствующие отрасли: строительство метрополитенов, реконструкция и строительства объектов ЖКХ (водоотводы, канализации, коллекторы), добыча полезных ископаемых (угля, руд, калийных солей), дорожное строительство.

Крупнейшие заказчики строительства подземных сооружений: администрации городов, областей, округов РФ; министерства; государственные корпорации, субъекты естественных монополий; метрополитены; ОАО «РЖД», частные добывающие компании и др. Крупнейшие подрядчики: ОАО «Мосметрострой», «Метрострой», «Бамтоннельстрой», ГК СК «Мост», ОАО «Трансстрой», ОАО «Мосинжстрой», «ООО «Тоннельдорстрой» и др.

Условия строительства подземных сооружений разнообразны. На выбор того или иного оборудования влияние оказывают не только геолого-инженерные условия, но и экономическая целесообразность его применения для конкретного проекта.

Объём рынка проходческих щитов в России в 2012-2014 г. нельзя назвать стабильно растущим. Его объём крайне зависим от состояния отраслей-потребителей (в основном, конечно, от объёмов инвестиций их в развитие). Поставки щитов больших диаметров (более 6 м) можно охарактеризовать как «штучные». Объём поставок щитов малых диаметров в натуральном выражении значительно превышает поставки «больших» щитов.

По сравнению с рынком строительства подземных сооружений, объем рынка проходческих щитов значительно скромнее (табл. 2).

Таблица 2

Объем рынка проходческих щитов в РФ в 2012-2014 гг., млрд.руб.

Щиты (по назначению выработок)	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г. (п)
Для проходки тоннелей метрополитена	2,1	1,26	1,05	2,1
Для строительства автодорожных тоннелей и ж/д тоннелей	1,155	0,21	-	-
Коммунальное строительство	0,483	0,525	0,21	0,252
Для угольных шахт, рудных шахт и др.	-	-	-	-
Всего	3,738	1,995	1,26	2,352

Структура рынка крайне неоднородна в натуральном и стоимостном выражениях. К примеру, для строительства метрополитена или железнодорожного тоннеля за год возможна покупка нескольких щитов, что в структуре рынка по количеству единиц оборудования может составлять около 5%, в денежном же выражении покупка этих щитов может обеспечить 80-90% исследуемого рынка.

Наибольший объём потребления проходческих щитов в России наблюдался в 2012 г., что связано с активным строительством «олимпийских» объектов, высокими темпами строительства метрополитенов, активным освоением инвестиций в сфере ЖКХ, ростом добычи угля и калийных солей на 6%. В 2013 г. объёмы потребления начали сокращаться. Сокращение не связано с отказом от использования этой техники. Чаще всего сокращение на этом рынке связано с высокой базой предыдущего периода. В 2014 г. потребление снова сократилось.

Особенность рынка в привязке используемой техники к конкретным объектам строительства. В связи с этим в части строительства таких подземных сооружений как тоннели метрополитенов, транспортные тоннели, подводные тоннели объём рынка равен ёмкости. С другой стороны, для прокладки коллекторов и при строительстве шахт, где применение щитов ограничивается экономической целесообразностью, ёмкость рынка значительно превышает объем.

В среднесрочном периоде (2-5 лет) наиболее перспективной считается разработка проходческих щитов для бестраншейного строительства диаметрами 1-2,5 м. Такие щиты должны быть применимы условиях проходки пород и грунтов любой крепости. На рынке прочные позиции занимает компания Herrenknecht и её комплексы AVN, поэтому целесообразным может быть разработка точного аналога таких комплексов, что может обеспечить более лёгкий и быстрый выход на рынок.

Анализ показывает, что потенциал рынка существенно ограничен сложностью и стоимостью применяемой техники. Значительного увеличения ёмкости и объема рынка можно ожидать с появлением на нем конкурентоспособного щитового проходческого агрегата более универсального, обладающего меньшей потребительской стоимостью.

Литература.
1. Vladimir V. Aksenov, Mikhail Yu. Blaschuk, Mikhail V. Dubrovskii. Estimation of torque variation of geohod transmission with hydraulic drive // Applied Mechanics and Materials Vol. 379 (2013) pp 11-15 © (2013) Trans Tech Publication, Switzerland doi: 10.4028/ www.scientific.net/ AMM.379.11.
2. V.V. Aksenov, A.B. Efremenkov, V.Yu. Beglykov. The influence of relative distance between ledges on the stress-strain state of the rock at a face // Applied Mechanics and Materials Vol. 379 (2013) pp 16-19 © (2013) Trans Tech Publication, Switzerland doi: 10.4028/ www.scientific.net/ AMM.379.16.
3. V.V. Aksenov, A.A. Khoreshok, V.Yu. Beglykov. Justification of creation of an external propulsor for multipurpose shield-type heading machine – GEO-WALKER // Applied Mechanics and Materials Vol. 379 (2013) pp 20-23 © (2013) Trans Tech Publication, Switzerland doi: 10.4028/ www.scientific.net/ AMM.379.20.

СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ О ВЫБОРЕ ФОРМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ АБИТУРИЕНТА И ВУЗА

Е.А. Ляхова, О.Н. Фисоченко
Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского Томского политехнического университета
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел. (38451)-6-49-42
E-mail: giri@rambler.ru

На современном этапе модернизации российского образования одним из приоритетных направлений государственной политики является повышение качества профессионального образования. Содержание образования должно обеспечивать формирование личности, способностей к саморазвитию, к изменению своего профессионального направления [1].

Основной задачей работы является разработка системы поддержки принятия решения математического и информационного обеспечения для задачи выбора форм взаимодействия ВУЗа и потенциальных абитуриентов, мониторинга и оценки результативности реализации конкретных мероприятий.

Система поддержки принятия решений или СППР (Decision Support Systems, DSS) – это компьютерная система, которая путем сбора и анализа большого количества информации может влиять на процесс принятия решений организационного плана в бизнесе, предпринимательстве, образовании[2].

Блок стратегического управления в составе модуля СППР позволяет реализовать весь спектр задач, связанных с процессом разработки математического и информационного обеспечения задач выбора форм взаимодействия ВУЗа потенциальных абитуриентов, мониторинга и оценки результативности реализации конкретных мероприятий.

Система ППР позволяет определять математически причинно-следственные связи между отдельными задачами, что позволяет определять и визуализировать, какие последствия будет иметь любое из решений, принимаемых на оперативном уровне. В процессе использования системы данная модель может корректироваться путем добавления новых связей, детализации существующих и изменения или удаления тех связей, которые в силу преобразований, происходящих в вузе и внешней среде, утратили свою актуальность.

В результате анализа технологий разработки математического и информационного обеспечения задач выбора форм взаимодействия ВУЗа и абитуриентов, предлагается пятиэтапный процесс принятия решений: оценка склонности абитуриентов обучаться по направлениям; формирование перечня возможных форм взаимодействия по направлениям; экспертная оценка мероприятий по критериям; выбор мероприятий для абитуриентов; мониторинг результативности проведенных мероприятий.

В настоящее время существует достаточно мало методов и процедур поддержки принятия решения о выборе форм взаимодействия ВУЗа и абитуриентов. Существуют отдельные направления исследования в России и за рубежом, связанные с разработкой методологии базы и инструментальной среды поддержки принятия решения о выборе форм взаимодействия ВУЗа и абитуриентов.

В связи с этим возникает проблема создания моделей поддержки принятия решения о выборе форм взаимодействия ВУЗа и абитуриентов, позволяющих интегрировать и анализировать имеющуюся информацию о состоянии внешней и внутренней стороны ВУЗа, устанавливать взаимосвязи между факторами развития системы поддержки принятия решения. Моделей, помогающих ППР принять обоснованное решение, обеспечивающих процессы принятия решения [3].

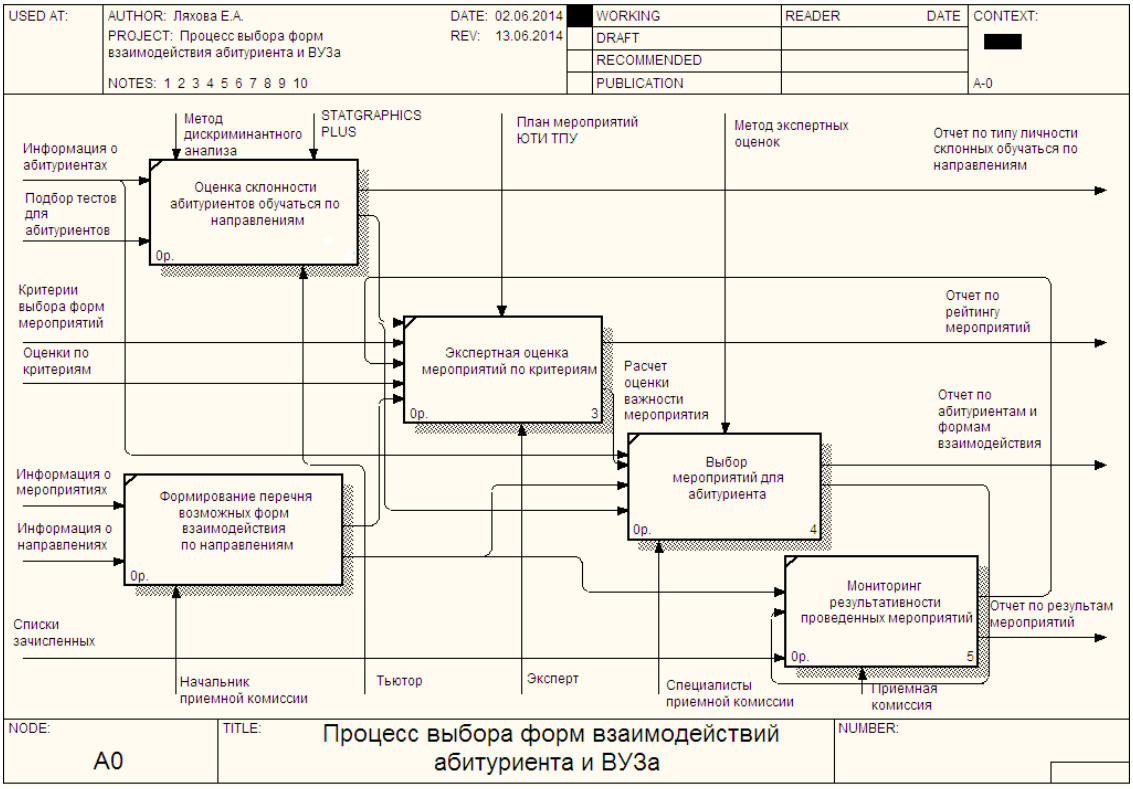


Рис. 1. Процессы поддержки принятия решения о выборе форм взаимодействия абитуриентов и ВУЗа

На рисунке 1 представлена функциональная диаграмма (в методологии IDEF0) процесса принятия решения о выборе форм взаимодействия ВУЗа и абитуриентов, которая включает основные этапы:

- Первый этап «Оценка склонности абитуриентов обучаться по направлениям» используется метод дискриминантного анализа. Метод реализован с помощью пакета Statgraphics Plus.
- На втором этапе формирования перечня возможных форм взаимодействия лицо принимающие решение (ЛПР) самостоятельно выбирает и формирует данный перечень мероприятий.
- На третьем и четвертом этапах на основании плана мероприятий ЮТИ ТПУ экспертом оцениваются формы взаимодействия ВУЗа и абитуриентов по выбранным критериям, после чего определяется выбор набора мероприятий индивидуально для каждого абитуриента, которые своим образом, дают наилучший результат по поступлению абитуриентов на соответствующие направления ВУЗа.
- На пятом этапе происходит оценка критериев проведенных мероприятий и рекомендаций эксперта. И отбираются наиболее результативные по направлениям мероприятия на основании которых виден факт зачисления абитуриентов, на соответствующее им направление в ВУЗе.

В состав СППР входят три главных компонента: подсистема данных, подсистема методов и моделей и подсистема программного обеспечения. Подсистема данных – собрание информации об абитуриентах, информации по психологическим тестам и информации по мероприятиям проводимых в ЮТИ ТПУ. Подсистема методов и моделей – собрание математических моделей, которые могут быть сделаны легкодоступными для пользователей. Подсистема программного обеспечения – обеспечивает простое взаимодействие между пользователем системы, базой данной и эталонным вариантом. Она управляет, хранением и восстановлением моделей в образцовой основе и интегрирует их с данными в базе данных. Также она обеспечивает графический, легкий в использовании, гибкий интерфейс пользователя, который поддерживает диалог между пользователем и СППР [3].

В результате данного исследования мы сформировали перечень форм взаимодействия по направлениям ЮТИ ТПУ, сформировали группы мероприятий по определенным направлением ЮТИ ТПУ согласно склонностям абитуриентов (IT-специальность, технические специальности, гуманитарные науки), провели мониторинг результативности проведенных мероприятий и построили СППР для выбора форм взаимодействия ВУЗа и абитуриента.

Литература.
1. Берестнева О.Г., Фисоченко О.Н., Моисеенко А.В., Щербаков Д.О. Разработка профориентационной системы поддержки принятия решения для абитуриентов Национального исследовательского Томского политехнического университета / Интернет-журнал НАУКОВЕДЕНИЕ, Номер 4, 2013, стр. 76.
2. Захарова А.А. Система поддержки принятия решений о стратегии инновационного развития региона / А.А. Захарова; Юргинский технологический институт – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 144 с.
3. Фисоченко О.Н., Ляхова Е.А. Построение профориентационной модели на основе дискриминантного анализа // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 6.

УПРАВЛЕНИЕ ЗАНЯТОСТЬЮ МОЛОДЕЖИ ПУТЕМ РАЗВИТИЯ МАЛОГО БИЗНЕСА И ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВА НА ПРИМЕРЕ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ

Е.В. Петров, к.т.н., доц., С.Г. Качаева, ст. лаборант
Томский государственный архитектурно-строительный университет
634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, тел. (3822)-65-51-02
E-mail: petrov1818@rambler.ru

Одной из фундаментальных в развитии и функционировании человеческого общества является проблема занятости. Переход к рынку и практика общественных преобразований в России вызвали значительный рост уровня безработицы. В числе безработных оказываются различные категории населения, в том числе и так называемые «слабые» демографические группы, к которым относится молодежь [1].

Необходимость анализа положения молодежи на российском рынке труда обуславливается рядом обстоятельств, важнейшим из которых является тот факт, что молодежь составляет около 35% трудоспособного населения Российской Федерации и представляют собой группу трудовых ресурсов, которая характеризуются относительно высокой трудовой и социальной мобильностью, а также имеет способность к постоянной смене трудовых функций и готовы к инновациям. Но, в тоже самое время, молодые люди характеризуются неустойчивостью жизненных позиций и поведения, излишней эмоциональностью, а также относительно низким профессиональным статусом и отсутствием необходимого производственного стажа и опыта работы [2].

В любом современном обществе молодежь является той социальной категорией, которая в наибольшей степени определяет будущее данного общества. Это связано с тем, что именно в молодые годы у каждого человека моделируется собственная жизнь и формируется свое собственное мировоззрение: определяются важнейшие жизненные ценности и цели, выбираются направления и средства их реализации, формируется отношение к миру и себе, государству и обществу. Поэтому, от того, каким будет каждый из этих выборов, напрямую зависит и то, какой будет молодежь сегодняшняя, которой предстоит в последующем созидать человека, общество и государство как ближайшего, так и отдаленного будущего. А это значит, что направление социального прогресса всегда определяется в настоящем, текущем периоде времени и находится в руках тех, кто сегодня молод. Это обстоятельство ведет к тому, что вопрос о молодежи становится вопросом стратегического характера.

На современном рынке труда усиливается напряженность, связанная с невостребованностью молодых людей, не получивших еще высшее образование, либо получивших высшее образование, но не имеющих опыта работы. Поэтому перспективным направлением обеспечения высокого уровня занятости населения, в том числе и для молодежи, является развитие малого бизнеса. Исходя из опыта развитых стран, становление и развитие предпринимательства, ведет к росту эффективности экономики страны, а это в свою очередь к повышению благосостояния общества. Наиболее значимая роль малого бизнеса и предпринимательства состоит в том, что его развитие способствует созданию новых рабочих мест, повышению занятости населения, а также внедрению в производство новых товаров и услуг. Путем развития малого бизнеса появляются дополнительные возможности улучшить условия жизни большей части людей, повысить уровень их жизни, здоровья, интеллектуальный и образовательный потенциал, а также решить наиболее острые социальные проблемы, в том числе и проблему безработицы.

Во многих регионах России малое предпринимательство развивается медленными темпами. Согласно проведенному Ассоциацией молодых предпринимателей России опросу среди выпускни-

ков вузов только 6–7% из них хотят открыть свое дело [3–4]. Доля малого бизнеса в российской экономике составляет от 16 до 22%, а в развитых странах этот показатель доходит до 60%. Это связано с тем, что при организации собственного бизнеса начинающие предприниматели сталкиваются с рядом проблем, такими как: поиск нового дела; сложность и непредсказуемость российской налоговой системы; недостаток собственных средств и трудности, связанные с привлечения финансирования; недостаток материальной базы и высокие кредитные ставки для формирования материальной базы за счет заемных средств; кадровые проблемы и недоверие партнеров к молодым предпринимателям; недостаток бизнес-образования в стране и другие. Важной особенностью малого бизнеса и предпринимательства выступает небольшой размер предприятий по объему и численности, что делает их, с одной стороны, гибкими в случае каких-либо изменений в экономике, а с другой это же делает их незащищенными перед различными форс-мажорными обстоятельствами, ввиду недостаточности или отсутствия резервных фондов на случаи непредвиденных обстоятельств. Все это делает малые предприятия сильно зависимыми от внешних воздействий [5–7]. С другой стороны, малый бизнес и предпринимательство инициирует и создает дополнительные рабочие места, расширяет сферу деловой активности, вовлекает в трудовую сферу деятельности тех граждан, которые в текущий период времени не обладают высокой конкурентоспособностью на рынке труда, в том числе и для молодежи. В виду того, что на малых и средних предприятиях существуют более гибкие условия труда, то это делает их более привлекательными для работников, особенно среди молодежи. Реагируя на изменение рыночной конъюнктуры, малые предприятия становятся участниками инновационных и инвестиционных процессов, способствуют качественному улучшению рабочей силы и создают новые рабочие места на базе новых технологий.

В настоящее время на проблему развития предпринимательства направлено особое внимание со стороны общества, различных институтов и государства. Предпринимательство – перспективная сфера деятельности, которая требует специальной подготовки, знаний и умений. Вовлечение молодежи в предпринимательство является стратегической задачей государства. Малый бизнес, в том числе молодежное предпринимательство, является обязательным условием развития реального сектора экономики.

Реализуемые на сегодняшний день программы государственной поддержки в сфере молодежного предпринимательства предоставляют весьма широкие возможности и позволяют повысить конкурентоспособность проектов молодых предпринимателей, которые нередко уступают в конкурентной борьбе крупным компаниям. В рамках реализации таких программ работают различные институты развития, бизнес-инкубаторы, а также бизнес-сообщества, призванные привлечь финансовые ресурсы частных инвесторов в молодежные проекты.

В рамках действующего законодательства Федеральной государственной службой занятости населения проводится работа по организации предпринимательской деятельности по различным направлениям. Содействие службы занятости населения в развитии предпринимательства и самозанятости имеет определенный адресный характер и направлено на поддержку конкретного человека и его идеи, желающего открыть свое собственное дело. Региональные органы службы занятости населения содействуют безработным в организации своего собственного дела, оказывая помощь в выборе соответствующей рыночной ниши, проводят тестирование в целях выявления деловых качеств, необходимых предпринимателю, оказывают консультационные услуги по составлению бизнес-планов, налоговому планированию, частично компенсируя расходы по организации собственного дела (оплата госпошлины, компенсация части процентной ставки по кредитам), формируя пакеты примерных учредительных документов и т.п.). Существует также ряд программ безвозмездного субсидирования.

Вопросам развития предпринимательства придается большое значение в рамках региональной политики поддержки предпринимательства и развития его соответствующей инфраструктуры. Современный этап развития экономики региона, в частности, Томской области, характеризуется возрастанием роли инновационной экономики. В качестве перспективы дальнейшего экономического роста в нашем регионе определяют интеллектуальные ресурсы в совокупности с новейшими технологиями. Этому способствует наличие в Томской области ведущих университетов, которые осуществляют подготовку высококвалифицированных кадров для инновационной экономики, а также развитие инновационных предприятий и бизнес-процессов на базе ведущих вузов г. Томска. В связи с этим, на первый план выходят проблемы обеспечения малого бизнеса и предпринимательства необходимыми квалифицированными кадрами для различных секторов экономики с высоким потенциалом устойчивого роста, а также соответствия структуры профессионального образования и спроса на рабочую силу.

Малое и среднее предпринимательство Томской области оказывает существенное влияние на развитие экономики региона, решение социальных проблем, увеличение численности занятых работников. Связано это с тем, что малое предпринимательство создает новые рабочие места, способствует увеличению налоговых поступлений в бюджет, производит товары и оказывает услуги, расширяет их ассортимент в соответствии с меняющимися запросами потребителей, формирует конкурентную среду, обеспечивает занятость и поддерживает активность населения. Существующие механизмы поддержки малого бизнеса и предпринимательства в Томской области способствуют созданию благоприятных условий для создания и развития малого и среднего бизнеса, созданию рабочих мест, эффективному взаимодействию субъектов малого и среднего предпринимательства с хозяйствующими субъектами других регионов России и зарубежными партнерами.

Сейчас в Томской области действует около 50 тысяч субъектов малого и среднего бизнеса, из которых 32 тысячи – индивидуальные предприниматели. Однако, как показывают статистические данные, значительная доля предпринимателей приходится на возрастную группу старше тридцати лет, в то время как молодежное предпринимательство составляет не более 20 процентов (рис. 1). Выходом из данной ситуации представляется создание на базе университетов малых инновационных предприятий в соответствии с Федеральным законом Российской Федерации № 217-ФЗ от 02 августа 2009 года с привлечением к работе на данных предприятиях студентов старших курсов и выпускников высших учебных заведений. Вовлечение молодежи в предпринимательскую деятельность систематически реализуется на территории Томской области с 2005 года. Томские программы поддержки малого и среднего бизнеса все более ориентируются на развитие молодежного предпринимательства. Наиболее важным элементом для старта молодого человека, является наличие предпринимательской среды. С одной стороны, это некая инфраструктура, например, те же самые бизнес-инкубаторы, а с другой стороны – предпринимательское сообщество. Молодого человека нужно сначала замотивировать, популяризировать предпринимательскую деятельность, показывать примеры успешной деятельности.

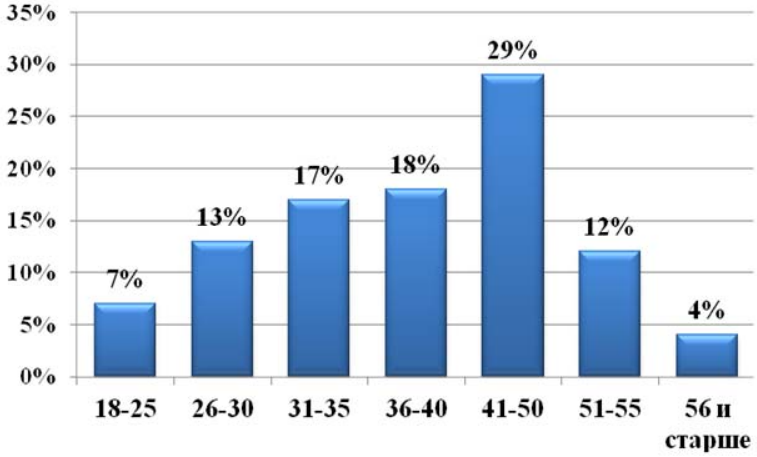


Рис. 1. Возрастная структура малого бизнеса в Томской области

Исследование рынка труда Томской области за период 2009–2011 гг. показало, что ситуация на нем оставалась довольно умеренной, резких колебаний уровня безработицы в области не наблюдалось, численность экономического активного населения за указанный период подвержена небольшим колебаниям. В 2009 г. численность экономически активного населения составляла 549,3 тыс.; 2010 г. – 558,6 тыс.; 2011 г. – 554,2 тыс., что не привело к резкому обострению ситуации на рынке труда региона. Количество обратившихся в службы занятости Томской области за содействием в поиске подходящей работы в 2009 г. составило 34812 человек, в 2010 г. – 54336 человек, в 2011 г. – 43747 человек (рис. 2). Причем в структуре безработных доля граждан до 30 лет составляла более 50%. Таким образом, решение проблем занятости среди молодежи, в том числе и развитие молодежного предпринимательства, является одной из основных задач на современном этапе.

Рис. 2. Динамика обращений в службы занятости Томской области за содействием в поиске подходящей работы.

Однако, эффективное решение проблем занятости молодежи возможно только в случае желания самой молодежи найти свое место на рынке труда и тесного взаимодействия образовательных учреждений, органов службы занятости населения и социальных служб. Оказание помощи в трудоустройстве молодым людям, обеспечение занятости молодежи, является актуальной и долгосрочной задачей службы занятости населения. Все более востребованным и актуальным становится организация собственного бизнеса. Развитие малого и среднего предпринимательства в Томской области в 2009–2011 гг. приобрело новый импульс благодаря реализации мероприятий по содействию самозанятости безработных граждан и стимулированию создания безработными гражданами, организовавшими собственное дело, дополнительных рабочих мест для трудоустройства безработных граждан в рамках программ дополнительных мероприятий, направленных на снижение напряженности на рынке труда.

Молодежь в большей степени проявляет желание заниматься предпринимательской деятельностью, нежели работать на кого-то. Государство активно помогает населению в организации малого бизнеса программами, субсидированием и т.п. Служба занятости населения предоставляет возможность безработным гражданам заняться предпринимательской деятельностью, оказывая им содействие в организации самозанятости. С 2009 года в Томской области в рамках программы государственной поддержки создания и развития субъектов малого и среднего бизнеса осуществляется комплекс различных мер и направлений деятельности. Одним из них является конкурс предпринимательских проектов «Первый шаг», который предназначен для субъектов малого предпринимательства, зарегистрированных гражданами из числа безработных или граждан, ищущих работу. Согласно данной программе, безработный гражданин, ищущий работу и желающий заниматься предпринимательской деятельностью, проходит тестирование, обучение и может получить первоначальный стартовый капитал на создание собственного дела. Другим направлением поддержки предпринимательства является конкурс предпринимательских проектов «Бизнес-старт». Победителям конкурса «Бизнес-старт», которые являются субъектами малого предпринимательства, предоставляется субсидия в размере до 500 тысяч рублей на условиях софинансирования со стороны предпринимателя в размере не менее 50 процентов от запрашиваемой суммы. Приоритетными направлениями поддержки являются проекты в сфере производства и оказания услуг, финансовых операций, операций с недвижимостью и добычи полезных ископаемых. Для того, чтобы одержать победу в конкурсе по предпринимательскому проекту, необходимо развитие производства, создание новых рабочих мест, а также наличие налоговых поступлений в консолидированный бюджет Томской области.

По результатам проведенных и выигранных конкурсов за последние годы, установлено, что субъекты малого предпринимательства заняли следующие направления деятельности: рынок лесопереработки, торговли, хлебопечения и пассажирских перевозок. В разрезе отраслевой структуры лидирующая роль принадлежит торговой сфере – 51%, далее следуют лесозаготовка и лесопереработка –

19%, сельское хозяйство и оказание транспортных услуг. Данная положительная динамика объясняется активным сотрудничеством Администрации Томской области, Центра занятости населения с субъектами частного предпринимательства и созданием для них режима наибольшего благоприятствования.

Таким образом, можно сделать заключение о том, что организация самозанятости и малого предпринимательства при содействии центра занятости населения – это своевременная мера по снятию напряженности на рынке труда региона. Увеличение количества обращений безработных граждан за помощью в организации предпринимательской деятельности наглядно демонстрирует эффективность мер проводимых Центром занятости населения при поддержке государства.

Литература.

1. Анисимова А.О., Кибякова Я.С., Самсонов Л.В. Молодежь на рынке труда // Вестник КАСУ. – 2007. – № 3. – С. 62 – 71.
2. Ванина В.В. Содействие занятости и трудоустройству молодежи // Современная молодежь: проблемы и перспективы развития. Материалы международной межвузовской студенческой научно-практической конференции, посвященной году молодежи в РФ. – Москва, 2009. – С. 156 – 160.
3. Вебер Э.И. Положение российской молодежи на рынке труда // Общество: социология, психология, педагогика. – 2011. – № 1–2. – С. 80 – 84.
4. Петров Е.В. Влияние различных факторов на тепловые характеристики оконных заполнений: Дисс…канд. техн. наук. – Томск, 2000. – 172 с.
5. Развитие молодежного предпринимательства в Томской области // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.sibacc.ru/docs/business/ 20071219razvitie.ppt
6. Технологии социальной работы: учебник / под. ред. В.И. Жукова. – М.: Изд-во РГСУ, 2011. – 388 с.
7. Гныря А.И., Низовцев М.И, Петров Е.В., Терехов В.И. Термическое сопротивление заполнений оконных блоков // Известия высших учебных заведений. Строительство. 1998. – № 11–12. – С. 90–94.
8. 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.
9. Nizovtsev M.I., Terekhov V.I., Gnyrya A.I., Petrov E.V. Experimental investigation of the effect of heat release in an interglass space on the thermal characteristics of the a glazed windows // Heat Transfer Research. 2002. – Т.33, №5–6. – С. 334–341.
10. Низовцев М.И., Терехов В.И., Петров Е.В., Гныря А.И. Влияние обогрева межстекольного пространства на сопротивление теплопередачи стеклопакета // Известия высших учебных заведений. Строительство. 1999. – № 11. – С. 74–79.
11. Петров, Е.В. Влияние различных факторов на тепловые характеристики оконных заполнений: Автореф. дисс…канд. техн. наук. – Томск, 2000. – 22 с.
12. Петров Е.В., Терехов В.И., Низовцев М.И. Исследование обогрева межстекольного пространства при тройном остеклении // Вестник ТГАСУ. 2000. – № 1. – С. 221–227.

СТРУКТУРА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ И РИСКОВ ПРИ ОЦЕНКЕ ОБЛАЧНЫХ ИТ-СЕРВИСОВ

С.В. Разумников, ассистент
Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского Томского политехнического университета
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел. 8(38451)64942
E-mail: demolove7@inbox.ru

Введение

За последние года в ИТ отрасли начинает развиваться новая парадигма – это облачные вычисления. Облачные вычисления – это комплексное решение, предоставляющее ИТ-ресурсы в виде сервиса. Это основанное на интернет-технологиях решение, в котором ресурсы общего пользования предоставляются аналогично распределению электроэнергии по проводам [3, 4, 6].

В современных условиях в области внедрения облачных технологий остро встала проблема недостаточной проработанности комплексной методологической базы и инструментальной среды поддержки принятия решений, основанная на процессах оценки эффективности и рисков [2].

Главной особенностью стратегических решений является то, что они принимаются в условиях высокой неопределенности среды и неточности информации для анализа. При неполноте и невысо-

ком качестве исходной информации ЛПР вынужден отойти от точных числовых оценок, заменяя их качественными характеристиками ситуации. Интуиция и знания руководителя (эксперта) являются главными решающими факторами при выборе облачного приложения. При этом руководитель при принятии решений всё-таки хочет получить количественные оценки возможных альтернатив. Таким образом, существует проблема соединения в методике анализа «количества» и «качества» [7].

Эту проблему можно решить, применив методы системного анализа [8, 10], позволяющих моделировать плавное изменение свойств объекта, а также неизвестные функциональные зависимости, выраженные в виде качественных связей [1]. Такие модели позволяют использовать при оценке альтернатив и принятии решений качественную экспертную информацию наравне с количественной, представлять информацию в виде экспертной оценки, ранжировать их и определять на основе этой информации приоритетность выбора приложений.

Решения о переходе корпоративных приложений в облаке можно отнести к разряду стратегических, так как они связаны со значительными затратами ресурсов, имеют чрезвычайные долгосрочные последствия для предприятия, связаны со значительной неопределенностью среды принятия решений.

Структура показателей эффективности и рисков при оценке облачных ИТ-сервисов.

Предлагается следующий метод оценки эффективности применения облачных ИТ-сервисов, в основе которого лежит оценка 6-и групповых показателей. Их обзор приведен в таблице 1.

Таблица 1

Классификация критериев оценки эффективности применения облачных ИТ-сервисов в корпоративных информационных системах

Критерии и показатели эффективности	**Роль показателя в оценке**	**Алгоритм расчёта критерия (правило расчёта показателя)**
1. Эффективность для бизнеса		
Рост скорости (гибкости)	Скорость помогает снизить расходы на подключение новых пользователей (масштабирование) и нового функционала	В этом критерии оценивается – происходит ли повышение значений (оптимизация) приведенных показателей? Если да, то можно говорить об эффективности применения облачного сервиса для бизнеса. *Алгоритм расчета Критерия «Эффективность для бизнеса»:* 1. Определение качественных показателей эффективности. 2. Перевод показателей в баллы в соответствии со шкалой (таблица 2). 3. Расчёт критерия по аддитивной формуле.
Производительность работы пользователей	Определяется сокращение затрат и сроков на обработку инцидентов и изменений	
Оптимизация использования ресурсов	Устанавливается сокращение простоев вычислительных систем, т. к. компании используют только те вычислительные ресурсы, которые необходимы	
Критичность для бизнеса	Определяется важность облачного приложения при основании нового бизнеса или выходе на новый рынок	
2. Финансовые преимущества		
Расходы на облачные сервисы	Затраты на внедрение сервиса (капитальные, операционные и потенциальные расходы)	*Алгоритм расчета Критерия «Финансовые преимущества»:* 1. Определение затрат и выгод на этапе запуска, операционных и потенциальных расходах. 2. Перевод количественных показателей в баллы в соответствии с формулой (3). 3. Расчёт общего балла критерия по (4).
Экономия средств	Оценка сокращения капитальных и операционных затрат от облачных сервисов	

Критерии и показатели эффективности	**Роль показателя в оценке**	**Алгоритм расчёта критерия (правило расчёта показателя)**
3. Критерий технического приоритета		
Интеграция	Определяется простота интеграции	*Алгоритм расчета Критерия «Технический приоритет»:* 1. Определение качественных показателей технической возможностей применения облачных технологий. 2. Перевод показателей в баллы в соответствии со шкалой (таблица 2). 3. Расчёт критерия по аддитивной формуле.
Возможность миграции приложений в облако	Функциональная сложность миграции и размер приложений	
Технологический стек	Среда работы приложения (база данных, операционная система)	
Дизайн приложения	Удобство интерфейса и использование виртуализации	
4. Критерий надежности работы и информационной безопасности		
Сохранность хранимых данных	Работа сервиса-провайдера по обеспечению сохранности хранимых данных	*Алгоритм расчета Критерия «Надежность работы и информационная безопасность»:* 1. Сравнение с требуемыми показателями и стандартами, исходя из ответов провайдера облачного ИТ-сервиса. Главным принципом сравнения является принцип обеспечения сопоставимости результатов на основе принятой шкалы экспертных оценок (таблица 2). 2. Бальная оценка экспертом степени соответствия требованиям безопасности облачных вычислений в соответствии со шкалой. Для назначения баллов используется десятичная шкала от 0 до 1. 3. Расчет критерия по аддитивной формуле (5).
Защита данных при передаче	Обеспечение сохранности данных провайдером при их передаче (это должно быть как внутри облака, так и на пути от/к облаку)	
Аутентификация	Распознание провайдером подлинности клиента	
Изоляция пользователей	Отделение данных и приложений одного клиента от данных и приложений других клиентов	
Бесперебойная работа	Неспособность гарантировать время бесперебойной работы, оговоренное в контракте	
5. Критерий степени риска использования облачного сервиса		
Нормативно-правовые вопросы	Степень использования провайдером законов и правил, применимым к сфере облачных вычислений	Аналогично нахождению *«Критерия надежности работы и информационной безопасности»*
Реакция на происшествия (привязка к поставщику)	Реагирование провайдера на происшествия, степень вовлечения клиентов в инцидент; возможность передачи некоторых рисков облачному провайдеру	
Несовместимость	Определяется совместимость облачных сервисов с имеющейся ИТ-инфраструктурой	

Критерии и показатели эффективности	**Роль показателя в оценке**	**Алгоритм расчёта критерия (правило расчёта показателя)**
Восстановление конфиденциальности и данных	Оговаривается в контракте, каким образом будет производиться восстановление данных в случае инцидента	
Переплата по схеме pay-as-you-go	Привлеченные дополнительные ресурсы могут остаться подключенными после окончания пикового спроса	
6. Критерий влияния психологического фактора		
Удовлетворённость сотрудников предприятия	Влияние мобильности и высокого быстродействия на сотрудников; сокращение времени отклика на инциденты и запросы	*Алгоритм расчета Критерия влияния психологического фактора:* 1. Каждый эксперт (руководитель структурного подразделения/отдела) независимо от других экспертов проводит оценку своего коллектива по приведенным пяти показателям по 10-бальной шкале. Баллы могут проставляться на основе проведенного анкетирования. В результате составляется матрица оценок. 2. Составляется матрица нормированных оценок. 3. Вычисляются искомые веса показателей, и рассчитывается критерий по аддитивной формуле (6).
Удовлетворённость клиентов предприятия	Взаимодействия между предприятием и его клиентами; время реакции на запросы клиентов	
Индекс готовности к инновациям (изменениям)	Степень готовности сотрудников к внедрению новых технологий на производстве	
Умственные и интеллектуальные способности	Выявление воли, способности к монотонной работе, усидчивости; выявление возможности памяти, внимания, мышления сотрудника	
Показатель мотивации	Влияние мотивирующих факторов на работу	

Интегральная модель оценки эффективности и рисков облачных ИТ-сервисов

Расчет критериев и интегрального показателя «Эффективность облачного сервиса» проводится по аддитивной формуле:

$$K_{ecs} = (\sum_{1}^{6} a_i \cdot П_i) \cdot 100\% \quad (1)$$

$$K_{ecs} = (a_1 \cdot Эб + a_2 \cdot Фп + a_3 \cdot Тп + a_4 \cdot Иб + a_5 \cdot Ср + a_6 Пф) \cdot 100\%, \quad (2)$$

где K_{ecs} – Интегральный показатель «Эффективность облачного сервиса»;

Эб – значение критерия «Эффективность для бизнеса»;

Фп – значение критерия «Финансовые преимущества»;

Тп – значение критерия «Технический приоритет»;

Иб – значение критерия «Надежность работы и информационная безопасность»;

Ср – значение критерия «Степень риска использования облачного сервиса»;

Пф – значение критерия «Психологический фактор»;

$a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6$ – коэффициенты весомости.

Для обеспечения соответствия показатели имеют ранг (коэффициенты весомости). При определении коэффициентов эксперт должен принимать во внимание диапазон шкалы показателей и

среднестатистические бальные оценки показателя. Результаты исследований показывают, что имеются различия между весами, которые назначает сам эксперт, и теми, которые выявляются на основе его действий. Обычно могут недооцениваться весомости наиболее существенных показателей и завышаться у незначительных. Поэтому при назначении весов для сглаживания субъективизма используется метод попарных сравнений.

Таблица 2

Шкала предпочтительности показателей (критериев)

Значение показателя	Вербальное значение показателя эффективности облачного сервиса
1	Показатель эффективности применения облачного сервиса очень высокий (превышение над базовым в 2 раза и более)
1,00…0,75	Показатель эффективности довольно высокий (превышение над базовым на 75-100%)
0,75…0,5	Показатель эффективности вроде бы высокий (превышение над базовым на 50-75 %)
0,5	Средний уровень показателя эффективности (на уровне базового)
0,5…0,25	Показатель эффективности вроде бы низкий (отставание от базового на 0-25 %)
0,25…0	Показатель эффективности довольно низкий (отставание от базового от 25-50 %)
0	Показатель эффективности очень низкий (отставание от базового на 100 %)

Заключение

В статье предложена интегральная модель оценки эффективности и рисков облачных ИТ-сервисов. В отличие от существующих моделей, здесь предлагается оценить количественные и качественные критерии эффективности и при помощи экспертных оценок получить бальную оценку показателей, свернув их в общий интегральный показатель «Эффективность внедрения облачного ИТ-сервиса». В модели осуществляется оценка возможности перехода ИТ-приложений в облако с учетом таких аспектов, как: бизнес-ценность, техническая возможность и степень риска. Применение такого подхода для оценки позволяет использовать количественные и качественные критерии в процессе принятия решений, формализовывать опыт и знания экспертов. Интегральный показатель K_{ecs} позволяет получить рекомендации по принятию решения о возможности внедрения облачного ИТ-сервиса на предприятие.

Предложенная модель оценки позволяет осуществлять оценку эффективности и рисков предполагаемого облачного сервиса и определять возможность существующего приложения для миграции его в облако, что является актуальной задачей в условиях ограниченного ИТ-бюджета предприятия.

Литература.

1. Chernysheva T. Y. Preliminary risk assessment in it projects // Applied Mechanics and Materials. - 2013 - Vol. 379. - p. 220-223.
2. Razumnikov S.V. Assessing efficiency of cloud-based services by the method of linear programming // Applied Mechanics and Materials. - 2013 - Vol. 379. - p. 235-239.
3. Maricela-Georgiana Avram (Olaru) Advantages and challenges of adopting cloud computing from an enterprise perspective // Procedia Technology 12 (2014). – p. 529 – 534.
4. Разумников С. В. Анализ возможности применения методов Octave, RiskWatch, Cramm для оценки рисков ИТ для облачных сервисов [Электронный ресурс] // Современные проблемы науки и образования. - 2014 - №. 1. - С. 1. - Режим доступа: http://www.science-education.ru/115-12197.
5. [5] Разумников С.В., Фисоченко (Кирдяшова) О.Н., Лунегов В.Ю. Информационная система оценки возможности корпоративных ИТ-приложений для миграции в облачную среду [Электронный ресурс] // Современные проблемы науки и образования. - 2014 - №. 4. - С. 1. - Режим доступа: http://www.science-education.ru/118-13924.
6. Yaojun Han, Xuemei Luo Hierarchical scheduling mechanisms for multilingual information resources in cloud computing // AASRI Procedia 5 (2013). – p. 268-273.
7. Zakharova A.A. Fuzzy swot analysis for selection of bankruptcy risk factors. Applied Mechanics and Materials Volume 379, 2013, Pages 207-213.
8. Maslov A. V. Competencies of a corporate knowledge manager // Applied Mechanics and Materials. - 2013 - Vol. 379. - p. 214-219.
9. Razumnikov S.V., Zakharova A.A., Kremneva M.S. A model of decision support on migration of enterprise IT-applications in the cloud environment // Applied Mechanics and Materials. - 2014 - Vol. 682. - p. 600-605.
10. Силич В.А., Силич И.П. Теория систем и системный анализ: Учебное пособие. – Томск: Томский политехнический университет, 2010. – 281 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЛП-ПОИСКА В ЗАДАЧАХ ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

И.Н. Статников, к.т.н., в.н.с., Г.И. Фирсов, с.н.с.
Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН, Москва
101990, Москва, Малый Харитоньевский пер., 4, тел. (495) 624-00-72
E-mail: firsovgi@mail.ru

Проведение математических экспериментов, т.е. математическое моделирование, должно быть целенаправленным и оптимальным (хотя бы в смысле затрат машинного времени, что далеко не всегда является главным). Специфика различных областей научных исследований привела к разработке множества методов и их модификаций планирования экстремальных экспериментов. При исследовании машин и механизмов специфика этой области научного знания может быть обрисована следующим образом. Физические принципы и законы классической механики позволяют в большинстве случаев строить математические модели функционирования современных проектируемых технических систем. Такие модели представляют собой совокупность обыкновенных дифференциальных (линейных или нелинейных) уравнений, дифференциальных уравнений в частных производных, интегральных, интегро–дифференциальных уравнений и различных функциональных ограничений. Наличие таких (имитационных) моделей и современной вычислительной техники позволяет уже на предварительной стадии исследования изучить особенности функционирования, т.е., динамические свойства проектируемого устройства. С учетом рассмотренной специфики исследования задач механики машин авторами был предложен метод ПЛП – поиска (планируемого ЛП – поиска) [1-3], позволяющий, с одной стороны, на основе проведения вычислительных экспериментов осуществить квазиравномерный просмотр области исследуемых параметров $G(\overline{\alpha})$, а, с другой стороны, в результате специального планирования этих экспериментов применить количественные оценки влияния варьируемых параметров α_j на анализируемые свойства машины (оценки, разработанные в математической статистике).

При использовании имитационного моделирования в задачах анализа и синтеза динамических систем сталкиваются с проблемой получения большого количества информации, а отсюда- и с проблемами обработки и интерпретации получаемых результатов. Один из возможных путей решения указанных проблем - свертывание полученной информации на основе статистической обработки результатов имитационного моделирования. В частности, широко используются зависимости в виде обобщенного. степенного полинома Колмогорова - Габора [4]

$$\hat{\Phi}_k(\overline{\alpha}) = \beta_0 + \sum_1^r \beta_j \alpha_j + \sum_1^r c_j \alpha_j^s + \sum_{i \neq j}^r d_{ij} \alpha_j^s \alpha_i^t, \tag{1}$$

где $\hat{\Phi}_k(\overline{\alpha})$ - значение k-го критерия качества системы ($k = \overline{1,m}$); α - вектор конструктивных параметров системы ($\overline{\alpha} = \alpha_1, ..., \alpha_r$); s и t - числа натурального ряда, большие или равные двум; $j = \overline{1,r}$; β_0, β_j, c_j и d_{ij} - коэффициенты, подлежащие оцениванию по результатам экспериментов. Введем вектор коэффициентов $\overline{b} = (b_1, ..., b_p)$, оцениваемых в выражении (1), где $p = \overline{1, n-1}$, а n в общем случае определяется формулой

$$n = (r^2 + 3r + 2)/2. \tag{2}$$

Из (2) следует, что уже при $r >> 3$ $n >> 10$. Очевидно, что такая степенная зависимость, полезная в отдельных случаях, чаще всего неэффективна из-за громоздкости выражения (1) и, следовательно, не поддается оперативной интерпретации. Налицо проблема уменьшения числа членов выражения (1), прямо связанная с уменьшением размерности r пространства варьируемых параметров α_j. В методе ПЛП-поиска эта проблема решается на основе построенной процедуры проведения экспериментов и использования дисперсионного анализа. Так что полагаем, что реальное число параметров $r' < r$. Стандартным методом при определении неизвестных коэффициентов выражения (1) является метод наименьших квадратов (МНК). Используя процедуру МНК (1), получим относительно b_p систему линейных уравнений вида

$$dQ/db_p = 0, \tag{3}$$

где $Q = \sum_{l=1}^N [\hat{\Phi}_{k,l}(\overline{\alpha}) - \Phi_{k,l}^{Э}(\overline{\alpha})]^2$; N - количество экспериментов на ЭВМ, $\Phi_{k,l}^{Э}(\overline{\alpha})$ - экспериментальное значение критерия качества, полученное на ЭВМ в результате расчетов на математической модели исследуемой динамической системы.

Для представления о виде системы уравнений (3) распишем первое уравнение этой системы:

$$Nb_0 + b_1\sum_1^N \alpha_{1,l} + \ldots + b_r\sum_1^N \alpha_{r,l} + b_{r+1}\sum_1^N \alpha_{1,l}^s + \ldots + b_{2r}\sum_1^N \alpha_{r,l}^s + b_{2r+1}\sum_1^N \alpha_{1,l}^s\alpha_{2,l}^t + \ldots + b_{n-1}\sum_1^N \alpha_{r-1,l}^s\alpha_{r,l}^t = \sum_1^N \Phi_{k,l}^{Э}. \quad (4)$$

Уже из уравнения (4) видно, что для нахождения коэффициентов b_p необходимо подсчитать различные функции параметров $\varphi(\alpha_j)$, например, $\sum_1^N \alpha_{r,l}^s$, $\sum_1^N \alpha_{r-1}^s\alpha_{r,l}^t$. Кроме того, необходимо подсчитывать и образующиеся правые части уравнений (3). При произвольном размещении векторов $\bar{\alpha}$ в пространстве варьируемых параметров все указанные функции $\varphi(\alpha_j)$ и правые части обычно подсчитываются ЭВМ и затем используют какую-либо стандартную процедуру решения системы линейных уравнений.

В случае исследования динамической системы на ЭВМ с помощью ПЛП-поиска [2] представляется возможным всякого вида функции $\varphi(\alpha_j)$ подсчитать заранее по формулам, предлагаемым ниже. Это оказывается возможным, так как в ПЛП-поиске все количество экспериментов N проводится на ЭВМ сериями по M_j экспериментов в каждой, т.е. $N = M_jT$, где T - количество серий экспериментов, и используются псевдослучайные числа q_{il} ЛП$_\tau$-последовательности [5].

Рассмотрим подробнее вывод формулы $\varphi(\alpha_j) = \sum_1^{M_j} \alpha_{j,l}$. Запишем выражение для вычисления $\alpha_{j,l}$:

$$\alpha_{j,l} = \alpha_{j*} + q_{j,l}\,(\alpha_{j**} - \alpha_{j*}), \quad (5)$$

где $0 < q_{j,l} < 1$, $\alpha_{j,l} \in (\alpha_{j,*}, \alpha_{j,**})$ и $\Delta\alpha_j = \alpha_{j**} - \alpha_{j*}$. В ПЛП- поиске $M_j = 2^{2\nu}$(ν=2,3,...,), а сам индекс l пробегает значения от 2^ν до $2^{\nu+1}$-1. С учетом сказанного выражение для $\varphi(\alpha_j)$ примет вид

$$\varphi(\alpha_j) = \sum_{2^\nu}^{2^{\nu+1}-1} \alpha_{j,l} = \sum_{2^\nu}^{2^{\nu+1}-1} (\alpha_{j0} + q_{j,l}\Delta\alpha_j) = 2^\nu\alpha_{j*} + \Delta\alpha_j \sum_{2^\nu}^{2^{\nu+1}-1} q_{j,l}. \quad (6)$$

На отрезке [2^ν; $2^{\nu+1}$] число $q_{j,l}$ представляется в виде дроби

$$q_{j,l} = [2(l - 2^\nu) + 1]/2^{\nu+1}. \quad (7)$$

С учетом (7) выражение (6) принимает вид

$$\varphi(\alpha_j) = 2^\nu\alpha_{j,*} + \Delta\alpha_j \sum_{l=2^\nu}^{2^{\nu+1}-1} \frac{2(l-2^\nu)+1}{2^{\nu+1}} = 2^\nu\alpha_{j,*} + \frac{\Delta\alpha_j}{2^{\nu+1}}[1+3+\ldots+(2^{\nu+1}-1)] = \frac{M_j}{2}(\alpha_{j*} + \alpha_{j,**}). \quad (8)$$

Аналогично (8), используя формулы (5) и (7), можно найти выражения для суммы $\sum_1^N \alpha_{j,l}^s$ при любом $s \geq 1$. В табл. 1 приведены формулы для этих сумм при наиболее употребительных значениях s. Для того чтобы получить значения $\varphi(\alpha_j)$ по всем N экспериментам на ЭВМ, нужно значения, вычисленные по табличным формулам, умножить на число серий T.

Таблица 1

Формулы для расчета сумм $\varphi(\alpha_j)$

$\varphi(\alpha_j)$	Формула
$\sum_{M_j}^{2M_j-1} \alpha_{j,l}.$	$0,5(\alpha_{j,*} + \alpha_{j,**})M_j$
$\sum_{M_j}^{2M_j-1} \alpha_{j,l}^2.$	$M_j\alpha_{j,*}\alpha_{j,**} + (\Delta\alpha_j)^2(4M_j^2 - 1)/12M_j$
$\sum_{M_j}^{2M_j-1} \alpha_{j,l}^3.$	$M_j\alpha_{j*}^3 + \frac{\Delta\alpha_j}{24M_j}[6M_j^2(3\alpha_{j*}^2 + 2\alpha_{j*}\alpha_{j**} + \alpha_{j**}^2) - 3\Delta\alpha_{j*} + \alpha_{j**})]$
$\sum_{M_j}^{2M_j-1} \alpha_{j,l}^4.$	$M_j\alpha_{j*}^3(2\alpha_{j**} - \alpha_{j*}) + \frac{(\Delta\alpha_j)^2}{240M_j^2}[48M_j^4(\alpha_{j**}^2 + 3\alpha_{j*}\alpha_{j**} + 6\alpha_{j*}^2) - 40M_j^2(\alpha_{j**}^2 + \alpha_{j*}\alpha_{j**} + \alpha_{j*}^2) + 7(\Delta\alpha_j)^2]$

Иначе дело обстоит с суммами вида $\sum_1^N \alpha_{j,l}^s\alpha_{i,l}^t$. Точных выражений для подсчета таких сумм нельзя найти. Однако при реализации матрицы планируемых экспериментов сериями с большим

числом экспериментов в каждой (M_j = 16, 32,...) оказалось, что эти суммы можно вычислять по приближенным формулам с достаточной степенью точности:

$$\sum_{\substack{j\neq i\\ l=M_j}}^{2M_j-1} \alpha_{j,l}^s \alpha_{i,l}^t \approx M_j E(\alpha_{j,l}^s \alpha_{i,l}^t), \tag{9}$$

где $E(\alpha_{j,l}^s \alpha_{i,l}^t)$ - математическое ожидание величины $y_l = \alpha_{j,l}^s \alpha_{i,l}^t$. Учитывая, что $\alpha_{j,l}$ и $\alpha_{i,l}$ - независимые псевдослучайные равномерно распределенные числа, вычисляемые по формуле (5), для $E(\alpha_{j,l}^s \alpha_{i,l}^t)$ получаем следующее выражение:

$$E(\alpha_{j,l}^s \alpha_{i,l}^t) = E(\alpha_{j,l}^s) E(\alpha_{i,l}^t) = \frac{(\alpha_{j**}^{s+1} - \alpha_{j*}^{s+1})(\alpha_{i**}^{t+1} - \alpha_{i*}^{t+1})}{(s+1)(t+1)\Delta\alpha_j \Delta\alpha_i}. \tag{10}$$

При подсчете сумм Σy_i, по всем N экспериментам формула (9) приобретает следующий вид:

$$\sum_1^T \Big(\sum_{M_j}^{2M_j-1} \alpha_{j,l}^s \alpha_{i,l}^t \Big) \approx M_j T E(\alpha_{j,l}^s \alpha_{i,l}^t). \tag{11}$$

Погрешность вычислений по формуле (11) оценим следующим образом:

$$\delta = \left| 1 - [\sum_1^T (\sum_{M_j}^{2M_j-1} (\alpha_{j,l}^s \alpha_{i,l}^t))] / M_j T E(\alpha_{j,l}^s \alpha_{i,l}^t) \right|. \tag{12}$$

Очевидно, что $E(\delta) = 0$. Вычислим дисперсию $\sigma^2(\delta)$:

$$\sigma^2(\delta) = \sigma^2 [\sum_1^T [\sum_{M_j}^{2M_j-1} \alpha_{j,l}^s \alpha_{i,l}^t]] / [M_j^2 T^2 E^2 (\alpha_{j,l}^s \alpha_{i,l}^t)]. \tag{13}$$

Для внутренней суммы числителя в формуле (13) можно записать

$$\sigma^2 (\sum_{M_j}^{2M_j-1} \alpha_{j,l}^2 \alpha_{i,l}^2) = \frac{(\alpha_{j**}^{2s+1} - \alpha_{j*}^{2s+1})(\alpha_{i**}^{2t+1} - \alpha_{i*}^{2t+1})}{(2s+1)(2t+1)\Delta\alpha_j \Delta\alpha_i} - \frac{(\alpha_{j**}^{s+1} - \alpha_{j*}^{s+1})^2 (\alpha_{i**}^{t+1} - \alpha_{i*}^{t+1})^2}{(s+1)^2 (t+1)^2 (\Delta\alpha_j \Delta\alpha_i)^2}. \tag{14}$$

Подстановка (14) в (13) дает выражение для дисперсии $\sigma^2(\delta)$:

$$\sigma^2(\delta) = [\frac{(s+1)^2 (t+1)^2 (\alpha_{j**}^{2s+1} - \alpha_{j*}^{2s+1})(\alpha_{i**}^{2t+1} - \alpha_{i*}^{2t+1}) \Delta\alpha_j \Delta\alpha_i}{(2s+1)(2t+1)(\alpha_{j**}^{s+1} - \alpha_{j*}^{s+1})^2 (\alpha_{i**}^{t+1} - \alpha_{i*}^{t+1})^2} - 1] \frac{1}{M_j T}. \tag{15}$$

Как видно из формулы (15), величина $\sigma^2(\delta)$ не зависит от размерности r пространства варьируемых параметров α_j, симметрична относительно показателей s и t. Из (15) также следует, что дисперсия ошибки δ зависит от величин $\Delta\alpha_j$ и $\Delta\alpha_i$ и при $M_j T \to \infty$ стремится к нулю. Однако из формул (10) и (12) видно, что если $|\alpha_{j*}| = |\alpha_{j**}|$ или $|\alpha_{i*}| = |\alpha_{i**}|$ и при этом хотя бы один из показателей степени s или t есть нечетное число, то формулой (11) нельзя пользоваться, так как в соответствии с формулой (15) $\sigma^2(\delta) \to \infty$. Анализ функциональных зависимостей $\sigma(\delta)$ от T при различных M_j, проведенных для случаев $s = t = 1$ и $s = 2$ и $t = 1$, показывает, что $\sigma(\delta)$ значительно уменьшается после 5 - 7 серий, в дальнейшем с увеличением T несущественно меняется. Для значительного уменьшения дисперсии ошибки δ нужно увеличивать число экспериментов M_j в серии.

Изложенный подход применялся для исследования чувствительности критериев к изменениям параметров в задаче многокритериального проектирования ткацкого станка по акустическим критериям [6]. В работе [7] на основе использования метода планируемого эксперимента ПЛП-поиска в пространстве варьируемых параметров η_j $(1,...,6)$ была выделена численным путем область $G(\overline{\eta})$, где с вероятностью $P \geq 95$ % можно отыскать варианты виброзащитного покрытия несущей системы ткацкого станка, хорошие с естественной точки зрения. Иначе говоря, хорошим полагается вариант, у которого нормированные критерии качества λ_k (κ = 1,2), оценивающие уровень шума ($0 \leq \lambda_1 \leq 1$) и расход виброизолирующего материала ($0 \leq \lambda_2 \leq 1$), были бы близки к идеальному, хотя и нереальному варианту покрытия с $\lambda_1^* = \lambda_2^* = 1$. В качестве критериев выделения области $G(\overline{\eta})$ в пространстве варьируемых параметров использовались функция полезности $\Phi_3(\overline{\eta}) = \sum_1^2 c_k \lambda_k$ и функция $\Phi_n(\overline{\eta}) = |c_1\lambda_1 - c_2\lambda_2| / \sqrt{c_1^2 + c_2^2}$, минимизирующая численное неравенство в значениях λ_1 и λ_2,. Здесь c_1

и c_2 - весовые коэффициенты критериев λ_1 и λ_2 удовлетворяющие условию $\sum_1^2 c_k = 1$. В дальнейшем для упрощения анализа и расчетов принято $c_1 = c_2 = 0{,}5$.

О том, что область $G(\overline{\eta})$ действительно содержит варианты, удовлетворяющие определению хорошего варианта, свидетельствуют результаты численного эксперимента, проведенного в этой области. Было просчитано на ЭВМ 190 вариантов, у которых максимальные и минимальные значения λ_1 и λ_2 определили следующие интервалы изменения:

$$0{,}690 \le \lambda_1 \le 0{,}952 \text{ и } 0{,}539 \le \lambda_2 \le 0{,}835. \qquad (16)$$

Такой итоговый результат по работе [7] обладает тем недостатком, что при решении конкретной задачи проектирования виброзащитного устройства знание границ области $G(\overline{\eta})$ само по себе еще мало приносит пользы. Ведь для каждого нового варианта из этой области нужно заново проводить все расчеты, и при этом все остается нерешенным вопрос о чувствительности λ_1 и λ_2 к вариациям коэффициентов демпфирования η_j.

Поэтому ниже решается задача восстановления непосредственной функциональной связи между критериями λ_1 и λ_2 и параметрами η_j в выделенной области $G(\overline{\eta})$. Успех в построении такой зависимости связан с глубиной физических представлений о моделируемом явлении и удачным выбором ее вида, полнотой экспериментальных данных. Прежде чем перейти к описанию построения таких зависимостей, отнормируем параметры η_j, границы изменения которых образуют область $G(\overline{\eta})$:

$$\begin{gathered} 0{,}010 \le \eta_1 \le 0{,}055;\ 0{,}010 \le \eta_2 \le 0{,}060;\ 0{,}010 \le \eta_3 \le 0{,}156; \\ 0{,}010 \le \eta_4 \le 0{,}105;\ 0{,}015 \le \eta_5 \le 0{,}156;\ 0{,}024 \le \eta_6 \le 0{,}156. \end{gathered} \qquad (17)$$

Нормированные значения параметров η_{nj} вычисляем по формуле $\eta_{nj} = (\eta_j - \eta_j^*)/(\eta_j^{**} - \eta_j^*)$, а область $G(\overline{\eta})$ трансформируется при этом в единичный шестимерный гиперкуб K^6 с ребром [0; 1].

Построение полиноминальных зависимостей $\lambda_1(\overline{\eta}_n)$ и $\lambda_2(\overline{\eta}_n)$ связано с использованием методов множественной регрессии. Однако такие зависимости часто практически малоценны хотя бы из-за большого числа параметров и их сочетаний, входящих в эти зависимости.

В данном случае был использован другой путь. Известно, что произведение $V = \Pi\,\eta_{nj}$ косвенно характеризует расход виброизолирующего материала. Известно также, что рост величины V приводит *к* увеличению λ_1 и уменьшению λ_2,. Поэтому для построения были выбраны следующие виды зависимостей:

$$\tilde{\lambda}_{1i} = a\lg(V_i + b) + c\,,\ \tilde{\lambda}_{2i} = d - e\lg(V_i + f). \qquad (18)$$

Минимизируя выражения $(\lambda_{ei,2} - \tilde{\lambda}_{2i})^2$ и $(\lambda_{ei,1} - \tilde{\lambda}_{1i})^2$ с заданной точностью δ для каждого $i = \overline{1,80}$, находят свой набор параметров (*a*; *b; c*) и (*d*; *e; f*), и затем по 80 реализациям значения a_i, b_i, c_i, d_i, e_i, f_i усредняются. Здесь $\lambda_{ei,1}$ и $\lambda_{ei,2}$ - значения критериев λ_1 и λ_2, полученные в экспериментах на ЭВМ. В результате получены следующие выражения:

$$\tilde{\lambda}_1 = 0{,}0525\lg(V + 2{\bullet}10^{-6}) + 0{,}9852,\ \tilde{\lambda}_2 = 0{,}4555 - 0{,}0955\lg(V + 2{\bullet}10^{-6}). \qquad (19)$$

Полученные аппроксимационные зависимости (19) проверяем на значимость прогнозирующих свойств (адекватность) в области K^6. Подсчитав средние значения $\overline{\lambda}_1, \overline{\lambda}_2$ и дисперсии σ_{1e}^2 и σ_{2e}^2 по численным экспериментам, получим: $\overline{\lambda}_1 = 0{,}8514$, $\overline{\lambda}_2 = 0{,}7106$, $\sigma_{1e} = 0{,}0521$, $\sigma_{2e} = 0{,}0796$. По этим же данным, определяя доверительные интервалы в $\pm 3\sigma$ для λ_1 и λ_2, получим:

$$0{,}695 \le \lambda_1 \le 1 \text{ и } 0{,}472 \le \lambda_2 \le 0, \qquad (20)$$

Неравенства (16) и (20) хорошо согласуются между собой. Значения дисперсий прогнозируемых величин $\tilde{\lambda}_1$ и $\tilde{\lambda}_2$ вычисляются по формулам $\sigma_{1T}^2 = \sum_{i=1}^{80}(\lambda_{1i} - \tilde{\lambda}_{1i})^2 \Big/ N - n - 1$, $\sigma_{2T}^2 = \sum_{i=1}^{80}(\lambda_{2i} - \tilde{\lambda}_{2i})^2 \Big/ N - n - 1$, где n - число коэффициентов, определяемых в каждой из формул (18). По расчетам получили $\sigma_{1T} = 0{,}0262$ и $\sigma_{2T} = 0{,}0675$. Пользуясь критерием Фишера [8], проверим значимость уравнений (20) $F_1 = \sigma_{1e}^2 / \sigma_{1T}^2 = 3{,}95$ и $F_2 = \sigma_{2e}^2 / \sigma_{2T}^2 = 1{,}39$. Эти значения критерия Фишера при степенях свободы $f_1 = N - 1 = 79$ и $f_2 = N - n - 1 = 76$ и уровне значимости $p = 0{,}05$ больше соответствующего теоретического значения $F_T = 1{,}34$. Такой результат (F_1

$> F_T$ и $F_2 > F_T$) свидетельствует о том, что с вероятностью $P \geq 95$ % прогнозирующие свойства уравнений для $\tilde{\lambda}_1$ и $\tilde{\lambda}_2$ достаточно надежны.

Какую же полезную информацию непосредственно для проектировщика дают зависимости (19)? Прежде всего, если вариант покрытия оценивается с помощью какой-либо функции полезности, например $\Phi_3(\overline{\eta}_n)$, аналогичной функции $\Phi_3(\overline{\eta})$, то представляется возможным прогнозировать величину $\Phi_3(\overline{\eta}_n)$ при конкретных значениях η_{nj}, зная заранее об абсолютной величине расхождения в значениях $\tilde{\lambda}_1$ и $\tilde{\lambda}_2$. Если $\Phi_4(\overline{\eta}_n) = \varepsilon$, то $\Phi_3(\overline{\eta}_n)$ зависит от ε следующим образом:

$$\Phi_3(\overline{\eta}_n) = 0,7204 + 0,2054\varepsilon, \tag{21}$$

где $|\varepsilon| \leq m$.

Из зависимости (21) следует, что при ε = ±20% разница между максимальным и минимальным значениями $\Phi_3(\overline{\eta}_n)$ равна всего лишь 0,08. При этом каждой паре значений $\Phi_3(\overline{\eta}_n)$ и $\Phi_4(\overline{\eta}_n)$ соответствует конкретное значение V. Важно, что это значение V может быть достигнуто любой комбинацией значений η_{nj}, а значит и η_j. Важно и то, что значения $\tilde{\lambda}_1$ и $\tilde{\lambda}_2$ малочувствительны к вариациям V. Действительно, на основе (19) функции чувствительности S_1 и S_2, по V равны:

$$S_1 = \frac{d\tilde{\lambda}_1}{dV} = \frac{0,0525V}{V + 2\bullet 10^{-6}} \text{ и } S_2 = \frac{d\tilde{\lambda}_2}{dV} = -\frac{0,0955V}{V + 2\bullet 10^{-6}}.$$

Анализ функций S_1 и S_2 показывает, что, начиная с некоторого значения $V \geq 0,0001$, оба критерия становятся малочувствительными к изменениям значений этого параметра вплоть до его максимального значения $V_{\max} = 1$. Существенные изменения чувствительностей S_1 и S_2 в зоне малых значений V легко интерпретируются физически. Дело в том, что минимальным значениям V будет соответствовать минимальное значение хотя бы одного из η_{nj}, т. е. хотя бы один из параметров η_j примет свое нижнее граничное значение из области (17), и будет иметь место тенденция к уменьшению $\tilde{\lambda}_1$ и увеличению $\tilde{\lambda}_2$.

Функции (19) позволяют ответить и на такой вопрос: а как будут себя вести функции $\tilde{\lambda}_1$ и $\tilde{\lambda}_2$ при вариации только одного из параметров η_j при фиксированных значениях других параметров. Ответ и в этом случае может быть получен в общем виде, поскольку все функции чувствительностей $\tilde{\lambda}_1$ и $\tilde{\lambda}_2$ по любому из параметров η_{n1} будут иметь одно и то же выражение функциональной зависимости. Продифференцируем (19) по η_{n1}, а произведение остальных пяти параметров η_{nj} обозначим через V_1. Тогда

$$S_3 = \frac{d\tilde{\lambda}_1}{d\eta_{n1}} = \frac{0,0525\eta_{n1}V_1}{\eta_{n1}V_1 + 2\bullet 10^{-6}} \text{ и } S_4 = \frac{d\tilde{\lambda}_2}{d\eta_{n1}} = -\frac{0,0955\eta_{n1}V_1}{\eta_{n1}V_1 + 2\bullet 10^{-6}}.$$

Анализ функций S_3 и S_4, приводит к выводу, что существуют минимальные и максимальные значения V_1, ниже и выше которых чувствительность критериев $\tilde{\lambda}_1$ и $\tilde{\lambda}_2$ по параметру η_{n1} остается постоянной или равной нулю при $V_1 = 0$. И лишь в интервале между минимальными и максимальными значениями V_1 чувствительности S_3 и S_4 по η_{n1} заметно меняются и, следовательно, можно существенно менять значения $\tilde{\lambda}_1$ и $\tilde{\lambda}_2$.

На основании полученных результатов сделаны следующие выводы. Во-первых, на основе применения метода ПЛП-поиска при проведении на ЭВМ имитационных экспериментов удалось выделить область $G(\overline{\eta})$, которая является генератором таких вариантов виброзащитного покрытия ткацкого станка, у которых с высокой степенью вероятности нормированные критерии качества λ_1 и λ_2 превышают значения 0,5. Во-вторых, на основе выделения такой области и понимания физических процессов удалось построить математические модели, связывающие достаточно надежно значения критериев со значениями варьируемых параметров. В-третьих, на основе построенных математических моделей критериев λ_1 и λ_2 строятся функции чувствительностей критериев по варьируемым параметрам; тем самым создаются объективные возможности предварительного выбора компромиссного варианта покрытия по критериям первой λ_1 и второй λ_2 групп. При этом необходимо отметить, что полученные аппроксимационные зависимости достаточно хорошо согласовывались с

аппроксимируемыми математическими моделями систем. В то же время эти зависимости оказались компактными, легко интерпретируемыми и информативными.

Литература.

1. Статников И.Н., Фирсов Г.И. Интеллектуальный метод решения задач моделирования и исследования машин и механизмов на основе планируемого вычислительного эксперимента// Актуальные проблемы современного машиностроения. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – С. 157-161.
2. Статников И.Н., Фирсов Г.И. О некоторых возможностях ПЛП-поиска в решении задач моделирования и исследования динамических систем машин // Южно-Сибирский научный вестник. – 2012. - № 1. - С.92-96.
3. Статников И.Н., Фирсов Г.И. Эвристические возможности ПЛП-поиска при проектировании динамических систем // Обозрение прикладной и промышленной математики. - 2008. - Т.15, вып. 3. - С.930-931.
4. Ивахненко А. Г. Долгосрочное прогнозирование и управление сложными системами. – Киев: Техника, 1975. - 312 с.
5. Соболь И. М. Многомерные квадратурные формулы и функции Хаара. - М.: Наука, 1969. - 288 с.
6. Поболь О.Н., Фирсов Г.И. Техносфера, ноосфера и экологические проблемы современных техногенных систем // Вестник Тамбовского университета. Серия Естественные и технические науки. - 2013. - Т.18, вып. 3. - С. 1073-1076.
7. Поболь О.Н., Фирсов Г.И. Проблемы экологического мониторинга и управления техногенной системой на основе глобального акустического образа // Вестник Тамбовского университета. Серия Естественные и технические науки. --- 2014. – Т.19, вып. 5. – С. 1450-1453.
8. Статников И.Н., Фирсов Г.И. Методы компьютерного моделирования и вычислительного эксперимента в задачах многокритериального синтеза динамических систем машин // Информационные Системы и Технологии. – 2004. - № 2(3). - Орел: ОрелГТУ, 2004. - С. 60-64.
9. Шеффе Г. Дисперсионный анализ. - М.: Физматгиз, 1963. – 512 с.

MICROSOFT BUSINESS SOLUTIONS-АХАРТА КАК ОСНОВА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО МОНИТОРИНГА КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ НАУКОЕМКОЙ ПРОДУКЦИИ

Г.О. Тащиян, к.т.н., доцент, О.А. Бурова
Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского Томского политехнического университета
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел.(38451) 7-77-62
E-mail: gtashiyan@mail.ru

В течение последних 22-х лет угольная промышленность, машиностроение и другие отрасли России пережили ряд серьёзных реформ, которые в корне изменили их облик. За это время существенной динамике подверглись как количественные, так и качественные показатели, укрепилась их место и роль в системе международных экономических отношений [1].

Курс на модернизацию экономики России на основе создания и широкого освоения инноваций был объявлен около шести лет назад, однако достигнутые результаты оказались далеко не такими, как декларировали авторы концепции и ожидались обществом [2].

Проблема заключается в том, что в настоящее время отечественные производители проблеме конкурентоспособности не уделяют должного внимания. Тенденции таковы, что без конкурентоспособной наукоемкой продукции (НП) современным организациям не устоять в своей рыночной нише.

Большую часть вопроса о конкурентоспособности НП отводиться решению проблем технического характера. Так, например, в работе [3] для многократного продления срока службы резцов горных и дорожных машин также используются технические параметры. Однако вопросы конкурентоспособности необходимо рассматривать не только с технической точки зрения, но и экономической, экологической и социальной.

В связи с этим проблема достоверной оценки конкурентоспособности НП, создания автоматизированной системы для принятия решений о производстве и потреблении НП имеет большое значение.

Для оценки конкурентоспособности используются различные средства, среди которых выделяется автоматизированный мониторинг конкурентоспособности наукоемкой продукции (АМК НП) на машиностроительном производстве [4].

Интегрированная система управления предприятием класса *ERPII Microsoft Business Solutions-Axapta* – это масштабируемая система для средних и крупных предприятий, корпораций, холдинговых структур, требующих единого решения.

Система АМК НП сформирована на базе функционального модуля «Анкетирование» *Microsoft Business Solutions-Axapta* совместно с программным продуктом «Инноватор». Иерархическая структура информационных технологий управления (ИТУ), а также интеграция системы АМК НП в *Microsoft Business Solutions-Axapta* представлены на рис. 1.

Функциональные модули системы: Производство; Финансы, Банк, Основные средства, Зарплата; Управление знаниями (*KM*); Управление затратами; Управление кадрами (*HR*); Взаимоотношения с клиентами (*CRM*); Логистика; Управление складом; Бизнес анализ; Конфигуратор продукции; Проекты; Корпоративные порталы.

Система АМК НП интегрирована с *Microsoft Business Solutions-Axapta*, а именно с ее модулем *CRM*, который позволяет хранить всю информацию о клиентах, партнерах и других контрагентах централизованно. Сотрудники различных отделов могут вводить, просматривать и активно использовать в работе эту информацию. В результате улучшается координация деятельности всех подразделений компании, в первую очередь отделов продаж и маркетинга. Благодаря тесной интеграции с другими модулями *Axapta*, автоматизирующими работу с поставщиками и клиентами, модуль *CRM* поддерживает бизнес-процессы практически любого типа организации.

Таким образом, можно настроить модуль в соответствии со своими бизнес-процессами, а не менять их в соответствии с возможностями системы.

В модуле *CRM* можно создавать предложения для имеющихся и потенциальных клиентов, а также выполнять моделирование с учетом предложений. При этом предложения с вероятностью продажи больше заданной могут учитываться при сводном планировании.

Microsoft Business Solutions-Axapta помогает руководителям отделов продаж эффективно управлять работой отдельных менеджеров по продажам и отделов в целом, достигая поставленных целей и постоянно повышая эффективность деятельности. Система автоматизирует проведение маркетинговых кампаний, а также обзвон и сбор информации о существующих и потенциальных клиентах, поставщиках и партнерах.

Управление продажами и маркетингом в *Microsoft Business Solutions-Axapta* тесно интегрировано с управлением взаимоотношениями с клиентами (*CRM*). Такая интеграция улучшает взаимодействие сотрудников отделов маркетинга и продаж и, как следствие, эффективность работы предприятия в целом. Благодаря тому, что вся бизнес информация хорошо структурирована и хранится в едином месте, сотрудники отделов продаж и маркетинга получают возможность анализировать и оценивать различные данные и легко выявлять новые возможности для продаж. Функции маркетинга позволяют четко определять, какая информация необходима клиентам и рынку, планировать, бюджетировать и проводить маркетинговые мероприятия, а также анализировать их результаты.

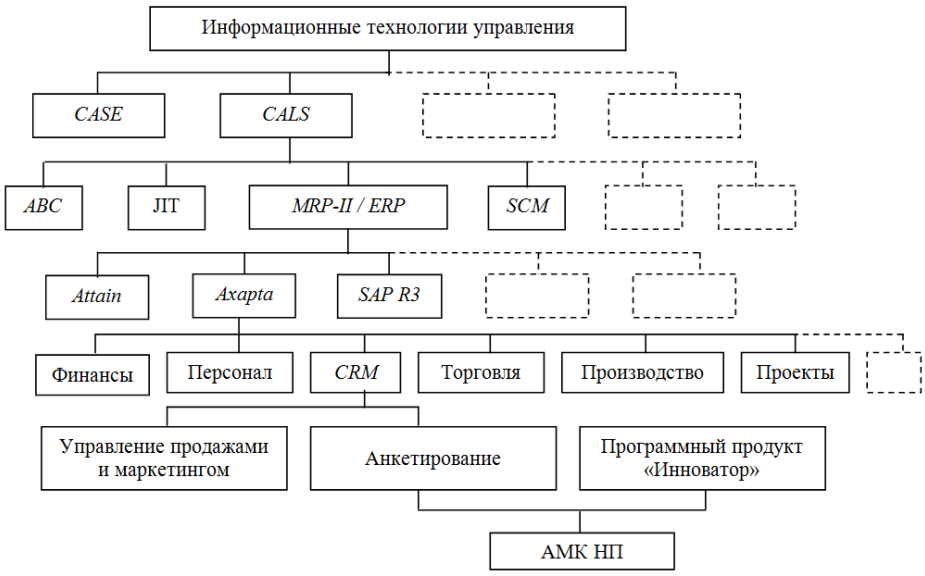


Рис. 1. Иерархическая структура ИТУ и интеграция системы АМК НП

При организации маркетинговых кампаний в *Axapta* можно сегментировать целевую аудиторию. Это помогает успешнее проводить кампании и более детально анализировать их результаты, а также легко оценивать эффективность кампаний, сравнивая затраты на их проведение с полученными доходами. Маркетинговые кампании представлены в древовидной структуре, значок каждой кампании определяется ее статусом. Таким образом, взглянув на «дерево», можно сразу определить текущий статус интересующей маркетинговой кампании организации. Для упорядочивания деятельности один сотрудник назначается ответственным за кампанию, а другим ставятся отдельные задачи в ее рамках. По результатам проведения кампаний можно получить отчеты о том, какие результаты принесла та или иная компания, какие ресурсы были затрачены, и соответственно определить уровень возврата инвестиций.

Имеется возможность интеграции и с другими модулями *Microsoft Business Solutions-Axapta*, например, с модулем «Проекты».

Допустим, руководство фирмы планируете провести обширную маркетинговую кампанию, предлагая клиентам новый учебный курс. Проведение кампании обойдется ей не дешево. Десять сотрудников будут в течение двух недель работать над рекламой, заниматься прямым маркетингом и составлять список обзвона.

При проведении кампаний и анкетирования через Интернет ответы респондентов попадают напрямую в базу данных *Axapta*. В случае если ответы получены слишком поздно или времени для обработки всех полученных ответов не хватает, маркетинговая кампания может не принести ожидаемых результатов. Во избежание таких ситуаций в модуле всегда доступна информация о том, сколько человек приняли участие в опросе, кто именно ответил на вопросы, и какие ответы были получены.

Интеграция отделов маркетинга, продаж и сервиса крайне важна для эффективной работы компании. Информация, полученная в одном из отделов, должна быть доступна и в других. Это обеспечивается ведением «Энциклопедий маркетинга». Имея доступ к большему объему ресурсов, эти отделы имеют больше возможностей для эффективной работы и развития бизнеса.

Модуль «Анкеты» системы *Axapta* – мощное средство для создания анкет, проведения опросов и анализа полученных результатов.

Ключевые возможности:

- Простота создания анкет и проведения опросов.
- Анкетирование во внутренней корпоративной сети *Intranet* и на *Web*-сайтах.
- Удобные средства анализа и представления данных.
- Интеграция с модулями *CRM*, «Управление персоналом» и корпоративным порталом.
- Интеграция с *Microsoft Excel* и *Access*.

Модуль «Анкеты» *Microsoft Business Solutions-Axapta* может использоваться для решения различных задач: определения лояльности клиентов, определение и оценка конкурентоспособности НП, аттестация сотрудников, и т.д.

В нашем случае для организации и проведения экспертного опроса о конкурентоспособности НП с помощью модуля «Анкеты» системы *Axapta* можно сформировать целевую аудиторию, т.е. определить субъектов диалога, создать анкету и провести опрос за считанные минуты может любой сотрудник компании. Для этого не требуется никаких особых знаний и навыков. Интеграция с Интернетом позволяет проводить анкетирование, как в рамках корпоративной сети, так и на открытых *Web*-сайтах. При организации диалога автоматизированного мониторинга конкурентоспособности наукоемкой продукции производиться комплектование группы независимых экспертов [4].

При проведении массовых опросов важнейшим этапом работы является анализ полученных результатов. Модуль «Анкеты» содержит все необходимые инструменты для эффективного расчета, представления и анализа результатов, включая сводные таблицы и графики.

Благодаря интеграции с модулем «Управление персоналом» можно получать результаты анкетирования для определенных групп сотрудников. Группы могут создаваться по тендерному или возрастному признаку, по продолжительности работы в компании, по уровню заработной платы и пр. При анкетировании сторонних респондентов (партнеров, клиентов и т.д.) полученные результаты могут синхронизироваться с модулем «Отношения с клиентами».

Модуль «Анкеты» может использоваться также для анализа эффективности управления. В этом случае результаты анкетирования обрабатываются в модуле «Управление персоналом». Наряду с анализом данных непосредственно в модуле «Анкеты» можно использовать средства *OLAP (On-Line Analytical Processing).*

Все результаты анкетирования хранятся в системе, поэтому, проводя повторное анкетирование, всегда можно сравнить результаты и проанализировать динамику их изменения.

Модуль «Анкеты» поддерживает все бизнес-функции, представленные в *Axapta*. Он тесно интегрирован с модулями *CRM*, «Управление персоналом», а также с корпоративным порталом. Это позволяет использовать модуль для общения с партнерами, поставщиками и клиентами. Модуль «Анкеты» является частью интегрированной системы, благодаря чему значительно упрощается формирование целевых аудиторий для опросов, т.к. все необходимые данные – списки клиентов, поставщиков, сотрудников и т.д., а также информация о них – уже содержатся в системе. И в сочетании с программным продуктом «Инноватор» производится автоматизированный мониторинг конкурентоспособности наукоемкой продукции.

Широкое использование непосредственно на рабочих местах в планово-экономических, маркетинговых и конструкторско-технологических подразделениях ООО «ПО «Юрмаш» персональных ЭВМ, соединенных локальной вычислительной сетью, дает возможность организовать оперативную индивидуализированную обработку информации. Информационно-вычислительные мощности персонализируются, но при этом сохраняются централизованные базы данных, дополненные внутренней и внешней электронной связью. Децентрализованный сбор и обработка информации на рабочем месте сотрудника позволят повысить полноту, точность и актуальность готовящихся документов, увеличить скорость их подготовки. Наибольший эффект от создания общесистемных банков данных достигается тогда, когда они создаются в подразделениях, по роду своей деятельности осуществляющих анализ и оценку информации. В этом случае происходит естественное накопление и обработка сведений, поступающих в соответствии с установленными задачами и функциями подразделений в места их оценки и принятия решений, обеспечиваются полнота и актуальность банков данных, не нарушая традиционных, отлаженных взаимосвязей.

Развитая автоматизация информационных процессов в системах управления качеством и конкурентоспособностью предполагает функциональную и информационную интеграцию всех действующих в производстве и иных организациях автоматизированных систем. Наиболее трудоемким во всем комплексе работ по созданию АМК НП является проектирование информационного обеспечения. Трудоемкость определяется большим разнообразием всевозможных данных, используемых в системе управления, локальным характером автоматизации отдельных действующих подсистем и функций управления.

Информационный аспект создания системы АМК НП ООО «ПО «Юрмаш» содержит решение следующих основных задач:

- выявление полной номенклатуры данных, подлежащих автоматизированной обработке;
- установление формальных отношений между данными с целью построения оптимальной структуры базы данных;
- структурирование информационных сообщений в соответствии с их содержанием и назначением в системе управления;
- организация технологического процесса сбора, обработки и выдачи данных, обеспечивающего их необходимую достоверность и своевременность.

В системе АМК НП ООО «ПО «Юрмаш» обработка информации осуществляется на рабочем месте в процессе диалога человека с ЭВМ. При этом можно выделить три основных режима экспертных диалоговых процедур: линейный, альтернативный и цикличный. Процессы диалога, характеризующиеся заранее предписанной четкой стратегией без итеративных операций, решаются в линейном режиме. Типичные области применения – сбор и ввод данных. Задачи диалога, включающие ситуации принятия решений, связанные с исключающими друг друга этапами диалога, требуют альтернативного режима. Цикличный режим диалога применяется при решении оптимизационных задач и выборе альтернатив. Эти основные варианты реализуются в системе АМК НП ООО «ПО «Юрмаш» в различных смешанных формах. Формой реализации диалоговых режимов является так называемая «меню-технология», позволяющая работать с ЭВМ экспертам, не имеющим большой подготовки. В точках диалога эксперт с помощью соответствующих действий получает доступ ко всей необходимой информации.

Основными достоинствами системы АМК НП ООО «ПО «Юрмаш» являются:

- перераспределение информационной нагрузки между человеком и ЭВМ с уменьшением загрузки человека по запоминанию, анализу и обработке информации;
- возможность использования личного опыта и знаний узких специалистов;

- легкость обучения, пользования, экспериментирования с системой АМК НП, психологический комфорт общения пользователя с ЭВМ;
- высокая приспосабливаемость системы АМК НП к новым знаниям экспертов по проблеме и уровню подготовки пользователей;
- текстовое, табличное и графическое представление полученных данных.

Указанные достоинства обеспечивают системе АМК НП возможность ее применения к методике определения уровня конкурентоспособности НП на основе показателей «значимость технического решения» [5], «значимость экономического события» [6], «значимость экологического решения» [7] и «значимость социального эффекта» [8].

Высокая эффективность системы АМК НП ООО «ПО «Юрмаш» обеспечивается за счет использования современных программных и технических средств.

Основными программными средствами при проектировании и эксплуатации системы АМК НП являются *Microsoft Excel*, *Microsoft Access* и модуль «Анкетирование» системы *Axapta*. Одно из существенных достоинств системы АМК НП – это возможность работы с данными других источников, включая наиболее распространенные СУБД для персональных компьютеров (*dBASE, Paradox, FoxPro* и др.). Таким образом, имеется возможность разрабатывать основанные на конкретных данных формы и отчеты, связывая их между собой с помощью нескольких простых макросов или инструкций языка *Visual Basic*. Данное программное обеспечение позволяет подключать новые блоки и подпрограммы, что обеспечивает увеличение функциональных возможностей системы АМК НП.

Комплекс технических средств системы АМК НП ООО «ПО «Юрмаш» включает: ПЭВМ, периферийное оборудование; сетевое оборудование; средства передачи и защиты данных; каналы связи. Основными подразделениями, где внедрена система АМК НП, является управление маркетинга, инженерный центр и планово-экономическое управление ООО «ПО «Юрмаш».

Таким образом, автоматизированные рабочие указанных подразделений, использующие систему АМК НП, представляют собой персональные ЭВМ и комплекс периферийного оборудования, связанные с центральной ЭВМ посредством сетевых устройств и обеспечивающие получение, накопление и передачу данных. На базе модульного построения возможно создание различных конфигураций автоматизированных рабочих мест в зависимости от решаемых задач, специфических условий и требований.

В настоящее время на базе системы АМК НП на ООО «ПО «Юрмаш» апробированы алгоритмы определения конкурентоспособности и оптимизации объемов инвестирования продукции предприятия на основе группового показателя *Ксн* [9]. А также проведено моделирование параметрического ряда унифицированных типоразмеров шахтных крепей предприятия и ряд других исследований.

Литература.

1. Solovenko I. S. , Trifonov V. A. , Nagornov V. I. Russian Coal Industry Amid Global Financial Crisis in 1998 and 2008 // Applied Mechanics and Materials. - 2014 - Vol. 682. - P. 586–590.
2. Prokopenko, S.A., Ludzish, V.S. Problems of innovation course of development of Russian mining enterprises. // Gornyi Zhurnal. - 2014. - №1. – pp.47-49.
3. S. A. Prokopenko. Multiple service life extension of mining and road machines' cutters // Applied Mechanics and Materials. . - 2014 - Vol. 682. - p. 319-323.
4. Tashchiyan G.O. Organizing automated Ted dialogue on the competitiveness of science-intensive products. // Applied Mechanics and Materials. - 2013 - Vol. 379. - p. 240-243.
5. Осипов Ю.М. Показатель «значимость технического решения» имитационной модели АСУ конкурентоспособностью продукции // Автоматизация и современные технологии. - М., 1994. № 3. С.33-35.
6. Быков С.Н., Осипов Ю.М. Показатель «значимость экономического события» АСУ конкурентоспособностью продукции // Автоматизация и современные технологии. - М., 1998. № 4. С.36-38.
7. Быков С.Н., Воронкова И.В. Показатель «значимость экологического решения» // 5-я обл. науч.-практ. конф. «Современные техника и технологии». Сб.трудов. - Томск: Изд.ТПУ, 1999.-С.90.
8. Быков С.Н., Тащиян Г.О., Осипов Ю.М. Система социальных показателей конкурентоспособности продукции // Автоматизация и современные технологии - М., 2003. №5. С. 40-42.
9. Кориков А.М., Тащиян Г.О. Системный анализ проблемы создания конкурентоспособной наукоемкой продукции. // Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири. 9-я междунар. науч.-практ. конф., г. Улан-Удэ, 23-24 сентября 2003 г. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2003, с.312-315.

ПРОБЛЕМЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РИСКА БАНКРОТСТВА ПРЕДПРИЯТИЙ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА[1]

Е.В. Телипенко, к.т.н., доц., А.А. Захарова, к.т.н., доц.,
Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского Томского политехнического университета
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел. (38451) 6-49-42
E-mail: telipenko@tpu.ru, zacharovaa@mail.ru

Вопросу оценки и прогнозирования риска банкротства предприятия посвящено немало работ, как российских, так и зарубежных авторов, таких как Э. Альтман, Р. Таффлер и Г. Тишоу, В. Бивер, Дж. Спрингейт, Д. Фулмер, Дж. Олсон, А. Уолл и Р. Дьюинг, а также российских – Г.В. Давыдовой и А.Ю. Беликова, О.П. Зайцевой, А.Н. Челышева, В.И. Макарьевой и Л.В. Андреевой, Р.С. Сайфуллина и Г.Г. Кадыкова. К настоящему моменту разработано по разным оценкам от 100 до 200 статистических моделей подобного рода.

Несмотря на большую популярность, существующие модели имеют ряд недостатков. Основным ограничением использования зарубежных моделей является их несоответствие российской действительности. Однако и по поводу «наших» моделей ведется много споров, в частности по поводу весовых коэффициентов полученных уравнений. Можно выделить ряд основных проблем, характерных для подобных моделей: нет возможности учета влияния качественных факторов; набор количественных показателей не всегда объективно отражает все стороны деятельности предприятия; не учитываются отраслевые и финансово-хозяйственные особенности деятельности исследуемого предприятия; модели являются статичными, нет математически обоснованного аппарата для отбора наиболее значимых показателей для оценки и анализа; полученные оценки уровня риска банкротства являются недостаточно информативными, по причине того, что остается не ясным до конца насколько процентов определенный уровень риска является низким, средним или высоким. Например, в модели Альтмана при значении степени риска $Z < 1{,}23$ предприятие признается банкротом, а при $Z = 1{,}24$ ситуация неопределенна, т.е. можно говорить о среднем уровне риска, хотя это значение является граничным; основные подходы к проблеме риска банкротства ограничиваются лишь количественной оценкой уровня риска, без анализа причин и предложения вариантов методов снижения риска банкротства предприятия.

Принимая во внимание перечисленные проблемы существующих подходов и моделей, авторами была предложена нечетко-множественная модель для оценки и прогнозирования риска банкротства предприятия. Исследования вопроса проведены на основе данных о финансово-хозяйственной деятельности предприятий машиностроительной отрасли, как важнейшей части экономического сектора страны, от которой во многом зависит благополучие, как отдельных территорий, так и страны в целом.

Отбор наиболее значимых показателей для прогнозирования риска банкротства, оказывающих влияние на выручку от реализации продукции, как основной источник формирования финансовых ресурсов предприятия, методом главных компонент. Метод главных компонент (МГК) предназначен для структуризации данных посредством сведения множества тестовых переменных к меньшему числу переменных (компонент или факторов), которые объясняли бы большую часть вариации в значениях исследуемых данных.

Для проведения анализа было отобрано 33 показателя (в том числе и выручка от реализации продукции), наиболее полно характеризующих все стороны финансово-хозяйственной деятельности предприятия. Значения отобранных показателей были рассчитаны для 33 машиностроительных заводов на основе бухгалтерской отчетности (Бухгалтерский баланс (форма №1), Приложение к бухгалтерскому балансу (форма №5), Отчет о прибылях и убытках (форма №2)) за 1 квартал 2010 года.

Далее в соответствии с основными этапами метода главных компонент были проведены расчеты, по результатам которых получили 5 главных компонент, которые объясняют 73,607 % всей дисперсии переменных. При этом необходимо отметить, что отбор показателей производился с учетом их влияния на выручку от реализации продукции, как основной источник поступления финансовых ресурсов для производственного предприятия.

[1] *Статья подготовлена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 14-01-31208)*

Таблица 2

Результаты апробации и сравнения моделей для определения уровня риска банкротства

Предприятие	Период	Модель Альтмана		Модель Таффлера		Модель Фулмера		Модель Спрингейта		Модель Давыдовой-Беликова		Модель на нечеткой логике	
		Z	Лингвистическая трактовка	Z	Лингвистическая трактовка	H	Лингвистическая трактовка	Z	Лингвистическая трактовка	Z	Лингвистическая трактовка	G	Лингвистическая трактовка
ОАО «Ижевский машиностроительный завод»	1кв 2010	2.231	неопред	0.093	высокая	-3.574	банкрот	-0.040	высокая	-1.546	максимальная (90-100%)	0.524	100% приемлемый
	1 кв 2011	0.801	банкрот	0.100	высокая	-5.956	банкрот	0.180	высокая	-1.257	максимальная (90-100%)	0.687	56.5% приемлемый;
	1кв 2012	0.179	банкрот	0.136	высокая	-10.391	банкрот	0.186	высокая	-3.368	максимальная (90-100%)	0.754	23% приемлемый;
ЗАО» Сибкабель»	1 кв 2010	1.778	неопред	0.496	низкая	3.209	низкая	1.444	низкая	4.041	незначительна (до 10%)	0.367	16.5% низкий; 83.5% приемлемый
	1 кв 2011	1.694	неопред	0.534	низкая	3.453	низкая	1.224	низкая	2.043	незначительна (до 10%)	0.299	50.5% низкий; 49.5%
	1кв 2012	2.031	неопред	0.590	низкая	4.337	низкая	1.151	низкая	2.357	незначительна (до 10%)	0.246	77% низкий; 23% приемлемый
ОАО «Машиностроительный завод Зио-Подольск»	1 кв 2010	0.392	банкрот	0.289	средняя	0.812	низкая	0.789	высокая	1.689	незначительна (до 10%)	0.699	50.5% приемлемый;
	1 кв 2011	0.319	банкрот	0.263	средняя	1.688	низкая	0.881	низкая	1.802	незначительна (до 10%)	0.616	80% приемлемый;
	1кв 2012	0.264	банкрот	0.237	средняя	1.120	низкая	0.846	высокая	1.768	незначительна (до 10%)	0.746	27% приемлемый;
ОАО «Машиностроительный завод», г. Электросталь	1 кв 2010	2.774	неопред	0.819	низкая	5.713	низкая	0.833	высокая	3.577	незначительна (до 10%)	0.238	81% низкий; 19% приемлемый
	1 кв 2011	1.974	неопред	0.362	низкая	5.513	низкая	0.502	высокая	1.948	незначительна (до 10%)	0.395	100% приемлемый
	1кв 2012	2.275	неопред	0.343	низкая	5.369	низкая	0.399	высокая	2.729	незначительна (до 10%)	0.353	23.5% низкий; 76.5%
ОАО «Ижмаш-станко»	1 кв 2010	-0.661	банкрот	0.216	средняя	-3.547	банкрот	0.101	высокая	-4.506	максимальная (90-100%)	0.837	100% высокий
	1 кв 2011	-0.456	банкрот	0.297	средняя	-2.923	банкрот	0.654	высокая	-6.845	максимальная (90-100%)	0.891	100% высокий
	1кв 2012	-1.617	банкрот	0.349	низкая	-6.494	банкрот	0.167	высокая	-9.117	максимальная (90-100%)	0.819	100% высокий
ОАО «Ишимбайский машиностроительный завод»	1 кв 2010	1.937	неопред	0.386	низкая	1.448	низкая	0.496	высокая	2.937	незначительная (до 10%)	0.469	100% приемлемый
	1 кв 2011	0.826	банкрот	0.286	средняя	0.851	низкая	0.581	высокая	-1.918	максимальная (90-100%)	0.684	58% приемлемый;
	1кв 2012	0.280	банкрот	0.256	средняя	-0.025	банкрот	0.513	высокая	-3.882	максимальная (90-100%)	0.747	26.5% приемлемый;

Проанализировав собственные вектора этих компонент, с помощью коэффициента информативности выяснили, какие переменные вносят наибольший вклад в их формирование: x_5 – коэффициент текущей ликвидности; x_6 – коэффициент быстрой ликвидности; x_8 – коэффициент абсолютной ликвидности; x_9 – доля оборотных средств в активах; x_{14} – коэффициент концентрации заемного капитала;x_{16} – коэффициент долгосрочного привлечения заемных средств;x_{17} – коэффициент соотношения заемных и собственных средств;x_{21} – оборачиваемость средств в расчетах; x_{24} – оборачиваемость собственного капитала; x_{25} – рентабельность продукции.

Остальные переменные можно не включать.

Таким образом, применение метода главных компонент позволило сократить признаковое пространство и перейти от 33-х показателей, оказывающих влияние на выручку от реализации продукции, как основной источник формирования финансовых ресурсов предприятия, к 10-ти наиболее значимым, объясняющим большую часть вариации в значениях исследуемых данных [1].

Применение аппарата теории нечеткой логики для прогнозирования риска банкротства предприятия. Оценка риска банкротства с помощью нечётких множеств включает в себя 9 основных этапов [4].

Применение аппарата теории нечеткой логики к проблеме прогнозирования риска банкротства позволяет:

- учитывать количественные и качественные показатели, которые могут быть как нормируемыми, так и не нормируемыми;
- учитывать уровень приемлемого риска для организации и ее особенности;
- заблаговременно распознать возможность наступления риска банкротства [2].

Прогнозные модели для вычисления значений основных показателей финансово-хозяйственной деятельности предприятия. Для эффективного управления риском банкротства предприятия необходимо ориентироваться не только на текущую оценку состояния предприятия, но и учитывать динамику ее изменения.

Для расчета прогнозных значений исследуемых показателей предложено применение метода прогнозирования временных рядов на основе полиномиальных кривых роста.

Для тех же 10 показателей, на основе статистики, формируются выборки за несколько периодов, на базе которых строятся прогнозные модели. Полученные модели служат для прогнозирования значений показателей на определенные моменты времени, а также вычисления временного лага до принятия ими критических значений.

Для примера построим прогнозную модель для показателя – коэффициент текущей ликвидности для ОАО «Ишимбайский машиностроительный завод» на основе данных табл. 1.

Таблица 1

Значения коэффициента текущей ликвидности за 2007-2011г.г.
ОАО «Ишимбайский машиностроительный завод»

Год	1 квартал	2 квартал	3 квартал	4 квартал
2007	2,65	2,2	2,17	1,7
2008	1,6	2,6	1,95	1,9
2009	1,9	2,2	2,3	2,7
2010	2,2	2,4	2,2	1,9
2011	1,4	1,1	0,96	0,84

Как видно из таблицы, коэффициент имеет тенденцию снижения. Лучше всего эту тенденцию в данном случае описывает полиномиальная регрессия.

Затем по методу конечных разностей (методу Тинтнера), определяем степень полинома и с помощью метода наименьших квадратов находим коэффициенты уравнения.

Получаем $\hat{y}_t = 1{,}92 + 0{,}107 \cdot t - 0{,}008 \cdot t^2$, где t – время в кварталах.

Оценим качество построенной модели с помощью относительной ошибки аппроксимации, которая в данном случае равна 14,96%. Средняя ошибка аппроксимации попадает в интервал 10-20%, и таким образом точность модели является хорошей.

Аналогичным образом рассчитываются прогнозные модели для оставшихся показателей.

На основе полученных уравнений найдем прогнозные значения показателей на 1 квартал 2012г. [3].

Проверка применимости модели прогнозирования риска банкротства предприятия на основе нечеткой логики. Для этого были произведены расчеты уровня риска банкротства 27 предприятий на основе данных бухгалтерской отчетности за первый квартал 2010-2012 г.г. на основе шести

моделей: Альтмана, Таффлера, Фулмера, Спрингейта, Давыдовой-Беликова, авторской нечетко-множественной модели (на основе 10 показателей). Часть расчетов для наиболее ярких представителей выборки представлена в табл. 2.

По результатам анализа были сделаны следующие выводы:

1) Все рассмотренные модели достаточно точно определяют уровень риска банкротства крайне неблагополучных в финансовом плане предприятий[2]. Так на рис. 1 представлены результаты работы моделей по оценке уровня риска банкротства предприятий, в отношении которых в 2012г. возбуждалась процедура банкротства.

2) Оценки уровня риска банкротства предприятия, полученные в результате работы модели Альтмана, можно назвать крайне пессимистичными: 20 предприятий из 27 по итогам 1 квартала 2012г. являются банкротами, что не соответствует действительности. Это подтверждается данными ежеквартальных отчетов организаций.

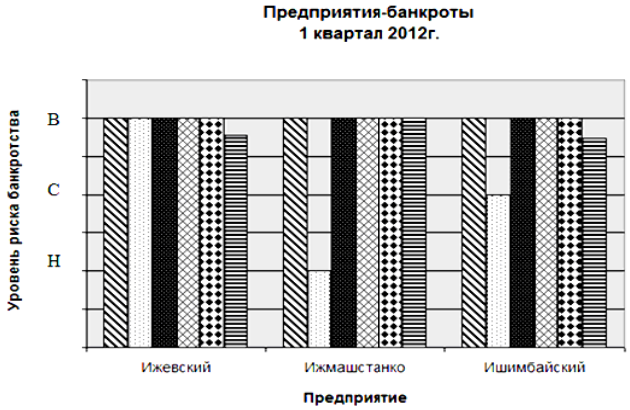


Рис. 1 Результаты работы моделей по оценке уровня риска банкротства предприятий за 1 квартал 2012г.

3) Вычисления уровня риска банкротства по модели Фулмера дают бинарную оценку[3], что в результате приводит к тому, что уровень риска оказывается заниженным.

4) С помощью нечеткой модели получены адекватные оценки уровня риска банкротства в отношении всей выборки. Это подтверждается данными ежеквартальных отчетов предприятий.

Так, например, для ОАО «Ишимбайский машиностроительный завод» (г. Ишимбай, Россия), в отношении которого было подано заявление о признании должника банкротом в 1 квартале 2012г. с помощью метода на нечеткой логике удалось не только верно оценить состояние предприятия в момент кризиса, но и задолго до него (рис. 2).

На рис. 2 можно наглядно видеть как постепенно ухудшалась ситуация на предприятии и нечеткая модель это очень точно отразила.

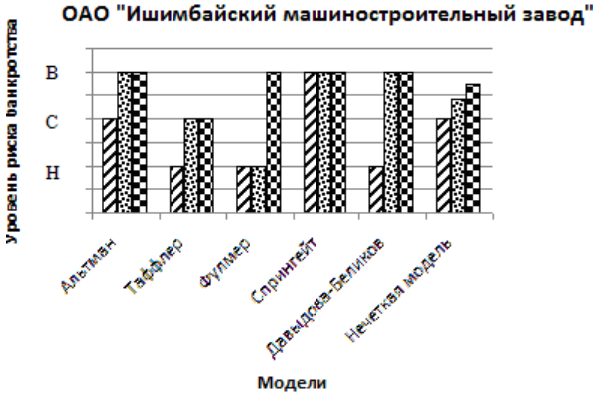


Рис. 2. Результаты оценки риска банкротства ОАО «Ишимбайский машиностроительный завод

[2] В отношении этих предприятий в разное время в 2011-2012гг. возбуждалась процедура банкротства.

[3] Т.е. оценка уровня риска принимает лишь два значения при лингвистической интерпретации – низкая или высокая, без промежуточного результата.

Если рассмотреть в качестве примера результаты, полученные по благополучному предприятию, то здесь тоже можно отметить преимущества нечеткой модели (рисунок 3).

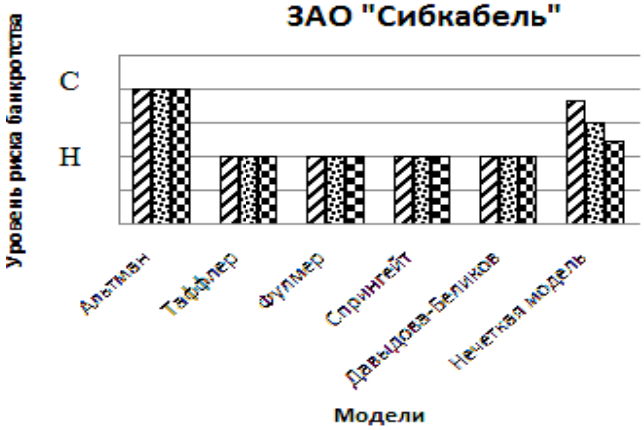


Рис. 3. Результаты оценки риска банкротства ЗАО «Сибкабель»

Четыре модели из шести оценили уровень риска банкротства ЗАО «Сибкабель» (г. Томск, Россия) как низкий, в то время как известно, что у предприятия начиная с 2000г. финансовое состояние заметно ухудшилось в связи с резким снижением объемов производства и значительным сокращением рынков сбыта. После того, как ЗАО «Сибкабель» вошел в состав Уральской горно-металлургической компании (г. Верхняя Пышма, Россия) ситуация постепенно стала исправляться, что наиболее адекватно отразила нечеткая модель оценки риска и это хорошо видно на гистограмме.

Таким образом, наиболее предпочтительной для прогнозирования риска банкротства предприятий оказалась нечетко-множественная модель, т.к. она оказалась наиболее чувствительной к изменениям состояния предприятий и дает верную оценку не только в момент наступления кризисной ситуации, но и задолго до нее.

Проверка применимости прогнозных моделей на основе полиномиальных кривых роста для расчета значений показателей в будущем и прогнозирования на их основе риска банкротства. Для осуществления проверки были произведены расчеты на основе данных четырех предприятий, два из которых являются банкротами.

Для анализа были рассчитаны 10 показателей финансово-хозяйственной деятельности предприятия за 2010 – 2011 г.г., отобранные на первом этапе с помощью метода главных компонент.

На основе полученных данных были построены прогнозные модели и вычислены прогнозные значения показателей на 1 квартал 2012.

Далее на основе фактических и прогнозных значений показателей за 1 квартал 2012 г. оценили степень риска банкротства предприятий и сравнили полученные результаты:

1) результаты оценки степени риска банкротства с помощью матричного метода на основе прогнозных значений показателей финансово-хозяйственной деятельности предприятия практически совпадают с результатами оценки на основе фактических значений и при их классификации попадают в один и тот же интервал и имеют близкую степень оценочной уверенности;

2) результаты оценки степени риска банкротства подтверждают фактическое положение дел анализируемых предприятий на 1 квартал 2012, а именно: ОАО «Ижмашстанко» (г.Ижевск, Россия) Решением Арбитражного суда Удмуртской Республики от 20.02.2012 года признано банкротом; ОАО «Ижевский машиностроительный завод» (г.Ижевск, Россия) Решением Арбитражного суда Удмуртской Республики от 06.04.2012 г. признано банкротом; ОАО «Машиностроительный завод» (г. Электросталь, Россия) и ЗАО «Сибкабель» (г. Томск, Россия) действующие на сегодняшний день предприятия [4].

Заключение

Представленные в статье модели и подходы получили программную реализацию в рамках создания «Информационной системы управления риском банкротства предприятия» (ИСУРБ), которая может быть использована собственниками, кредиторами, инвесторами, а также другими заинтересованными лицами для прогнозирования риска банкротства предприятия. Более подробная информация об ИСУРБ представлена в [5,6].

Литература.
1. Мицель А.А., Телипенко Е.В. Оценка влияния показателей финансово-хозяйственной деятельности предприятия на выручку от реализации продукции. – Экономический анализ: теория и практика. № 27 (234) – 2011 июль, с.57-64.
2. Захарова А.А., Телипенко Е.В. Математическое и программное обеспечение системы поддержки стратегических решений в сфере управления риском банкротства предприятия. Вестник компьютерных и информационных технологий. 2013. № 5. С. 22-27.
3. Захарова А.А., Телипенко Е.В. Моделирование риска банкротства производственного предприятия. Экономика, статистика и информатика. Вестник УМО. - №6. – 2011, с. 179-184.
4. Телипенко Е.В. Система поддержки принятия решений при управлении риском банкротства предприятия : автореферат дис. ... кандидата технических наук : 05.13.10 / Телипенко Елена Викторовна; [Место защиты: Сиб. гос. ун-т телекоммуникаций и информатики]. - Новосибирск, 2013. - 22 с.
5. Zakharova A., Telipenko E. Information system of bankruptcy risk management of an enterprise. Proceedings - 2012 7th International Forum on Strategic Technology, IFOST 2012, – 2012.
6. Захарова А.А. Информационная система управления риском банкротства предприятия / А.А. Захарова; Е.В.Телипенко, А.А.Мицель, С.В.Сахаров; Юргинский технологический институт – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 147 с.

МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ ТРАЕКТОРИЕЙ ОБУЧЕНИЯ

А.А. Мицель, д.т.н., профессор, Н.В.Черняева, аспирантка
Томский политехнический университет
634050, г. Томск, пр. Ленина, 30, тел. (3822)-12-34-56
E-mail: nina.turalina@yandex.ru

Введение

В связи с переходом системы образования на компетентностно-ориентированный подход актуальной является проблема оценивания результатов обучения, а так же построения индивидуальной траектории обучения студента, решение которых требует применения современных информационных технологий, т.к. подобную задачу можно отнести к разряду трудноформализуемых. В соответствии с федеральными государственными стандартами высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) третьего поколения, определяющими требования к результатам освоения основных образовательных программ (ООП), почти четверть ООП имеет вариативный характер, т.е. зависит от выбора студента. Это значительно отражается на результатах формирования различных компетенций.

В статье рассматриваются модели, методы и алгоритмы нахождения оптимальной индивидуальной образовательной траектории студента. Разработан новый метод управления траекторией обучения в виде динамической модели, использующей бальные оценки по дисциплинам для формирования последовательности изучаемых дисциплин.

Подходы к решению проблемы формирования и выбора индивидуальной траектории обучения студента

Одним из примеров разработки информационных технологий для решения задач измерения компетентности студента является работа Г.И. Алгазина и О.В. Чудовой [1], в основе которой лежит гибридная экспертная система с учетом различных типов измерительных шкал. Для структурирования информации использовался иерархический подход.

Анализ модели организации образовательного процесса в контексте формирования индивидуального подхода позволяет разработать систему поддержки принятия решений (СППР). Под СППР понимают комплекс взаимосвязанных программ и данных, используемых для анализа ситуации, формулирования альтернативных решений и выбора из них наиболее приемлемых. Пример такой СППР предложен в работе И.В. Добросоцкой и Л.Н. Крахт [2].

Анализ научных работ по проблеме нашего исследования дал нам основания для разработки собственной динамической модели формирования индивидуальной траектории обучения студента при ограничениях.

Динамическая модель управления индивидуальной траекторией обучения студента

Обозначим через $N_t,\ t=1,...,T$ количество дисциплин, которые осваивает студент за семестр t. Здесь T – срок обучения (количество семестров). Результатом освоения дисциплин является при-

обретение множества компетенций. В отличие от работы Алгазина Г. И. и Чудовой О. В. структуру модели компетентности выпускника представим в виде трех уровней, так как это прописано в ФГОС-3: компетентность, общекультурные и профессиональные компетенции, частные компетенции. Компетентность студента можно оценить на основании множества оценок, полученных студентом в процессе изучения N дисциплин выбранной специальности.

Обозначим оценки по дисциплинам как $V_j(t),\ j=1,...,N_t$, где N_t – количество дисциплин, которые необходимо изучить в семестре t в соответствии с учебным планом. Переменные V_j можно оценивать в баллах, например по 100-балльной шкале. Интегральная оценка студента $V(t)$ в момент времени t равна $V(t)=\sum_{j=1}^{N_t} w_j V_j(t),\ t=1,...,T$, где w_j – веса значимости дисциплины.

Динамику успеваемости студента в дискретном времени будем описывать уравнением

$$V_j(t+1)=\left(1+\mu_j(t)+\eta_j(t)\right)\left(V_j(t)+u_j(t)\right),\ j=1,...,N_t. \tag{1}$$

Здесь $\mu_j(t)$ – среднее значение трудоемкости усвоения j-й дисциплины; $\eta_j(t)$ – случайная составляющая (отклонение) трудоемкости усвоения j-й дисциплины с параметрами $M\left(\eta_i(t)\right)=0,\ M\left(\eta_i(t)\eta_k(t)\right)=\Sigma_{ik}(t),\ i,k=1,...,n$, где $\Sigma_{ik}(t)$ – матрица ковариации трудоемкостей освоения дисциплин. Величины $\mu_j(t)$ определяются на основе исторических данных по семестровой аттестации, $u_j(t)$ – баллы, полученные в течение семестра по данной дисциплине ($u_j(t)>0$), либо штрафные баллы ($u_j(t)<0$).

Введем «эталонную» балльную оценку $V^0(t)$ и запишем уравнение эталонного студента следующим образом:

$$V^0(t+1)=[1+\mu_0(t)]V^0(t), \tag{2}$$

где $\mu_0(t)$ - «эффективность» эталонного студента (задается экспертным путем).

Начальное условие $V^0(0)=V(0)=0$, т.е. в начальный момент времени балльная оценка эталонного студента, также как и балльная оценка реального студента равна нулю. Задача управления траекторией обучения студента заключается в подборе дисциплин и заданий на основании оценок результатов усвоения учебной программы таким образом, чтобы сформированная траектория обучения следовала эталонной на горизонте управления T, где T – промежуток времени, за который студент осваивает программу специальности.

Введем вектор $y(t)=\left(V_1,...,V_N\right)^T$ и вектор $z(t)=\left(y(t),\ V^0(t)\right)^T$. Тогда уравнения (1), (2) можно переписать в виде

$$z(t+1)=A(t)z(t)+B(t)u(t), \tag{3}$$

где $A(t)=\overline{A}(t)+\widetilde{A}(t)$; $\overline{A}(t),\ \widetilde{A}(t)$ – диагональные матрицы размерности $(N+1)\times(N+1)$, d_{jt}=1, если дисциплина j назначена в семестре t, иначе 0. Матрица $B(t)$ имеет размерность $(N+1)\times N$.

В качестве целевой функции выберем линейный функционал

$$J=M\left\{\sum_{t=1}^{T-1}\left(V(t)-V^0(t)\right)+\sum_{t=0}^{T-1}b^T(t)\cdot u(t)+\left(V(T)-V^0(T)\right)\right\}\to\min_{u(t)},$$

где $b(t)=\left(\mu_1(t)d_{1t},...,\mu_N d_{Nt}(t)\right)^T$.

Используя $z(t)$, перепишем $\left(V(t)-V^0(t)\right)$ в форме $\left(V(t)-V^0(t)\right)=Cz(t)$, где $C=\left(1,1,...,1,-1\right)\in R^{N+1}$. Критерий качества J примет вид

$$J=M\left\{\sum_{t=1}^{T-1}Cz(t)+\sum_{t=0}^{T-1}b^T(t)\cdot u(t)+Cz(T)\right\}\to\min_{u(t)}\cdot \tag{4}$$

Итак, имеем задачу оптимального управления, в которой уравнение состояния описывается многошаговым процессом (3), а функционал качества – выражением (4). Управление задается вектором $u(t)$. Задача решается при ограничении $V(t)\geq V^0(t)$ или $C\cdot z(t)\geq 0$.

Ограничение, связанное с запретом штрафных баллов, имеет вид $u(t)\geq 0,\ t=0,...,T-1$.

Введем ограничения на балльные оценки дисциплин

$$c_j^{\min}\leq y_j(t)+u_j(t)\leq c_j^{\max},\ j=1,...,N.\cdot \tag{5}$$

Здесь $c_j^{\min}$, $c_j^{\max}$ минимальное и максимальное количество баллов, которые может набрать студент для получения отметки в зачетной книжке ($c_j^{\min}=55,\ c_j^{\max}=100$).

В терминах $z(t)$ ограничения (5) примут вид

$$c^{\min}\leq z(t)+Y(t)u(t)\leq c^{\max},\ t=0,...,T-1,$$

где Y – матрица размерности $(N+1)\times N$.

Ограничение по семестровой трудоёмкости изучения дисциплин представим как

$$\frac{M_{\min}^g(t)}{N_t}\leq\frac{1}{100N_t}\sum_{j=1}^{N}k_jd_{jt}y_j(t)\leq\frac{M_{\max}^g(t)}{N_t},\ t=1,...,T, \tag{6}$$

где k_j – количество кредитов по j-й дисциплине; $N_t=\sum_{j=1}^{N}d_{jt}$ – количество дисциплин, изучаемых в семестре t.

$M_{\min}^g(t),\ M_{\max}^g(t)$ – минимальное и максимальное значения кредитов по циклу дисциплин, определяемые учебным планом. Например, для бакалавриата по техническим специальностям и направлениям выделяют гуманитарный, социальный и экономический цикл ($g=1$), математический и естественнонаучный цикл ($g=2$) и профессиональный цикл ($g=3$). По каждому из этих циклов в ФГОС-3 определены минимальное и максимальное количество кредитов.

Введем вектор $D(t)=\frac{1}{100N_t}\left(d_{1,t}k_1,d_{2,t}k_2,...,d_{N,t}k_N;0\right)\cdot$

Тогда ограничение (6) примет вид $\frac{M_{\min}^g(t)}{N_t}\leq D(t)z(t)\leq\frac{M_{\max}^g(t)}{N_t},\ t=1,...,T\cdot$

Для учета дисциплин-пререквизитов введем коэффициенты r_{ij}. В работе Добросоцкой И.В. и Крахт Л.Н. эти коэффициенты называются коэффициентами тесноты междисциплинарной связи. В отличие от работы этих авторов коэффициенты r_{ij} будем полагать равными 0 либо 1. Коэффициент $r_{ij}=1$, если для изучения j-й дисциплины требуется предварительно изучить дисциплину под номером i и $r_{ij}=0$ — в противном случае. Для учета дисциплин-кореквизитов введем коэффициент f_{ij}, который равен 1, если i-я дисциплина в дальнейшем используется для изучения j-й дисциплины, и $f_{ij}=0$ — в противном случае. С помощью этих коэффициентов определяется порядок изучения дисциплин, который задается индивидуальным учебным планом. Если $r_{ij}=0$ и $f_{ij}=0$, то возможно параллельное изучение дисциплин.

Ограничения, связанные с порядком изучения дисциплин в каждом семестре t, запишем в виде

$$\begin{aligned} N_t c_k^{\min} &\le \sum_{i=1}^{N} r_{ik} d_{it} y_i(t) \le c_k^{\max} N_t,\ k = 1,...,N_t; \\ N_t c_i^{\min} &\le \sum_{k=1}^{N} f_{ik} d_{kt} y_k(t) \le c_i^{\max} N_t,\ i = 1,...,N_t. \end{aligned} \quad (7)$$

Здесь $c_k^{\min}$, $c_k^{\max}$ – минимальное количество баллов, допускаемых по данной дисциплине (см. таблицу).

Если вводить ограничения с порядком изучения дисциплин в течение всего периода обучения T, не привязываясь к конкретному семестру, то вместо (7) будем иметь

$$\begin{aligned} N c_k^{\min} &\le \sum_{i=1}^{N} \sum_{t=1}^{T} r_{ik} d_{it} y_i(t) \le c_k^{\max} N,\ k = 1,...,N; \\ N c_i^{\min} &\le \sum_{k=1}^{N} \sum_{t=1}^{T} f_{ik} d_{kt} y_k(t) \le c_i^{\max} N,\ i = 1,...,N. \end{aligned} \quad (8)$$

Введем вектора $R^k(t) = \left(r_{1,k} d_{1,t}, r_{2,k} d_{2,t}, ..., r_{N,k} d_{N,t}, 0\right)$,

$F^i(t) = \left(f_{i,1} d_{1,t}, f_{i,2} d_{2,t} ..., f_{i,N} d_{N,t}, 0\right)$

и перепишем ограничения (7) в терминах $z(t)$

$N_t c_k^{\min} \le R^k(t) z(t) \le c_k^{\max} N_t,\ k = 1,...,N;$

$N_t c_i^{\min} \le F^i(t) z(t) \le c_i^{\max} N_t,\ i = 1,...,N.$

Ограничения (8) примут вид

$N c_k^{\min} \le \sum_{t=1}^{T} R^k(t) z(t) \le c_k^{\max} N,\ k = 1,...,N;$

$N c_i^{\min} \le \sum_{t=1}^{T} F^i(t) z(t) \le c_i^{\max} N_t,\ i = 1,...,N.$

Для решения задачи слежения необходимо задать начальное состояние системы $z(0) = \begin{pmatrix} y(0) \\ V^0(0) \end{pmatrix}$. Начальные баллы реального и эталонного студента считаем равными нулю $V(0) = V^0(0) = 0$.

Итак, сформулируем окончательно задачу управления индивидуальной траекторией обучения

$$J = M\left\{\sum_{t=1}^{T-1} Cz(t) + \sum_{t=0}^{T-1} b^T(t) \cdot u(t) + Cz(T)\right\} \to \min_{u(t)}, \quad (9)$$

$$\begin{aligned} & z(t+1) = A(t) z(t) + B(t) u(t), \quad (10) \\ & C \cdot z(t) \ge 0, \\ & c^{\min} \le z(t) + Yu(t) \le c^{\max},\ t = 0,...,T-1; \\ & N_t c_k^{\min} \le R^k(t) z(t) \le c_k^{\max} N_t,\ k = 1,...,N; \\ & N_t c_i^{\min} \le F^i(t) z(t) \le c_i^{\max} N_t,\ i = 1,...,N; \\ & \frac{M_{\min}^g(t)}{N_t} \le D(t) z(t) \le \frac{M_{\max}^g(t)}{N_t},\ t = 1,...,T; \\ & u(t) \ge 0,\ t = 0,1,...,T-1 \end{aligned}$$

Заключение

Проанализировано общее состояние проблемы формирования траектории обучения студентов и в частности выбора индивидуальной ее направленности.

Разработан новый метод управления траекторией обучения. Система формирует оптимальную индивидуальную траекторию обучения студента, основанную на динамической модели при ограничениях.

Задача является линейной задачей динамического программирования. Ее можно привести к задаче линейного программирования, для которой разработаны надежные методы решения.

Задача может быть решена стандартным симплекс методом с помощью любого математического пакета (например, Mathcad) или компьютерной программы, написанной на языке, например, Fortran, C++, C#.

Для решения задач большой размерности можно воспользоваться методом управления с прогнозирующей моделью.

Литература.

1. Алгазин Г. И., Чудова О. В. Информационные технологии комплексной оценки компетентности выпускника вуза // Вестник НГУ. Сер.: Информационные технологии. -2009. -Т. 7, вып. 3.
2. Добросоцкая, И.В., Крахт, Л.Н. Система поддержки принятия решений при формировании индивидуальной траектории обучения [Текст] / И.В. Добросоцкая, Л.Н. Крахт // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2009. – Т. 5, № 9. – С. 197-200.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПЕРСПЕКТИВ РАЗВИТИЯ РАЗЛИЧНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ДИНАМИКИ ИЗМЕНЕНИЯ КОЛИЧЕСТВА ЗАРЕГИСТРИРОВАННЫХ ПАТЕНТОВ

А.В. Шокарев, к.т.н., доцент кафедры ИС, Е.Ю Костюченко**, к.т.н, доцент,*
*В.И. Карнышев**, к.т.н., начальник ПИО*
** Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского Томского политехнического университета*
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел.(38451) 6-49-42
E-mail:shokarev_av@mail.ru
*** Томский Государственный университет систем управления и радиоэлектроники*
634050, г. Томск пр. Ленина, 40, тел. (3822)-41-34-26
E-mail: key@keva.tusur.ru

Проблема анализа и прогнозирования динамики развития того или иного научного направления при разработке новых устройств и машин является актуальной. Как минимум предсказание общей тенденции развития интересующей области может позволить сказать имеет ли смысл в ближайшей перспективе проводить общие исследования в данном направлении или же при отсутствии глобальных прорывов большая часть исследований на основе текущей базы уже проведена и в дальнейшем до момента появления качественного скачка результаты исследований значимого вклада уже не внесут. Очевидно, что результаты таких прогнозов не являются абсолютно значимыми, поскольку без непрерывного проведения исследований в заданном направлении вероятность возникновения этого скачка минимальна, однако данное исследование может служить маркером по полноте исследований на основе существующей на данный момент базы.

Для проведения такого рода исследований необходимо определиться с источником входных параметров. В качестве простого примера таких параметров может выступать, например, динамика регистрации патентов по заданным направлениям. В качестве источника такой информации может выступать патентная база, уже содержащая в себе структуру по различным направлениям. В данной работе рассматривается анализ патентной базы США. Выборка из базы данных патентов осуществляется с помощью программного обеспечения [1], представленного в [2, 3]

В качестве входных данных на данном этапе исследования выступают данные по 867 направлениям исследований, представляющие собой подразделы следующих укрупненных групп: Электромеханические устройства для измерения интеграла электрической мощности или тока по времени, например потребления или расхода (контроль потребления электроэнергии на транспортных средствах с электротягой B 60L 3/00); устройства для образного представления электрических переменных величин или формы волн (образное представление величин путем механического перемещения 5/00,7/00,9/00; запись спектра частот 23/18) и другие подразделы. Информация структурирована по годам, рассматривался период времени с 1976 по 2014 год включительно (39 значений), при этом информация за 2014 год представлена на май месяц.

В качестве первого простейшего подхода для построения для построения прогнозов был выбран подход, основанный на построении прогнозов на основе фильтрации высокочастотных составляющих на основе цифровых фильтров, по сути реализующих механизм авторегрессии – прогнози-

рования динамики развития процесса в виде значения следующего отсчета как линейной функции от некоторого количества предыдущих отсчетов, определяющих порядок регрессии. Математически это может быть записано как

$$X(t) = c + \sum_{i=1}^{n} a_i X(t-i),$$

где c – постоянная составляющая (как правило равна нулю), n – количество учитываемых предыдущих отсчетов, a_i – коэффициенты уравнения (коэффициенты авторегрессии).

На этапе построение происходит определение коэффициентов a_i таким образом, чтобы суммарная ошибка прогноза на основе имеющихся данных была минимальной при прогнозировании на основе имеющихся n отсчетов следующего, $n+1$-го, который уже известен. Далее происходит сдвиг на один отсчет вперед, и операция повторяется до тех пор, пока не дойдем до прогноза последнего отсчета. Коэффициенты a_i могут быть найдены, например, на основе метода наименьших квадратов, процесс их нахождения детально изучен, описан в [4, 5] и реализован во множестве математических пакетов, включая Matlab, в котором и будет проводиться исследование.

При ознакомлении с полученными входными данными была сразу отмечена значительная количественная разница в размерах групп (от единиц патентов до нескольких тысяч патентов в рамках одной группы). Логично, что объем группы накладывает серьезные ограничения на применяемый математический аппарат и возможность прогнозирования в принципе (построение прогноза на основе одного ненулевого значения независимо от используемого математического аппарата затруднительно, особенно если это значение существенно отличается от нуля). Для проведения исследования по возможности осуществления авторегрессии были выбраны несколько классов с объемом, превышающим 100.

В качестве выбранных классов выступили подклассы класса H02M7, представленные в таблице 1.

Таблица 1

Классы патентов для предварительного исследования

H02M7_00-g.csv	Преобразование энергии переменного тока на входе в энергию постоянного тока на выходе; преобразование энергии постоянного тока на входе в энергию переменного тока на выходе	606
H02M7_12-g.csv	7/12 . . . выполненных на газоразрядных, электронных или полупроводниковых приборах с управляющим электродом	345
Общая сумма по классу H02M7		7072

Для тестирования подхода были выбраны следующие алгоритмы построения авторегрессии:

1. Авторегрессия на основе метода Юле-Уолкера;
2. Авторегрессия на основе метода Берга;
3. Авторегрессия на основе метода ковариации;
4. Авторегрессия на основе модифицированного метода ковариации [6].

Последний 2014 год при анализе отбрасывался в силу незавершенности и отсутствия информации по месяцам для сравнения аналогичных периодов, что привело к сокращению количества анализируемых отсчетов до 38. Порядок фильтров ограничен 19 как половиной количества доступных отсчетов (ограничение методов ковариации). Абсолютная ошибка, нормированная на один отсчет, определялась по формуле

$$Err = \frac{\sum_{i=1}^{n} |x_i - x_{0i}|}{n} = \frac{\sum_{i=1}^{38} |x_i - x_{0i}|}{38},$$

где x_i – значение на i-ом отсчете, полученное на основе предсказания на базе авторегрессии;

x_{0i} – действительное значение на i-ом отсчете, полученное на основе предсказания на базе авторегрессии.

Динамика изменения ошибки в зависимости от количества учитываемых точек представлена на рисунке 1. Видно, что ошибка в рамках рассматриваемого диапазона размера окна для предсказания убывает (что логично), однако, если для авторегрессии на базе метода Юле-Уолкера динамика убывания под конец затухает, то для методов Берга и модифицированного ковариации убывание продолжается со значимыми темпами, а для метода ковариации затухания в данном диапазоне не наблюдается в принци-

пе. К сожалению, расширить размер диапазона для данного метода не представляется возможным в силу ограничения на количество имеющихся в распоряжении отсчетов по годам.

Если расширить диапазон для первых двух методов до максимума в 37 отсчетов, то графики примут вид, представленный на рисунке 2.

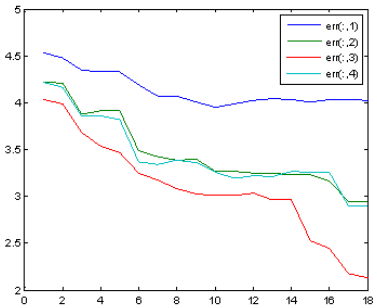


Рис. 1. Зависимость нормированной по количеству годов ошибки в зависимости от размера окна анализа и используемого метода. 1 – метод Юле-Уолкера, 2 – метод Берга, 3 – метод ковариации, 4 – модифицированный метод ковариации

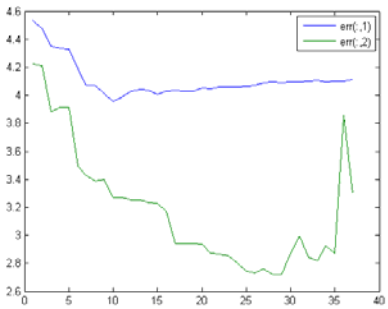


Рис. 2. Зависимость нормированной по количеству годов ошибки в зависимости от размера окна анализа и используемого метода. 1 – метод Юле-Уолкера, 2 – метод Берга

По итогам предварительного эксперимента видно, что, во-первых, увеличивать размер окна анализа более 30 лет для этих методов нецелесообразно в силу роста ошибки, во-вторых, даже для такого размера окна анализу ошибка превышает метод ковариации. На основе этого выбран размер окна анализа для методов ковариации в 18 отсчетов (лет), для остальных методов – в 29 отсчетов (лет).

Построение прогноза на основе каждого из рассматриваемых методов для двух подклассов и итогового класса приведен на рисунках 3-5.

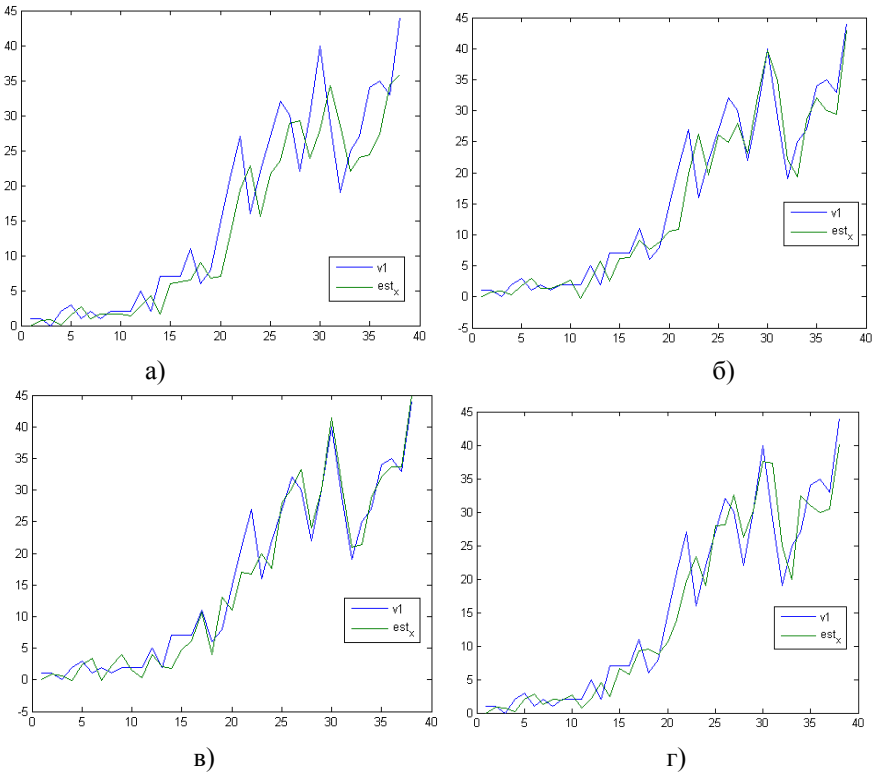
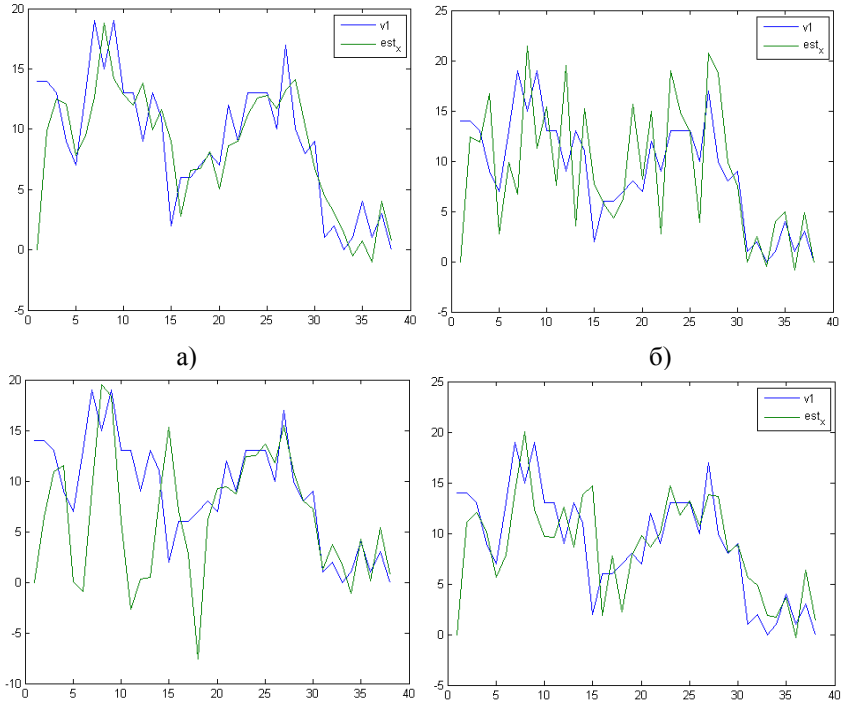


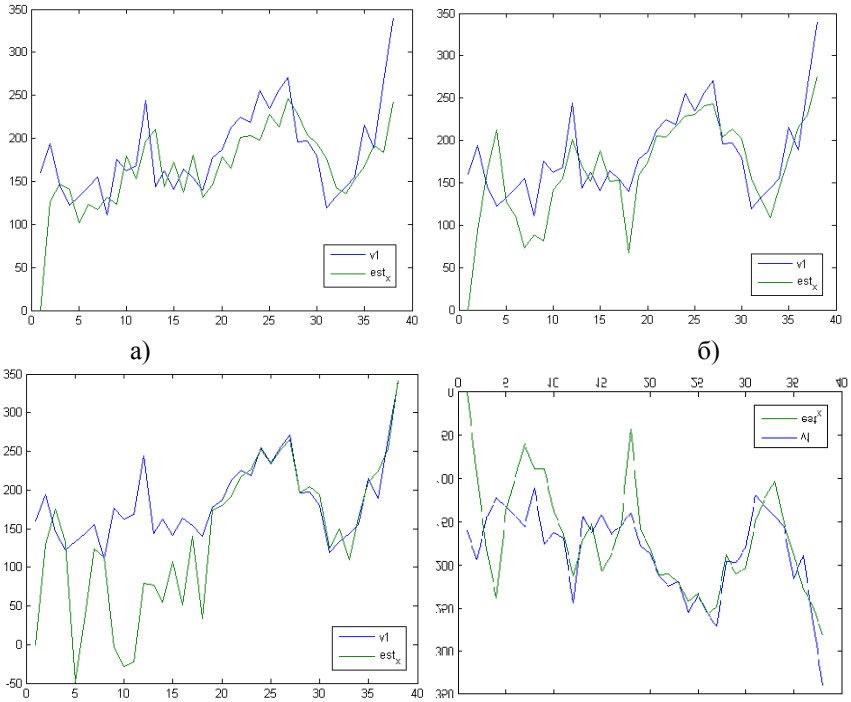
Рис. 3. Класс H02M07/00, а) метод Юле-Уолкера, б) метод Берга, в) метод ковариации, г) модифицированный метод ковариации v1 – реальная кривая динамики изменения количества зарегистрированных патентов, est_x – количество, предсказанное на основе авторегрессии



а) б)

в) г)

Рис. 4. Класс H02M07/02, а) метод Юле-Уолкера, б) метод Берга, в) метод ковариации, г) модифицированный метод ковариации v1 – реальная кривая динамики изменения количества зарегистрированных патентов, est_x – количество, предсказанное на основе авторегрессии



а) б)

в) г)

Рис. 5. Полный класс H02M07 а) метод Юле-Уолкера, б) метод Берга, в) метод ковариации, г) модифицированный метод ковариации v1 – реальная кривая динамики изменения количества зарегистрированных патентов, est_x – количество, предсказанное на основе авторегрессии

На основе анализа полученных диаграмм можно сделать следующие выводы:

1. Применение методов авторегрессии для анализа данных представленного объема сопряжено со значимыми трудностями, поскольку при меньших размерах окна анализа наблюдается рост ошибки (либо она слишком велика в принципе по сравнению даже с начальным уровнем ошибок других методов как в методе Юле-Уолкера). Если же остановиться на текущем выборе, то количество точек после настройки фильтра оказывается невелико, если же часть этих точек выделить для валидации получаемой модели процесса, то их количество еще больше сократится.

2. Поведение методов обучения сильно зависит от вида изучаемой зависимости (восходящая, нисходящая, начинается ли со значений близких к нолю или нет и т.д.). Необходима предварительная классификация наборов в зависимости от объема (при небольших объемах рассматриваемые методы малоперспективны в принципе) и поведения во времени.

3. Получаемые модели справедливы только для данного набора или, возможно, для нескольких очень близких классов. Коэффициенты авторегрессии для различных классов значимо отличаются (таблица 2, представлены 10 коэффициентов авторегрессии со 2 по 11). Соответственно, обобщение получаемых авторегрессионных моделей проблематично.

Таблица 2

Коэффициенты авторегрессионных моделей для различных классов и методов

	класс H02M07/00									
№коэфф.	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ю.-У.	-0,7746	-0,0788	-0,0088	-0,0174	-0,1466	0,2038	-0,1815	-0,1960	0,2178	0,0950
Берга	-0,8428	-0,1026	-0,2442	0,1824	-0,3539	0,6687	0,1214	-0,6627	-0,2320	0,4123
Ковар.	-0,9065	0,3200	-0,1720	-0,3274	-0,9654	1,3880	-1,0113	0,3836	0,4341	0,1064
Мод.ков.	-0,8436	0,0585	-0,3059	-0,0284	-0,3913	0,4496	0,0523	-0,1216	-0,0325	0,1431
	класс H02M07/12									
№коэфф.	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ю.-У.	-0,7070	-0,1882	-0,0165	0,0866	-0,2685	0,0465	-0,0525	0,1539	0,1835	-0,1089
Берга	-0,8877	0,0383	-0,4075	0,7424	-0,6476	0,5490	-0,5859	0,5943	-0,1543	-0,0331
Ковар.	-0,4589	-0,3198	-0,0799	0,6699	-0,0942	-0,5381	-0,2391	0,1507	0,4861	0,1118
Мод.ков.	-0,7938	-0,0669	0,0720	0,0971	-0,2821	-0,0922	-0,0375	0,2489	0,2552	-0,2198
	суммарный класс H02M07									
№коэфф.	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ю.-У.	-0,8232	0,0747	-0,1993	0,1558	-0,1592	0,1347	-0,0696	-0,1223	0,0175	-0,0455
Берга	-0,2897	-0,3930	-0,5036	0,4500	0,0861	0,0303	-0,0456	0,0773	-0,0457	-0,3097
Ковар.	-0,8088	-0,1159	0,0483	0,9634	-0,6900	-0,0252	0,0676	0,3210	0,3728	-0,0331
Мод.ков.	-0,5888	-0,4209	-0,4395	0,5132	-0,0163	0,3944	-0,0961	0,0035	-0,1584	-0,2135

В качестве следующего этапа исследования выступает предварительное структурирование и разбиение на классы с целью выделения в отдельных класс похожих по характеру динамики развития наборов для применения одинаковых методов анализа, что позволит получать прогнозные значения для динамики появления новых патентов для выбранного направления машиностроения.

Работа поддержана грантом РФФИ 14-07-00449 «Создание технологии интеллектуального анализа и прогноза на основе формируемых специализированных баз данных патентной и реферативной информации зарубежных электронных ресурсов».

Работа поддержана Министерством образования и науки, проект № 1220 «Фундаментальные основы проектирования информационно-безопасных систем».

Литература.

1. Мещеряков Р.В. Анализ и прогноз технических направлений. Количество патентов США в подгруппах МПК: построение временных рядов / В.И. Карнышев, В.И. Авдзейко, Р.В. Мещеряков, Л.В. Парнюк, А.О. Шумская, А.Ю. Исхаков // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ в Федеральной службе по интеллектуальной собственности № 2014619726 от 19.09.2014.

2. Костюченко Е.Ю. Защита информационной системы обработки данных патентной информации / А.Ю. Исхаков, В.И. Карнышев, Р.В. Мещеряков, А.О. Шумская // Ползуновский вестник. – 2014. – №2. – С. 251-254
3. Авдзейко, В.И. Анализ результатов конкурсов на выполнение НИОКТР [Текст] / В.И. Авдзейко, В.И. Карнышев, Л.В. Парнюк, Р.В. Мещеряков, А.А. Шелупанов // Научное обозрение. – 2013. – № 2. – С. 310-323.
4. Бокс Дж., Дженкинс Г. Анализ временных рядов. Прогноз и управление. -М.: Мир, 1974. Вып.1 406 с.
5. Бокс Дж., Дженкинс Г. Анализ временных рядов. Прогноз и управление. -М.: Мир, 1974. Вып.2 197 с.
6. Kay, S.M. Modern Spectral Estimation: Theory and Application. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1988, pp. 228–230.

ЭКОНОМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ САНКЦИОНИРОВАННЫХ ДЕЙСТВИЙ СТРАН ЗАПАДА ПО ОТНОШЕНИЮ К РОССИИ НА КРУПНЕЙШИЕ РОССИЙСКИЕ ПРЕДПРИЯТИЯ И ФИНАНСОВЫЕ РЫНКИ

Ю.В.Аксенова, студент,
Научный руководитель: Кац В.М., канд. физ.-мат. наук, доцент
Томский политехнический университет
634050, г. Томск пр. Ленина, 30, тел. (3822)-12-34-56
E-mail: julieaksenova@gmail.com

Ввиду санкционированных действий, направленных против Российской Федерации, от Стран ЕС, США, Канады, Норвегии, Швейцарии и Японии, по мнению управляющего директора группы банка Lombard Odier Арно Леклерка, это может оказать значительное влияние на функционирование российских финансовых рынков. Особый эффект таких действий ожидается в краткосрочной перспективе. Данное явление подразумевает прямую взаимосвязь с сокращением участия в российской экономике иностранных пенсионных фондов, хедж-фондов и банков с резким падением доли инвестиций и инвестиционных возможностей, что в свою очередь приведёт к давлению на российские компании. В связи с вышеописанной ситуацией возникает чрезвычайная актуальность исследования взаимозависимости и влияния введённых санкционированных действий на важнейшие макроэкономические, биржевые показатели, а также прогнозирование в краткосрочной и долгосрочной перспективе.

Таким образом, основополагающей целью данного исследования является отражение воздействия вводимой санкционированной политики на состояние российской экономики, а также выявление взаимозависимости факторных признаков между собой на основе эконометрических исследований.

После ситуации на Украине санкционированные действия стран Евросоюза и США коснулись многих областей. Отправной точкой стало составление санкционированных списков, к которым прибегнули Канада, страны ЕС, Швейцария и Япония, которые подразумевают запрет въезда на территорию страны и замораживание возможных финансовых активов. Следующим шагом от вышеуказанных стран, включая США и Австралию, стало ограничение в сроке предоставления кредитов российским компаниям и банкам на срок более 30 дней.

Необходимо выделить как особый аспект анализа санкционированные действия стран Евросоюза по отношению к российским компаниям, к которым относятся крупнейшие нефтедобывающие компании («Роснефть», «Транснефть», «Газпром нефть») и компании оборонно-промышленного комплекса («Уралвагонзавод», «Оборонпром», «Объединённая авиастроительная корпорация») и банкам («Сбербанк России», «Газпромбанк», ВТБ, «Россельхозбанк», ВЭБ):

- запрет европейским компаниям и физическим лицам совершать сделки с ценными бумагами вышеуказанных компаний сроком обращения более 30 дней;
- данным компаниям запрещены операции со счетами в европейских банках, а также инвестиционные консультации;
- запрещены поставки европейских технологий двойного назначения, которые могут быть использованы как в гражданской, так и в оборонной промышленности;
- гражданам стран ЕС и европейским компаниям запрещено оказание услуг по разработке и добыче нефти на глубоководье, в Арктике и на сланцевых месторождениях.

Американские санкции затрагивают также инвестиции в новые акции и облигации, а также вводят запрет на получение российских компаний кредиты на срок более 90 дней. США ограничили

экспорт в Россию высокотехнологической продукции двойного назначения — товаров, технологий и программ, которые потенциально могут быть использованы и в военно-промышленном комплексе.

Для анализа вышеописанных действий на российские финансовые рынки с помощью эконометрической регрессионной модели результативным фактором при построении модели зависимости был выбран курс рубля по отношению к доллару. В связи с идентичным поведением биржевых показателей, цен на сырьё и стоимостью акций крупнейших российских компаний для анализа было выделено по одному или несколько показателей, которые выступают факторными признаками. Основу их составляют индекс Московской межбанковской Валютной Биржи, который включает в себя среднюю стоимость акций пятидесяти крупнейших российских компаний, и цены на нефть Brent (USA/барр.)».

Выборочная совокупность состоит из 51 элемента и включает в себя данные вышеуказанных котировок за каждые семь дней в течение одного года. Выборка превышает количество факторных признаков более чем в 25 раз, что говорит о прикладном характере модели.

$$Y= 81,89569-0,01286*X1-0,26658*X2$$

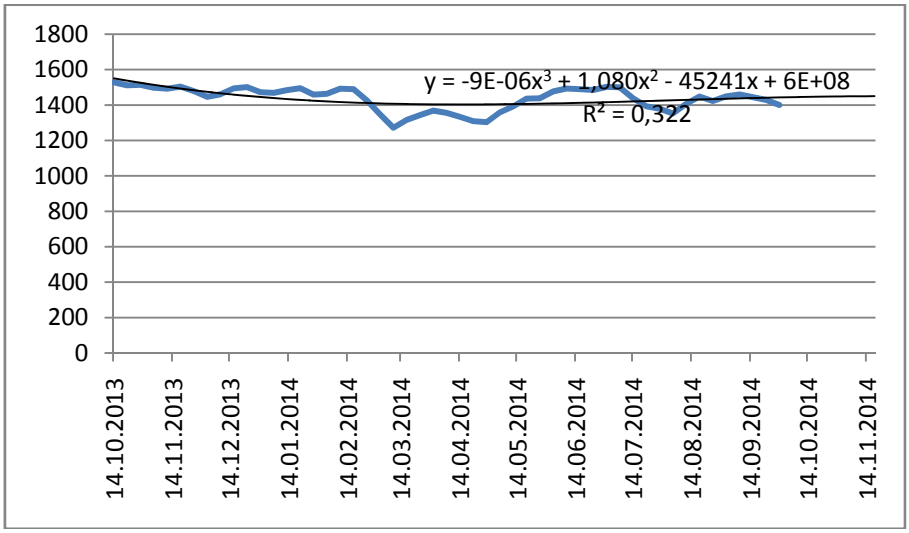
Где ***X1*** – индекс ММВБ;

X2 – цена нефти Brent (USA/барр.).

Р-значения при построении модели не превышают 5% и равны 3,18E-07 и 2,42E-09 соответственно. Коэффициент детерминации равен 0,690706, что говорит о достаточном уровне значимости модели. Вышеуказанная модель отличается обратной зависимостью курса рубля от стоимости акций компаний и цены на нефть.

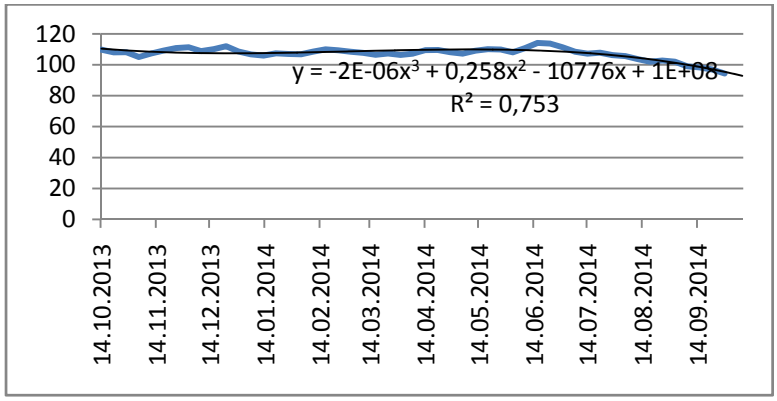
Данные факторные признаки, взятые за основу индикатора, отражающего воздействие санкций Европы и США против экономики России, являются основополагающими при анализе курса рубля. Таким образом, целесообразным считается прогнозирование результативного признака на основе прогноза воздействующих факторов.

Динамика котировок ММВБ представлена ниже на графике. Средняя стоимость акций крупных российских компаний, таких как «Газпром», ВТБ, «Лукойл», «Сбербанк России», «Аэрофлот» и «Роснефть» резко снижается в начале марта 2014 года. Это связано с ограничением по совершающимся операциям с ценными бумагами сроком обращения более 30 дней, ограничением операций со счетами этих компаний, прекращением инвестиционных консультаций со стороны стран Евросоюза. Со стороны США оказало воздействие на стоимость акций прекращение инвестирования в новые акции и облигации, а также отказ в получении кредита этим компаниям сроком более 90 дней. Однако, отрицательное воздействие вышеописанных действий многие экономисты находят только в краткосрочной перспективе. Индия, Китай, страны Латинской Америки и Африки, в том числе и Россия, входят в список быстрорастущих стран с растущим потребительским классом. Данное явление может оказать положительное влияние на развитие российских компаний.



Динамика показателя индекса ММВБ

Прогнозируемая динамика средней стоимости акций может быть оценена как находящаяся на прежнем уровне. Однако график демонстрирует резкие и частые колебания данного показателя, о чём свидетельствует и коэффициент детерминации $R^2 = 0,3229$. В условиях неустойчивости и нестабильности российской экономики нельзя пренебрегать экстремальными значениями.

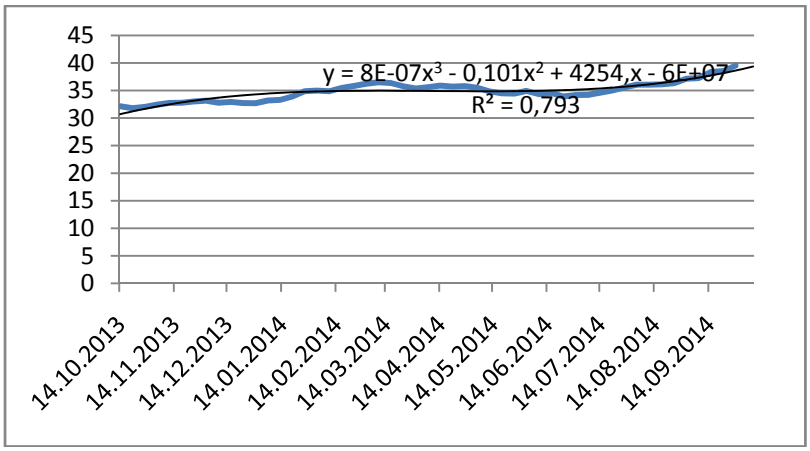


Динамика цен на нефть

Вышерасположенный график динамики цен на нефть в течение одного года демонстрирует постепенное снижение данного показателя. Это связано с влиянием санкций, которые затронули нефтегазовую отрасль, а именно такие компании как «Новатэк», «Роснефть», нефтяной терминал Феодосии. Также это связано с общемировой стагнацией в рассматриваемый период.

Прогнозируемая линия тренда, описываемая как полином третьей степени, указывает и на дальнейшее снижение цен на сырьё. Коэффициент детерминации $R^2 = 0,7533$ находится на уровне значительно выше предыдущего показателя, что говорит о меньшей вариативности данного показателя в рассматриваемый период.

Таким образом, на основе прогноза факторных признаков анализируется дальнейшее развитие курса рубля по отношению к доллару. На графике отражён тренд на дальнейшее падение рубля по отношению к доллару, дальнейшее снижение стоимости национальной валюты. В связи с этим Центральный Банк РФ вынужден осуществлять значительные интервенции, направленные на стабилизацию курса рубля. В последние дни Банк России предпринял несколько серьезных мер. В частности, ЦБ провел прямые покупки валюты на рынке в объеме свыше $10 млрд в день.



Динамика курса рубля по отношению к доллару

Санкционированные действия со стороны стран Евросоюза и США оказывают влияние на российские финансовые рынки с мультипликативным эффектом. Степень корреляции экономических показателей, через анализ которых целесообразно учитывать влияние действий Запада, представлена ниже в виде таблицы.

	Курс долл	Индекс ММВБ	Нефть Brent, USA барр	Акции газпром, руб	Акции Аэрофлот	Акции Лукойл	Акции ВТБ	Акции Сбербанк
Курс долл	1,000							
Индекс ММВБ	-0,588	1,000						
Нефть Brent, USA барр	-0,681	0,175	1,000					
Акции газпром, руб	-0,570	0,883	0,302	1,000				
Аэрофлот	-0,525	0,437	0,408	0,311	1,000			
Лукойл	-0,086	0,655	-0,260	0,521	-0,085	1,000		
ВТБ	-0,662	0,761	0,387	0,658	0,648	0,230	1,000	
Сбербанк	-0,822	0,748	0,389	0,664	0,695	0,234	0,751	1,000

Таким образом, наблюдается отрицательная зависимость курса доллара по отношению к стоимости акций российских компаний и ценам на нефть. Данные показатели оказывают значительное влияние, о чём говорят коэффициенты корреляции с данным показателем больше 0,5 по абсолютному значению. Также отражена и значительная зависимость стоимости акций компаний и ценой на сырьё, а также между собой. Это связано с сокращением объёмов поставок и ограничениями по операциям со счетами и расчетами.

Произведённый анализ говорит о значительном влиянии санкционированных действий со стороны стран Запада. Если многие европейские страны связаны с Россией прочными торговыми отношениями, а именно товарооборот России с Германией в 2012 г составил $110 млрд, вследствие чего немецкие власти не поддерживают жестких санкций, то США не опасаются обратного влияния санкционированных действий на американскую экономику. Так товарооборот России с США в этом же году составил лишь $27 млрд.

Для постоянной поддержки рубля Центральный Банк регулярно вынужден производить валютные интервенции, что бесконечно исчерпывает золотовалютные резервы страны. Также санкции оказывают влияние и на фондовые рынки: капитализация российского фондового рынка уменьшилась на 3% за один день.

Однако сложившаяся ситуация может способствовать диверсификации национальной экономики и большей ориентации на сотрудничество со странами Востока.

Литература.

1. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс] URL: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/finance/ (дата обращения: 25.01.2015.)
2. Московская биржа [Электронный ресурс] URL: http://moex.com/ru/markets/currency/ (дата обращения: 25.01.2015.)

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОГО И ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОДДЕРЖКИ ВЫБОРА ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ТРАЕКТОРИИ

А.А. Захарова, к.т.н., доцент, А.Н. Лазарева, лаборант, В.В. Останин, студент гр. 17В20
Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского Томского политехнического университета
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел. (38451) 6-49-42
E-mail: zacharovaa@mail.ru

Жизнь в эпоху научно-технического прогресса становится все сложнее и разнообразнее. Она требует от человека не шаблонных, привычных действий, а творческого подхода к решению малых и больших проблем, гибкости мышления, быстрой ориентации и адаптации к новым условиям и готовности к постоянному профессиональному росту.

Одной из важнейших задач становится обеспечение соответствия профессионально-квалификационной структуры кадров быстро меняющемуся материально-техническому базису производства. Отставание профессиональных знаний от требований производства вызывает необходимость дополнительного кадрового вовлечения в производство, снижает эффективность использования оборудования и трудовых ресурсов. Улучшение ее качества с помощью системы непрерывного профессионального обучения кадров является одним из основных резервов повышения эффективности производства.

Необходимость получения навыков, умений и знаний для успешной трудовой деятельности вынуждает индивидуума получать соответствующее образование. Существует довольно большое количество альтернатив, которыми человек может воспользоваться: он может сначала получить образование, затем вступить в трудовую деятельность; может сразу включиться в трудовую деятельность, а затем получать образование в заочной форме или на различных курсах подготовки, повышения квалификации и переподготовки; может остановиться на одном из уровней образования или пройти их все и т.п.

Выбор образовательной траектории человеком – это одна из самых главных проблем всей его жизни. Современный рынок образовательных услуг предоставляет индивидууму широкий спектр образовательных траекторий. В выборе образовательной траектории заинтересован не только сам человек, но и его окружение (семья, социальные группы и пр.), работодатели, учебные заведения, и, в конечном счете, государство. Качество и адекватность решения индивидуума определяется качеством информационной поддержки этого выбора, и требует разработки соответствующих методов поддержки принятия решений.

В настоящее время проводится широкий спектр исследований в сфере управления образовательной деятельностью. Наиболее близкие исследования к тематике работы связаны с разработкой следующих вопросов: проектирование образовательных программ учебных заведений, формирование индивидуальных учебных планов обучающихся [1], оценка востребованности специальностей и направлений на рынке труда, на рынке образовательных услуг [2], оценка качества предоставляемых услуг учебного заведения [3, 4], развитие системы дополнительного образования, подготовка и переподготовка кадров [5, 6], организация взаимодействия учебных заведений и работодателей.

Учебные заведения, разрабатывая и реализуя программы, должны ориентироваться на потребности работодателей и студентов и создавать механизмы, позволяющие непрерывно отслеживать изменения конъюнктуры рынка труда и требований основных потребителей к качеству образования – работодателей.

Данная проблема затрагивается также в рецензированной статье Л. А. Ильиной, доцента кафедры финансов, денежного обращения и экономической безопасности Уфимского государственного авиационного технического университета. В статье рассматривается вопрос формирования механизмов, обеспечивающих связь требований работодателей и образовательных стандартов и программ к профессиональным квалификациям выпускников [7].

Проблема оценки конкурентоспособности образовательных программ освящена в диссертации кандидата педагогических наук Мальченковой И.В. «Оценка конкурентоспособности образовательной программы как средство повышения качества образования: на примере деятельности руководителя учреждения среднего профессионального образования».

В диссертации выдвинута гипотеза исследования: оценка конкурентоспособности образовательного учреждения и управление качеством образования в учреждении не должны рассматриваться изолированно. Оценка конкурентоспособности в деятельности руководителя может служить средством повышения качества образования, если:

– конкурентоспособность образовательного учреждения рассматривается как конкурентоспособность совокупности его продуктов - образовательных программ учреждения;

– образовательная программа понимается как совокупность свойств образовательной услуги, значимых для потребителей и их представителей - родителей;

– используется модель, предполагающая выявление важнейших потребительских свойств образовательных программ, осуществление оценки значимости для потребителей отдельных свойств для каждой программы и степени удовлетворенности потребителей каждым свойством для каждой программы.

Автор выделяет характеристики образовательных программ, которые оказывают существенное влияние на конкурентоспособность образовательной программы, а именно:

– репутация образовательной программы – сложившееся восприятие потребителей (в том числе, потенциальных) о качестве, достоинствах и недостатках данной программы;

– наличие деловых связей образовательного учреждения с работодателями будущих выпускников образовательной программы;

– правовой статус образовательной программы (наличие государственной аккредитации);

– престиж получаемой профессии;

– месторасположение образовательного учреждения в городе;

– внешний вид зданий и сооружений, где реализуется образовательная программа;

– оснащение учебным оборудованием, позволяющим получить практические умения, соответствующие потребностям рынка труда;

– качество обслуживания потребителей;

– морально-психологический климат в коллективе студентов и преподавателей;

– наличие у преподавательского состава образовательной программы практического опыта работы и деловых контактов на соответствующем рынке труда;

– возможность освоения дополнительной образовательной программы, востребованной на рынке труда, одновременно с основной программой [8].

Вопросы, касающиеся оценки образовательных программ, изложены в работе «Оценка качества образования как инструмент оценки деятельности вузов». Руководитель проекта – генеральный директор ООО «ЭКОРИС-НЭИ», к.э.н., доцент О.К. Ястребова. В работе определены критерии качества образовательной деятельности: квалификация персонала, качество подготовки студентов, качество инфраструктуры высших учебных заведений. Оценка позволяет, кроме проверки соответствия вуза неким критериям, также оценить степень его конкурентоспособности, а затем сравнить разные вузы между собой [9].

Вопросы соответствия подготовки студентов требованиям ФГОС и работодателя раскрывает статья «Модель образовательного процесса с учетом требований работодателя» [10]. В статье выделены подходы к решению задач с точки зрения студента (родителей), образовательной системы, преподавателя, работодателя, государства. С точки зрения работодателя оценивается степень готовности к самостоятельной работе, стремление к непрерывному обучению и коммуникативные качества.

Также автором предлагается теоретико-множественная модель, учитывающая требования работодателей, состоящая из параметров образовательного процесса, ресурсов и ограничений. Модель показывает соответствие подготовки студентов требованиям ФГОС и работодателя.

Дурнева Е.Е., Московский государственный гуманитарный университет им. М.А. Шолохова. В статье «Интеграция требований профессиональных и образовательных стандартов. Разработка компетентностных моделей выпускников с учетом требований работодателей» автор рассматривает проблему несоответствия требований профессиональных и образовательных стандартов в России, что приводит к снижению уровня и качества трудоустройства выпускников вузов. Федеральные государственные образовательные стандарты высшего профессионального образования нового поколения декларируют необходимость учета требований работодателей при формировании и реализации основных образовательных программ. Ключом к решению указанной проблемы и путем выполнения требований государства является разработка компетентностных моделей выпускника, основанных на контекстно-компетентностном подходе и функциональном анализе области будущей профессиональной деятельности [11]. Данную проблему также рассматривает ряд авторов в своих работах [12], [13].

Анализ источников литературы показал, что в настоящий момент ведется работа в данной области, вопросы мониторинга в образовании исследованы достаточно глубоко, но вместе с тем в теории управления качеством образования отсутствует целостное научное знание о мониторинге требований работодателей к качеству подготовки выпускников вуза. Не раскрыты функции и структура такого мониторинга, возможности использования результатов мониторинговых обследований при принятии управленческих решений с целью совершенствования качества образовательного процесса.

Разрабатываются информационные системы, обеспечивающие процесса управления образовательной деятельностью, различные по и выполняемым ими функции и составу.

Коллективом «Уральского федерального университета имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» проведено исследование по проблеме соответствия компетенций образовательных программ высшего профессионального образования требованиям работодателей, предъявляемым к знаниям, умениям и навыкам выпускников. Результаты работы описаны в статье «Проектирование основных образовательных программ с учетом требований работодателей к результатам обучения в автоматизированной информационной системе» [14]. В статье рассмотрена автоматизированная информационная система разработки основных образовательных программ (АИС РООП), приведено

подробное описание интерфейса системы, обеспечивающего учет требований работодателей к результатам обучения студентов на этапе проектирования основной образовательной программы высшего профессионального образования.

АИС РООП предназначена для создания единого информационного пространства, в котором выполняется разработка, проверка, хранение и модернизация основных образовательных программ на основе федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (ВПО), реализуемых структурными подразделениями Уральского федерального университета.

Необходимым условием разработки каждой ООП является предварительное согласование видов профессиональной деятельности будущих выпускников, их задач и компетенций с предприятиями – основными работодателями.

Информационная система позволяет разрабатывать образовательные программы, задавая цели программы и результаты обучения, формируя компетентностную и учебную структуру образовательной программы, создавая календарный график учебного процесса и плана учебного процесса. В процессе проектирования выполняется автоматизированная проверка образовательной программы на соответствие федеральным требованиям.

В основных образовательных программах университета, в соответствии с целевыми ориентирами, отражаются соответствующие результаты согласования образовательных программ с представителями работодателей. Устанавливается взаимосвязь между компетенциями, знаниями, умениями и навыками, которые определены ФГОС и тех, которые добавлены по требованию работодателей, и формирующими их дисциплинами.

Следует отметить, что на сегодняшний день практически не рассматриваются вопросы разработки комплекса взаимосвязанных методов и инструментов, обеспечивающих информацией для принятия решения о выборе образовательной траектории всех заинтересованных субъектов. В [15] отмечается целесообразность использования сервис-ориентированного подхода для информационного обеспечения выбора образовательной траектории, но при этом рассматривается только структурированное предоставление информации об учебных заведениях и их услугах, при этом задача оценки этих образовательных услуг не ставится.

Для решения обозначенной проблемы коллективом авторов ЮТИ ТПУ проводится научно-исследовательская работы по разработке информационной среды и методов поддержки принятия решений о выборе образовательной траектории, обеспечивающей инструментами принятия решений заинтересованных в этом выборе субъектов: индивидуума, учебных заведений, работодателей. Разработка ведется на основе комплексного подхода для всех этапов процесса принятия решений [16].

На данный момент в работе решена актуальная задача по созданию информационной среды и методов поддержки принятия решений о выборе образовательной траектории, обеспечивающей инструментами принятия решений заинтересованных в этом выборе субъектов: индивидуума, учебных заведений, работодателей [17].

В результате предложены оригинальные схемы процесса поддержки принятия решений о выборе индивидуальной образовательной индивидуума, обеспечивающие взаимодействие заинтересованных в этом выборе сторон.

Разработано математического обеспечение для поддержки выбора образовательной траектории и образовательных программ по нескольким основным направлениям:

– оценка альтернатив получения образования индивидуумом, исходя из целей и интересов самого индивидуума и субъектов рынка образовательных услуг: учебных заведений, работодателей и др. (модель принятия решений на основе метода анализа иерархий) [18];

– оценка, ранжирование и подбор и образовательных программ на рынке образовательных услуг, исходя из требуемых индивидууму и работодателю компетенций, целевых ориентиров получения профессии и построения карьеры индивидуума (модель принятия решения на основе нечеткомножественного многокритериального подхода) [19];

– оценка востребованности образовательных программ на основе анализа существующих вакансий на рынке труда и сопоставления требований к компетенциям работодателей и компетенций, являющихся результатами обучения по образовательным программам;

– оценка, ранжирование и подбор вакансий на рынке труда, исходя из условий, предоставляемых работодателем.

В работе предложены экспертные методы поддержки принятия решений, основанные на теории нечетких множеств, метода анализа иерархий. Созданы оригинальные схемы поддержки приня-

тия решений, обеспечивающие взаимосвязь интересов и требований индивидуума, работодателя и учебного заведения.

Разработана, не имеющая аналогов, информационная система, обеспечивающая информационное взаимодействие трех основных субъектов рынка образовательных услуг: индивидуумов (абитуриентов), работодателей и учебных заведений [20]. Основные функции системы: учет учебных заведений, образовательных программ, компетенций, работодателей, вакансий и требований к ним, оценка и подбор образовательных программ, оценка и подбор вакансий и др. В системе реализованы предложенные авторами схемы поддержки принятия решений и математические методы поддержки выбора образовательных траекторий на основе экспертных методов. Апробация системы на тестовых данных показала, что предложенное математическое и программное обеспечение позволяет решать поставленные задачи исследования.

Разработанное математическое и программное обеспечение существенно улучшает качество и обоснованность решений, так как позволяет учитывать и увязывать требования и интересы всех заинтересованных в процессе выбора субъектов, получать и обрабатывать экспертные оценки образовательных траекторий, программ и вакансий.

Литература.

1. Крылова, Н. Б. Как обеспечить индивидуальное образование / Н. Б. Крылова, Е. А. Алекандрова. // Народное образование. — 2002. — № 9. – С. 73-82.
2. Амбросевич М.А. Многокритериальный подход к оценке управления качеством образовательного процесса: опыт применения : [Арханг. гос. техн. ун-т] / М. А. Амбросевич, А. М. Айзенштадт, А. Л. Невзоров // Высш. образование сегодня. – 2007. – № 2. – С. 62-64.
3. Ломиногина Е.В. Модель формирования интегрированной информационной системы управления университетом/ Баркалов С.А., Белоусов В.Е., Ломиногина Е.В.// ВЕСТНИК ВГТУ. Воронеж, Том 2, №7, 2006 С. 35-42.
4. Вроейнстийн А. И. Оценка качества высшего образования. Рекомендации по внешней оценке качества в вузах.— М.: Изд-во МНЭПУ, 2000.— 180 с.
5. Васильев З.И. История образования и педагогической мысли за рубежом и в России. Учебное пособие. М.: Академия, 2009. — 432 с.
6. Вершинин С.И. Модернизация профессионального образования: проблемы и перспективы. М.: НИИРО, 2004. — 51 с.
7. Ильина Л.А. Учет требований работодателей к профессиональным квалификациям выпускников при переходе к образовательным стандартам нового поколения // Вестник УГАТУ; Том 17, № 7(60) (2013)
8. Мальченкова, И.В. Оценка конкурентоспособности образовательной программы как средство повышения качества образования: на примере деятельности руководителя учреждения среднего профессионального образования: дис.. канд.пед.наук: 13.00.01/ Мальченкова Ирина Владимировна. – Самара, 2008. – 228с.
9. Оценка качества образования как инструмент оценки деятельности вузов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.mirkin.ru/_docs/_budgetfin/ocenka.pdf, свободный. – Загл. с экрана.
10. Е.М. Давыдова. Модель образовательного процесса с учетом требований работодателя // Управление, вычислительная техника и информатика. Доклады ТУСУРа, № 4(30), декабрь 2013. – стр. 177-181
11. Дурнева Е.Е. Интеграция требований профессиональных и образовательных стандартов. Разработка компетентностных моделей выпускников с учетом требований работодателей // Международный журнал экспериментального образования. – 2013. – № 8 – стр. 17-19
12. Кельчевская М.Р., М.Попова. Качество подготовки специалистов — основа эффективной деятельности высшей школы в условиях новых экономических отношений. Екатенбург, Изд-во УГТУ — УПИ, 2001. — 98с.
13. Опфер, Е.А. Мониторинг требований работодателей как средство управления качеством образовательного процесса в вузе: автореф.дис.. канд.пед.наук: 13.00.08/ Опфер Евгения Анатольевна. – Волгоград, 2013. – 28с.
14. Проектирование основных образовательных программ с учетом требований работодателей к результатам обучения в автоматизированной информационной системе [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://aisroop.ru/notv-2013-proektirovanie-oop-s-rabotodatelyami/, свободный. – Загл. с экрана.
15. Яблонский В. Информационное обеспечение управления выбором образовательных траекторий [Текст] / В.Б.Яблонский. // Креативная экономика. – 2008.– №12(24). – С.58-61.

16. Захарова А. А. , Останин В. В. , Терешкин С. Я. Разработка региональной информационной системы поддержки управления образовательными траекториями населения: структура и методы // Ползуновский вестник. - 2014 - №. 2. - С. 134-137
17. Захарова А. А. , Лазарева А. Н. , Зорина О. Ю. , Останин В. В. Информационная система поддержки выбора индивидуумом образовательных программ [Электронный ресурс] // Современные проблемы науки и образования. - 2014 - №. 3. - С. 1. - Режим доступа: http://www.science-education.ru/117-13814
18. Захарова А.А., Зорина О.Ю., Лазарева А.Н. Иерархическая модель выбора индивидуальной образовательной траектории // В мире научных открытий. № 3(15), Красноярск: Изд-во «Научно-инновационный центр», 2011. – С.266-271.
19. Лазарева А. Н., Зорина О. Ю. , Захарова А.А. Математическое и программное обеспечение поддержки выбора образовательной траектории индивидуума // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). - 2012 - №. ОВ4 - С. 34-39.
20. Система оценки образовательных программ // свидетельство о гос.регистрации программы для ЭВМ № 2014619825 // Захарова А.А., Лазарева А.Н., Зорина О.Ю., Останин В.В., заявитель и правообладатель ФГБОУ ВПО НИ ТПУ. - № 2014617805; заявл. 06.08.2014; зарегистрировано 23.09.14

МОДЕЛЬ ФОРМАЛИЗАЦИИ ЭКСПЕРТНЫХ ЗНАНИЙ ОБ УРОВНЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ

А.А. Захарова, к.т.н., доцент; В.В. Останин, студент гр.17В20
Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского Томского политехнического университета
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел. (38451) 6-49-42
E-mail: zacharovaa@mail.ru

Введение

Создание инновационной продукции связано с множеством наукоемких технических решений, часть которых не может быть обеспечена строгим математическим аппаратом. В связи с этим для некоторых технологических, конструктивных, организационных и прочих решений при создании и производстве машиностроительной продукции необходимо привлечение экспертов в соответствующей области. Для поддержки принятия таких решений, необходимо создать комплекс методов и моделей поддержки принятия решений, обеспечивающий обработку экспертных оценок и знаний [1].

Одной из задач, с которой сталкиваются эксперты при оценке уровня и конкурентоспособности сложных наукоемких изделий, является оценка его отдельных технических показателей, показателей качества и др. При этом эксперты зачастую вынуждены использовать для оценки качественные (словесные) оценки, например «высокая грузоподъемность», «низкий уровень надежности» и т.п.[2] Поэтому актуальной задачей является разработка методов и моделей принятия решений, позволяющих формализовать качественные оценки наравне с количественными, формализовать субъективные представления экспертов об уровне того или иного показателя машиностроительной продукции. Предлагается использовать методы теории нечетких множеств, позволяющие моделировать плавное изменение свойств объекта, а также неизвестные функциональные зависимости, выраженные в виде качественных связей.

1. Модель формализации экспертных знаний об уровне технических показателей машиностроительной продукции

При описании процессов принятия решения на трудноформализуемых этапах исходят из следующих положений:

- процесс принятия решения характеризуется несколькими входными и одним выходным параметрами;

- информация о стратегиях принятия решения в типовых, эталонных ситуациях, получаемая от эксперта, описывается системой условных высказываний в терминах нечетких и лингвистических переменных, устанавливающих связь между входными и выходными параметрами [3].

Например, если эксперт осуществляет высказывания о значениях выходной переменной в зависимости от значений двух входных переменных, то система эталонных нечетких высказываний может иметь следующий вид:

$$\widetilde{L}^{(1)} = \begin{cases} \widetilde{L}_1^{(1)} : < \text{ЕСЛИ } E_{11} \text{ ИЛИ } E_{12} \text{ ИЛИ } E_{13} \text{ ТО } \beta_V \text{ есть } a_{V_1} >; \\ \widetilde{L}_2^{(1)} : < \text{ЕСЛИ } E_{21} \text{ ИЛИ } E_{22} \text{ ИЛИ } E_{23} \text{ ТО } \beta_V \text{ есть } a_{V_2} >; \\ \widetilde{L}_3^{(1)} : < \text{ЕСЛИ } E_{31} \text{ ИЛИ } E_{22} \text{ ИЛИ } E_{33} \text{ ТО } \beta_V \text{ есть } a_{V_3} > . \end{cases} \quad (1)$$

Лингвистические переменные играют важную роль при построении нечетких моделей. С их помощью можно формализовать качественную информацию об объекте принятия решений, представленную в словесной форме специалистами-экспертами [5].

Таким образом, важнейшим этапом при принятии решений на основе нечетких методов, является выбор методов построения функций принадлежности лингвистических переменных. Отдельные показатели машиностроительной продукции должны представляться в виде лингвистических переменных, тем самым обеспечивается сопоставление «качественных» и «количественных» экспертных оценок. В зависимости от типа фактора применяются различные методы построения функций принадлежности: например, на основе попарных сравнений, на основе обработки статистических данных, на основе стандартных функций и др. В данной статьи рассмотрим более подробно метод на основе стандартных функций.

При формализации экспертных оценок об уровне отдельных технических показателей, зачастую не требуется высокой точности модели, достаточно приближенного описания. Для построения функций принадлежности таких понятий можно использовать прямые методы, основанные на непосредственном назначении экспертом степени принадлежности или функции, позволяющей вычислять ее значение.

Для описания функции принадлежности предлагается использовать функцию плотности нормального распределения непрерывной случайной величины (кривая Гаусса):

$$y = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-(x-a)^2/2\sigma^2}, \quad (2)$$

где a – математическое ожидание случайной величины;

σ - среднеквадратическое отклонение.

Функция принадлежности μ_x принимает значения в интервале [0,1], а требования к описанию термов лингвистических переменных предполагают использование только нормальных нечетких множеств, описывающих базовые значения лингвистических переменных, поэтому необходимо нормализовать функцию плотности нормального распределения. Для этого необходимо разделить ее на максимальное значение. Следовательно:

$$\mu_x = e^{-(x-a)^2/2\sigma^2} \quad (3)$$

Параметр a - это такое значение x, которое идеально соответствует, по мнению эксперта, описываемому термом понятию.

Параметр σ характеризует широту области определения функции принадлежности, или степень нечеткости μ_x.

Экспоненциальные функции широко используются для описания функции принадлежности, примеры таких функций приведены в [6, 7].

Рассмотрим возможность определения параметров функции (3) экспертным путем.

Параметр a – это доминирующий элемент нечеткого множества, функция принадлежности $\mu_x = 1$. Эксперту предлагается выбрать из области определения лингвистической переменной такое значение, которое является «идеальным» при описании нужного понятия. Параметр a определяется экспертом для каждого базового значения лингвистической переменной.

Так как каждому значению из области определения лингвистической переменной должно соответствовать хотя бы одно понятие (базовое значение лингвистической переменной), то функции принадлежности нечетких переменных, описывающих соседние базовые значения лингвистической переменной, должны пересекаться. Поэтому эксперт может задать такое значение x, при котором функции принадлежности соседних терм-множеств имеют одинаковые значения. То есть эксперт задает такое значение, при котором, по его мнению, уже сложно однозначно определить, к какому из соседних значений лингвистической переменной оно относится. Также эксперт может определить степень принадлежности данного значения x нечетким множествам соседних терм-множеств.

Остается определить параметр σ, который не может быть прямо задан экспертным путем, поскольку человеку трудно представить себе меру рассеяния признака относительно его среднего значения.

Параметр σ можно выразить из формулы (3):

$$2\sigma^2 = \frac{(x-a)^2}{-\ln \mu_x};$$

где x - значение $x \in X$, при котором функции принадлежности соседних терм-множеств имеют одинаковые значения;

μ_x - степень принадлежности значения $x \in X$ нечетким множествам соседних терм-множеств.

Таким образом, все параметры функции (3) могут быть определены или прямо экспертом, или на основании сведений полученных от него [8]. Для построения термов лингвистической переменной эксперт должен задать n значений a_i, (n–1) значений x_{k_j} и μ_{k_j}.

Так как функции принадлежности должны иметь конечную область определения, а экспоненциальные функции бесконечны, в качестве области определения нечетких переменных, определяющих базовые значения лингвистической переменной, принимаем множества α-уровня при α=0.05.

Функции принадлежности термов лингвистической переменной задаются функциями [8]:

$$\mu_{x_1} = \begin{cases} 1 \text{ при x} \le a_1 \\ e^{-(x-a_1)^2/2\sigma_{11}^2} \text{ при x} > a_1 \\ 0 \text{ при x} \ge x_{11} \end{cases}; \quad \mu_{x_2} = \begin{cases} e^{-(x-a_2)^2/2\sigma_{21}^2} \text{ при x} \le a_2 \\ e^{-(x-a_2)^2/2\sigma_{22}^2} \text{ при x} > a_2 \\ 0 \text{ при } x_{21} \ge \text{x} \ge x_{22} \end{cases};$$

$$\mu_{x_n} = \begin{cases} 0 \text{ при x} \le x_{nn-1}; \\ e^{-(x-a_n)^2/2\sigma_{nn-1}^2} \text{ при x} \le a_n \\ 1 \text{ при x} > a_n \end{cases}; \tag{4}$$

где: μ_{x_i} - функция принадлежности i-того терма лингвистической переменной;

$i = \overline{1,n}$ - номер терма лингвистической переменной, термы нумеруются слева направо;

a_i – доминирующий элемент нечеткого множества i-того терма.

$$2\sigma_{ij}^2 = \frac{(x_{k_j} - a_i)^2}{-\ln \mu_{k_j}};$$

где x_{k_j} - значение $x \in X$, при котором функции принадлежности соседних термов имеют одинаковые значения;

$j = \overline{1,n-1}$ – номер значения x_{k_j}, нумеруются слева направо;

μ_{k_j} - степень принадлежности значения x_{k_j} нечетким множествам соседних термов (степень разделения [7]);

x_{nn-1} – значения x, ограничивающие области определения нечетких переменных.

Данный метод упрощает процедуру построения функций принадлежности, а также задачу хранения этих функций в памяти ЭВМ, при этом обеспечивается выполнение требований, предъявляемых к функциям принадлежности термов лингвистических переменных [3]. Кроме того, эксперт достаточно быстро может изменить функции принадлежности, область определения лингвистической переменной. Достоинством является также то, что функция принадлежности определятся на непрерывном носителе, что позволяет вычислить ее значение при любых значениях переменной.

2. Примеры формализации экспертных знаний об уровне технических показателей машиностроительной продукции на основе нечеткой модели

Построим терм-множества лингвистической переменной β_Y – технический сложность изделия (единица измерения - балл) с областью определения Y = [0;100] и множеством базовых значений T_Y = {малая, средняя, высокая} = $\{a_{Y_1}, a_{Y_2}, a_{Y_3}\}$.

Экспертные оценки параметров, необходимых для построения функций принадлежности переменной β_Y представлены в таблице 1

Таблица 1

Экспертные оценки параметров лингвистической переменной
β_Y – технический сложность изделия

Базовые значения	Доминирующее значение y нечеткого множества, описывающего терм, a_i	Пограничные значения соседних термов y_{k_j}	Степень принадлежности пограничных значений (степень разделения), μ_{k_j}
a_{Y_1} - малая	0	$y_{k_1} = 25$ $y_{k_2} = 75$	$\mu_{k_1} = 0.5$ $\mu_{k_2} = 0.5$
a_{Y_2} - средняя	50		
a_{Y_3} - высокая	100		

Обработаем полученные экспертные данные.

1. Вычисляем значения $2\sigma_{ij}^{\ 2} = \dfrac{(y_{k_j} - a_i)^2}{-\ln \mu_{k_j}}$.

$$2\sigma_{11}^{\ 2} = \frac{(y_{k_1} - a_1)^2}{-\ln \mu_{k_1}} = \frac{(25-0)^2}{-\ln 0.5} = 901.75$$

Так как термы заданы на области определения равномерно, значения остальных $2\sigma_{ij}^{\ 2}$ равны $2\sigma_{11}^{\ 2}$

2. Вычисляем значения y_{ik}, при которых $\mu_{a_{yi}} = 0.05$ по формулам:

$$y_{11} = a_1 + \left|\sqrt{-2\sigma_{11}^{\ 2} \ln 0.05}\right|;\ y_{21} = a_2 - \left|\sqrt{-2\sigma_{21}^{\ 2} \ln 0.05}\right|; \qquad (5)$$

$$y_{22} = a_2 + \left|\sqrt{-2\sigma_{22}^{\ 2} \ln 0.05}\right|;\ y_{32} = a_3 - \left|\sqrt{-2\sigma_{32}^{\ 2} \ln 0.05}\right|.$$

y_{11}=51.98; y_{21}= -1.98; y_{22}=101.98; y_{32}=48.02.

Так как y_{21}= -1.98.78; y_{22}=101.98 выходят из области определения *Y*, то принимаем y_{21}= 0; y_{22}=100;

3. Определяем функции принадлежности по формулам (4) с учетом ограничений (5):

$$\mu_{a_{y_1}} = \begin{cases} 1 \text{ при } y \le 0; \\ e^{-(y)^2/901.75} \text{ при } 0 < y < 51.98; \\ 0 \text{ при } \quad y \ge 51.98; \end{cases} \quad \mu_{a_{y_2}} = \begin{cases} 0 \text{ при } 0 \ge y \ge 100; \\ e^{-(y-50)^2/901.75} \text{при } 0 < y < 100; \end{cases}$$

$$\mu_{a_{y_3}} = \begin{cases} 0 \text{ при } \quad y \le 48.02; \\ e^{-(y-100)^2/901.75} \text{ при } 48.02 < y < 100; \\ 1 \text{ при } y \ge 100. \end{cases} \qquad (6)$$

В данном примере доминирующие значения термов лингвистической переменной расположены равномерно в заданной области определения. Предлагаемый метод позволяет получать функции принадлежности и в случае неравномерного распределения интервалов термов.

Например, при формализации экспертных знаний для лингвистической переменной β_Y – грузоподъемность (тонн) с областью определения Y = [0;50] и множеством базовых значений T_Y = {малая, средняя, высокая} = { $a_{Y_1}, a_{Y_2}, a_{Y_3}$ }, были получены экспертные оценки параметров, представленные в таблице 2

Таблица 2

Экспертные оценки параметров лингвистической переменной β_Y – грузоподъемность

Базовые значения	Доминирующее значение y нечеткого множества, описывающего терм, a_i	Пограничные значения соседних термов y_{k_j}	Степень принадлежности пограничных значений (степень разделения), μ_{k_j}
a_{Y_1} - малая	0	$y_{k_1} = 10$ $y_{k_2} = 35$	$\mu_{k_1} = 0.5$ $\mu_{k_2} = 0.5$
a_{Y_2} - средняя	20		
a_{Y_3} - высокая	50		

Обработав полученные экспертные данные, определяем функции принадлежности (7):

$$\mu_{a_{y_1}} = \begin{cases} 1 \text{ при } y \le 0; \\ e^{-(y)^2/144.16} \text{ при } 0 < y < 20.78; \\ 0 \text{ при } y \ge 20.78; \end{cases} \quad \mu_{a_{y_2}} = \begin{cases} 0 \text{ при } 0 \ge y \ge 50; \\ e^{-(y-20)^2/144.16} \text{при } 0 < y < 20; \\ e^{-(y-20)^2/324.1} \text{при } 20 \le y < 50; \end{cases}$$

$$\mu_{a_{y_3}} = \begin{cases} 0 \text{ при } y \le 18.84; \\ e^{-(y-50)^2/324,1} \text{ при } 18.84 < y < 50; \\ 1 \text{ при } y \ge 50. \end{cases} \quad (7)$$

На основе предложенной модели, можно определять значения входных переменных.

Покажем процесс фаззификации трех нечетких высказываний: «грузоподъемность низкая», «грузоподъемность средняя» и «грузоподъемность высокая» для входной лингвистической переменной «грузоподъемность». При условии, что оценивается показатель «грузоподъемность» для продукции, имеющей значение этого показателя 30 (т). из общего интервала возможных значений [20,50]. По формулам (7) рассчитываем значения: $\mu_{a_{y_1}}(30) = 0$; $\mu_{a_{y_2}}(30) = 0,735$; $\mu_{a_{y_3}}(30) = 0,291$.

Таким образом, наибольшая степень принадлежности входного значения переменной y=30 соответствует второму высказыванию: грузоподъемность средняя. Полученные четкие значения истинности входного значения для термов лингвистической переменной можно использовать на следующем этапе принятия решений. Например, в моделях формализации знаний экспертов о зависимости выходного параметра продукции от нескольких входных, используя различные способы логического вывода (1).

Заключение

Предложенная нечеткая модель для формализации экспертных знаний об уровне технических показателей машиностроительной продукции имеет самостоятельную ценность, так как позволяет моделировать плавное изменение интенсивности принадлежности конкретных значений показателя оцениваемому уровню. В результате появляется возможность переводить качественные экспертные оценки в количественные значения и наоборот. Кроме того, в отличие от принятой практики назначения пороговых значений, учитывается уверенность (неуверенность) эксперта в реальном, ожидаемом или предпочтительном значении показателя.

Полученные на основе нечеткой модели лингвистические переменные служат для описания входных и выходных факторов в моделях принятия решений, формализующих знания экспертов о стратегии принятия решений в типовых, эталонных ситуациях (1).

Литература.

1. A. 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
2. A.A. Zakharova, Fuzzy swot analysis for selection of bankruptcy risk factors, Applied Mechanics and Materials, 379 (2013) 207-213
3. Malyshev N.G., Berstein l.S., Bozhenuk A.V. Fuzzy model of decision making in CAD system // Fuzzy sets in informatics. International Conference. Moscow; 1998. p.44
4. Zadeh L.A. Fuzzy sets as a basis for a theory of possibility // Fuzzy Sets and Systems. - 1978. - Vol.1, №1
5. E.V. Telipenko, A.A. Zakharova Bankruptcy Risk Management of a Machine Builder, Applied Mechanics and Materials, 682 (2014) 617-622
6. Кофман А Введение в теорию нечетких множеств: Пер. с франц. – М .: Радио и связь, 1982. – 432 с., ил.
7. Нечеткие множества и теория возможностей. Последние достижения: Пер. с англ./Под ред. Р.Р.Ягера – М.: Радио и связь, 1986. – 408 с.
8. Захарова А.А. Построение функций принадлежности термов лингвистических переменных с использованием экспоненциальных функций / Информационные технологии и математическое моделирование: Материалы III ВНПК (11-12 декабря 2004 г.). Ч.2.– Томск: изд-во Том. Ун-та, 2004. - с.81-82

ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ КОМПЛЕКСНОГО РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ФОРМИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ ОБУЧАЮЩИХСЯ

А.А. Захарова, Е.В. Молнина, С.А. Молнин
Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского Томского политехнического университета
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел. (384-51)6-49-42
E-mail: molnina@list.ru

Информационно-коммуникационная компетентность (ИКК) является неотъемлемым качеством любого специалиста в условиях инновационной экономики. ИКК носят надпрофессиональный характер. Исследования в данной области призваны решать проблемы по формированию ИКК любого образовательного учреждения при подготовке современных специалистов для рынка труда и будут полезны для системы образования РФ в целом. Роль ИКК в образовании поднимается в многочисленных работах исследователей.

Формирование комплексной системы ИКК, обеспечивающее непрерывное образование в сфере ИКТ, взаимосвязь и преемственность этапов в процессе формирования ИКК даст желаемый результат.

Оценка и динамичная корректировка процесса формирования информационно-коммуникационных компетенций обучаемых всех уровней и категорий необходима как для организации учебного процесса в целом, так и для формирования индивидуального учебного плана обучаемого, моделирования и сопровождения его карьеры;

Управление процессом формирования ИКК как в рамках определённого этапа, так и на протяжении всего процесса обучения и трудовой деятельности личности даст возможность учесть все вызовы времени.

Высшее учебное учреждение должно сформировать у студента за 4 года обучения + 2 года магистратуры немалый комплекс сложных единиц развития профессионализма – компетенций, что является практически многогранной и сложной задачей. Поэтому:

1. данную задачу необходимо решать комплексно;
2. необходима организация такой практической площадки в образовательном процессе, где на опыте обучаемые смогут сформировать требуемый комплекс компетенций и осуществить собственную профессиональную пробу.

Коллективом предложены:

- *комплексная система формирования информационно-коммуникационных компетенций обучаемых (ИККО)* по направлению «Прикладная информатика», основанная на реализации инновационных методов обучения, вовлечении школьников, студентов и слушателей курсов дополнительного образования в полноценную научно-исследовательскую и профессионально-проектную деятельность. Комплексная система ИККО в сочетании с интегрированной инновационно-ориентированной траекторией обучения бакалавров и магистров позволяют закреплять полученные знания и навыки в производственной практике и научно-исследовательской, аналитической деятельности.

- проект внедрения комплексной системы ИККО в миссию и структуру «Электронного IT-университета» и разработка связанной с порталом Информационно-аналитической системы оценки компетенций обучаемых. «Электронный IT-университет» станет центром объединения интересов обучаемых и их родителей, преподавателей и работодателей. Решатся одновременно задачи и проблемы нескольких уровней обучаемых, образовательных структур, работодателей, системы трудоустройства и пр.

Изменения, происходящие в системе образования РФ, поставили перед коллективом определённые *задачи* по трансформации траектории подготовки ИТ-специалиста и формированию его информационно-коммуникационной компетентности.

В процессе решения поставленных задач сделан вывод:

- об *отсутствии методологической базы* для *комплексного* подхода к процессу формирования ИКК обучаемых;

- моделей и алгоритмов, обеспечивающих *взаимосвязь и преемственность этапов* и *уровней* формирования ИКК обучаемых.

Аспекты научной проблемы. Образование в РФ имеет уровни общего и профессионального образования, существуют также системы дополнительного образования (рис.1). Таким образом, процессом формирования ИКК занимаются отдельные образовательные учреждения.

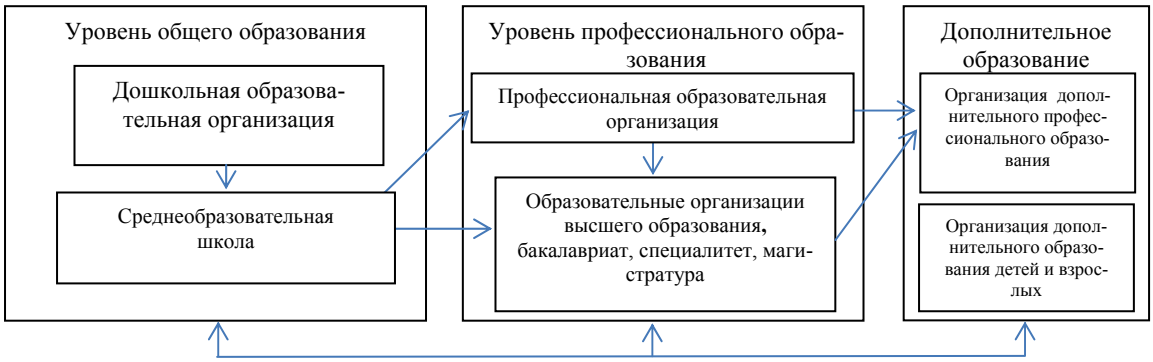


Рис. 1. Уровни образования в РФ

Сегодня есть возможность чёткой формулировки требований к уровню ИКК обучаемых на каждом уровне и этапе обучения. Но нет системы сопровождения процесса формирования ИКК обучаемого в течение всего периода получения образования и трудовой деятельности.

Необходимы технологии и инструменты, сопровождающие личность ребёнка → ученика → студента → специалиста в процессе формирования ИКК компетенций в течение всего периода получения образования и трудовой деятельности (рис. 2).

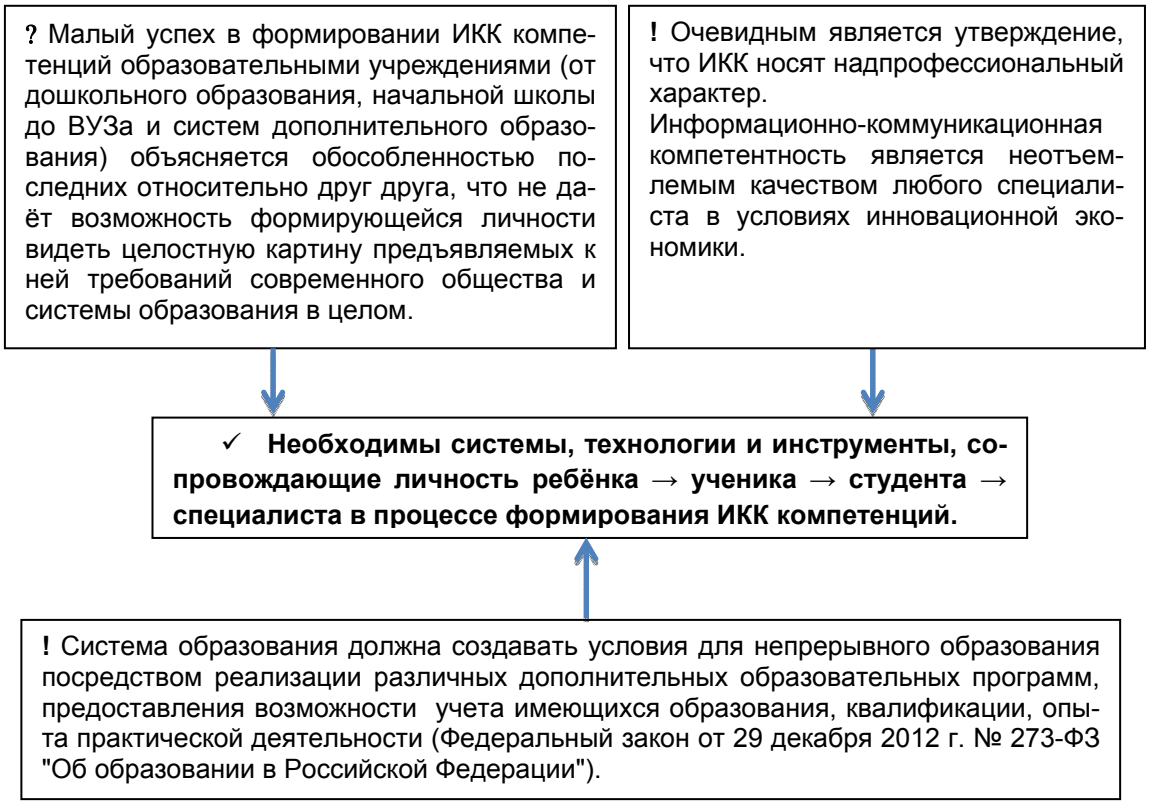


Рис. 2. Аргументация необходимости разработки системы сопровождения процесса формирования ИКК

В процессе формирование комплекса сложных единиц развития профессионализма в IT-сфере необходимо учитывать немалое количество вызовов времени и факторов, требующих быстрой реакции системы образования на эти вызовы, например:

- динамичность сферы ИКТ;
- изменения в стандартах общего и профессионального образования;
- повышение уровня требований работодателей к специалистам ИТ-сферы и т.д и т.п.

Необходимы модели и алгоритмы управления процессом формирования ИКК обучаемых, позволяющие создать инструменты, учитывающие вызовы времени и динамично регулирующие процесс.

Процесс оценки и анализа ИКК каждого уровня и этапа является многокритериальным (оценка соответствия требованиям ФГОС, региональной и ВУЗовской составляющей, работодателей, инновационного развития науки, техники, общества и т.д., оценка личностных особенностей, интеллектуального потенциала, профессиональной пригодности и пр.).

Но не существует методики оптимизации процесса формирования ИКК при наличии системы взаимозависимых факторов.

В системе сопровождения процесса формирования ИККО необходимо не только оценивать по различным критериям соответствие ИКК обучаемого данному уровню обучения, но и обеспечить взаимосвязь и преемственность этапов формирования ИКК.

Научная новизна решаемой задачи:

Разработка алгоритмов:

- формирования системы информационно-коммуникационных компетенций (ИКК), обеспечивающих непрерывное образование в сфере ИКТ, взаимосвязь и преемственность этапов в процессе формирования ИКК;
- определения, оценки, изменения, корректировки информационно-коммуникационных компетенций обучаемых всех уровней и категорий как для организации учебного процесса в целом, так и для формирования индивидуального учебного плана обучаемого, моделирования карьеры обучаемого и сопровождения карьеры специалиста;
- управления процессом формирования ИКК компетенций как в рамках определённого этапа, так и на протяжении всего процесса обучения и трудовой деятельности личности.

Задача: необходимо разработать модели и алгоритмы для информационного обеспечения комплексной системы формирования информационно-коммуникационных компетенций обучающихся.

Анализ современного состояния исследований по научной проблеме, на решение которой направлен проект.

Теоретической и методологической основой исследований явились работы российских и зарубежных ученых по направлениям: качества образовательного процесса и компетентности его участников, исследование систем, выбора и принятия решений, инженерия знаний, математическое моделирование и программирование, нечеткая логика, теория вероятностей и математическая статистика. Общей методологической основой являлся системный подход.

Теоретические и методологические положения по вопросам качества образовательного процесса нашли отражение в трудах *Brennan, Williams, Harris, McNamara* , *P. Jacobsson* , *D. F. Westerheijden* , *Harvey и Green* , В.И. Байденко, Ю.Г Татура, И.А. Зимней, Ю.П. Адлера, А.И. Чучалина, В. З. Ямпольского и многих других.

В англоязычных публикациях по проблемам качества высшего образования наиболее широко используется термин "quality assessment", который означает систему *оценивания качества* в широком смысле - как внешнего, так и внутреннего оценивания, включающую ряд этапов (этапы планирования, собственно оценки или мониторинга, анализа и т. д.). В Европе также часто употребляется термин *quality assurance*, который можно перевести как *обеспечение качества* или *уверенность в качестве*. Система обеспечения качества, помимо этапов, связанных с оцениваем, включает также этапы поиска и принятия решений по усовершенствованию и этапы их внедрения. Наиболее важными характеристиками системы обеспечения качества являются ее цикличность и направленность на усовершенствование.

В системе высшего образования России более развита внешняя оценка качества, ориентированная на стандарты и показатели эффективности. Основными элементами этой системы являются стандартизация и процедуры лицензирования, аттестации и аккредитации, а также комплексное оценивание образовательных учреждений в целом и отдельных специальностей на основе рейтинговой системы. Все эти процедуры включают проведение внутренней проверки.

Теоретические и методологические положения о системном подходе – Л.С. Выготский, В.А. Дмитриченко, Б.Ф. Ломов, Ф.И. Перегудов, В.Д. Шадриков и др.

Существуют различные методы и подходы определения и оценки компетенций в зависимости от особенностей решаемой задачи. В качестве базовых рассмотрены модели квалиметрии (Н.А.Селезнева, А.И.Субетто), методы получения интегральных оценок состояния организма человека (Баевский Р.М., Новосельцев В.Н., Казначеев В.П., Айдаралиев А.А., Кобринский Б.А.), инте-

гральных критериев профессиональной готовности (Коваленко А.В.), профпригодности (Фрумкин А.А.), интеллектуальной компетентности студентов (Берестнева, О.Г.).

Использование факторных моделей для формирования интегральных критериев оценки личностных качеств было предложено еще С.А. Айвазяном. Широкий интерес к приложению методов факторного анализа связан с тем, что эти методы позволяют решать задачу построения той или иной схемы классификации, т.е. компактного содержательного описания исследуемого явления, на основе обработки больших информационных массивов.

О.Г. Берестневой проведены системные исследования и предложены информационные технологии оценки компетентности студентов, проанализированы технологии выявления скрытых закономерностей в структуре компетентности (на примере исследования интеллектуальной компетентности), рассмотрено применение классификационных моделей в задачах исследования, диагностики и прогнозирования компетентности.

Т.Н. Князевой создан комплекса методов, моделей, алгоритмов и механизмов, обеспечивающих интеллектуальную поддержку принятия решений для оптимального управления структурно-функциональными компонентами образовательного процесса медицинского вуза при его жизнедеятельности в режиме развития.

Н. С. Беспаловой представлена диагностика уровней сформированности информационно-коммуникативных компетенций средствами технологией вопроса.

На основе анализа литературных источников установлено, что важную роль в системном анализе играют классификационные модели и задачи оценивания объекта на основе экспертно-статистических методов. В настоящее время для оценки состояния объектов или процессов в различных областях знаний широко используются разного рода интегральные показатели, основное назначение которых – дать комплексную оценку выбранных характеристик объекта.

Для определения моделей и алгоритмов формирования и управления процессами формирования ИКК планируется применить следующие подходы:

1. Алгоритмы обработки информации в задачах оценивания качества обучения на основе экспертно-статистических методов.

2. Системные исследования и информационные технологии оценки компетентности обучаемых:

- системные аспекты компетентности обучаемых и её измерение;
- разработка инструментария для измерения и оценки компетентности по результатам тестирования и экспертного оценивания;
- технология выявления скрытых закономерностей в структуре компетентности;
- разработка интегральных показателей и критериев оценки компетентности и формирования рейтинга обучаемого;
- применение классификационных моделей в задачах исследования диагностики и прогнозирования компетентности;
- компьютерные системы оценки компетентности студентов и выпускников технического ВУЗа.

Планируется применять следующие критерии оценки формирования информационной компетентности обучаемых:

1. Формализованные критерии в виде факторных моделей.

2. Функции соответствия в виде свертки функций принадлежности.

Первые два вида Интегральных показателей будут использованы для оценки личностных и деловых качеств.

3. Обобщенная свертка в виде линейной регрессии – аддитивная свертка (используется для оценки интеллектуального потенциала).

4. Интегральные критерии в виде продукционных моделей. Используются интегральные критерии профессиональной пригодности.

В результате разработки алгоритмов и построения прогностических моделей должны быть решены ряд практических задач:

1) прогнозирование ИКК (регрессионная модель);

2) прогнозирование стиля и траектории учебной и профессиональной деятельности на основе дискриминантного анализа;

3) диагностика ИКК на основе неоднородной последовательной процедуры распознавания.

В результате анализа проблем процесса формирования ИКК обучаемых всех уровней и этапов образования сделаны выводы о необходимости разработки на научной основе:

- технологий и инструментов, сопровождающих личность ребёнка → ученика → студента → специалиста в процессе формирования ИКК компетенций.
- моделей и алгоритмов управления процессом формирования ИКК, позволяющие создать инструменты, учитывающие вызовы времени.
- комплексной системы сопровождения процесса формирования ИКК обучаемых и собственных компетенций каждого этапа системы для обеспечения взаимосвязи и преемственности этих этапов.
- инструментов оценки и анализа ИКК, формирования индивидуального учебного плана и моделировании карьеры обучаемого и сопровождении карьеры специалиста.

Принято решение о разработке информационно-аналитической системы для выполнения вышеназванных научных проектов по научно-методической проблеме комплексного формирования ИК-компетенций.

Реализация проекта решит региональные проблемы технических ВУЗов.

Литература:

1. Захарова А. А. , Молнина Е. В. , Чернышева Т. Ю. Комплексная система формирования информационно-коммуникационной компетентности обучаемых по направлению «Прикладная информатика» // Качество. Инновации. Образование.. - 2014 - №. 1(104). - С. 31-37.
2. Захарова А. А. , Чернышева Т. Ю. , Молнина Е. В. Интегрированная траектория формирования компетенций будущего IT-специалиста // Профессиональное образование в России и за рубежом. - 2013 - №. 3(11). - С. 92-99.
3. Молнина Е. В. , Молнин С. А. , Картуков К. С. Реализация комплексной системы формирования информационно-коммуникационной компетентности обучающихся через IT-университет // В мире научных открытий. - 2013 - №. 11.7(47). - С. 120-124.
4. Картуков К. С. , Евстафьев С. Н. , Лызин И. А. , Агаджанян (Азизянц) В. Д. , Молнина Е. В. Комплексный подход к проблеме формирования информационно-коммуникационной компетентности обучающихся [Электронный ресурс] // Современные проблемы науки и образования. - 2014 - №. 4. - С. 1. - Режим доступа: http://www.science-education.ru/.
5. Молнина Е. В. , Молнин С. А. , Евстафьев С. Н. , Черняева Н. В. Исследование моделей и алгоритмов формирования и оценки информационно-коммуникационных компетенций обучаемых [Электронный ресурс] // Современные проблемы науки и образования. - 2014 - №. 4. - Режим доступа: http://www.science-education.ru/.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ СТАНДАРТОВ ДЛЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ КАЧЕСТВА ПАССАЖИРСКИХ ТРАНСПОРТНЫХ УСЛУГ

О.А. Попова, специалист по УМР каф. ИС
Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского Томского политехнического университета
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел. 8(38451) 6-49-42
E-mail: Olga030188@mail.ru

Система городского пассажирского транспорта является важной составляющей социального сектора экономики. Ввиду своей социальной значимости пассажирский транспорт играет одну из основных ролей в обеспечении качества жизни городского населения. Конкурентоспособная система городского пассажирского транспорта является главным фактором социальной стабильности города.

Транспортный рынок пассажирских услуг представлен различными видами транспорта, которые обычно конкурируют между собой по различным показателям качества: скорости, стоимости, доступности, комфортабельности, безопасности. Потенциальные потребители транспортных услуг, руководствуясь своими ценовыми возможностями, целями поездок, индивидуальными предпочтениями выбирают тот, или иной вид транспорта, ориентируясь, прежде всего, на качественные характеристики транспорта. Современных потребителей, прежде всего, интересует качество транспортных услуг: ценовая составляющая, доступность и мобильность транспорта.

В связи с совершенствованием развития мировой транспортной отрасли и переориентацией рынка пассажирских услуг на удовлетворенность потребностей населения в качественных услугах, в транспортной отрасли РФ возникла необходимость существенного повышения конкурентоспособно-

сти российской транспортной системы. Министерством транспорта РФ в 2009 году был разработана Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года. Основная цель разработки стратегии - обеспечение улучшение качества и доступности транспортных услуг для населения; повышение безопасности и экологичности перевозок, мобильности населения и грузов [1]. Достижение высоких показателей качества и безопасности транспортного обслуживания на российском рынке транспортных услуг требовало необходимости закрепления их на законодательном уровне, введения обязательных к соблюдению минимальных стандартов.

На сегодняшний день практически отсутствует методическое обоснование единого подхода к оценке качества транспортного обслуживания.

При выборе методологии оценки качества транспортного обслуживания следует обратить внимание на характерные особенности структуры качества транспортных услуг.

Во-первых, показатели качества транспортных услуг можно условно разделить на две группы:

– количественные, которые достаточно вычислить расчетным путем, и соответственно количественно измерить (например, скорость, время прибытия и отправления, экологичность, безопасность транспорта, транспортная доступность);

– качественные, которые довольно сложно количественно измерить (например, комфортабельность перевозок, информированность пассажиров, удовлетворенность пассажиров сервисом). Показатели, которые можно оценить только с использованием экспертных оценок затрудняет общий процесс оценки уровня качества транспортной услуги.

Однако многие качественные характеристики транспортного обслуживания, субъективно оцененные потребителями транспортных услуг, можно подвергнуть количественному измерению со стороны, как транспортных компаний, так и муниципалитетов при наличии разработанной методологии оценивания.

Во-вторых, качество транспортного обслуживания имеет комплексный характер и включает в себя суммарную оценку множества показателей качества транспортных перевозок. Комплексный показатель качества транспортного обслуживания дает общую оценку уровня качественной конкурентоспособности транспорта.

Качество предоставляемых транспортных услуг основано на сопоставлении значений показателей качества оцениваемых услуг с их нормативными или базовыми значениями.

Так как установление точных зависимостей между большинством показателей качества транспортного обслуживания достаточно трудно, методологический подход к оценке транспортных услуг должен включать в себя использование экспертных знаний и качественные оценки наряду с количественной информацией.

В связи с имеющимися трудностями оценки качества транспортного обслуживания, актуальным является поиск инструментов и введение их в правовое поле законодательства РФ.

Таким инструментом являются минимальные транспортные стандарты, которые пока еще слабо исследованные теоретически, но уже внедряются в базы нормативно-правового регулирования транспортного обслуживания, как на федеральном, так и муниципальном уровне.

Одно из основополагающих положений Транспортной стратегии - положение о минимальном транспортном стандарте для граждан России, в соответствии с которым должна развиваться транспортная инфраструктура в регионах [2]. Согласно положениям Транспортной стратегии одной из приоритетных проблем развития транспортной системы является создание нормативно-правовой базы, регулирующей и обеспечивающей качество транспортных услуг.

Целью создания базы нормативно-правового регулирования работы транспортной системы является не только обеспечение гарантий качественного транспортного обслуживания всех слоев населения, но и постепенное сокращение числа личных автомобилей, рост которых негативно сказывается как на конкурентоспособности городского пассажирского транспорта, так и загруженности всей транспортной системы.

Система показателей качества транспортного обслуживания должна быть ориентирована на потребительские качества городского транспорта и стать альтернативой использованию личных автомобилей.

В качестве показателей транспортного обслуживания в Транспортной стратегии были использованы разработанные минимальные транспортные стандарты (МТС). Понятие минимального транспортного стандарта в настоящее время еще не достаточно изучено теоретически. Согласно определению Транспортной стратегии РФ МТС – это совокупность индикаторов конечного потребления транспортных услуг, от которых значительно зависят условия жизнедеятельности населения. Был разработан примерный перечень показателей транспортного стандарта:

- Мобильность населения;
- Транспортная доступность;
- Уровень ДТП по вине автодорог;
- Вероятность связности;
- Подвижность населения с социально-культурными целями;
- Доля транспорта в загрязнении окружающей среды;
- Вклад автотранспорта в суммарное транспортное загрязнение;
- Грузоемкость экономики.
- Транспортная дискриминация населения;

Важнейшими информативными показателями социальной характеристики транспортных услуг среди перечисленных показателей являются транспортная доступность и мобильность населения [3].

Целью введения данных показателей для оценки транспортного обслуживания является устранение разницы между фактическими и проектными значениями транспортных стандартов, что и является конечной целью развития пассажирского транспортного комплекса.

Всем муниципальным образованиям необходимо разработать систему социальных стандартов транспортного обслуживания, которые будут отражать эффективность работы транспортных предприятий. Нормативные значения показателей транспортных стандартов будут отличаться для различных субъектов РФ в зависимости от специфики развития регионов.

За рубежом уделяется большое внимание аспектам организации и управления транспортным обслуживанием населения. Если обратиться к опыту множества европейских стран, то можно убедиться, что стабильное развитие системы городского пассажирского транспорта осуществляется благодаря обеспечению регулирования качества транспортных перевозок на государственном уровне. Как показывает практика, система финансирования городского пассажирского транспорта за рубежом имеет многоканальный характер и исходит от государственных, региональных и местных органов власти.

Ввиду того, что городской пассажирский транспорт является важнейшей составной частью транспортной инфраструктуры, практика работы городского пассажирского транспорта показала, что применение только рыночных механизмов регулирования системы городского пассажирского транспорта невозможно. Для повышения конкурентоспособности транспортной отрасли России необходима реализация государственной политики в сфере мониторинга и управления городским транспортом, системы управления и финансовой поддержки пассажирского транспорта.

Существенную роль в реализации Транспортной стратегии РФ играет повышение управления развития транспортной системы путем улучшения эффективности методов государственного и муниципального управления. Для этого необходима интеграция и координация региональных и муниципальных стратегий и программ развития транспорта с Транспортной стратегией.

В результате должен быть согласованный стратегический план развития транспортной инфраструктуры, согласно которому осуществляются мероприятия различных программ в рамках транспортной стратегии с учетом разделения ответственности между органами государственной власти различных уровней, транспортными организациями.

Реализация Транспортной стратегии позволяет создать условия для социально-экономического развития транспортной отрасли с целью повышения качества транспортных услуг, снижения совокупных издержек общества, зависящих от транспорта, повышения конкурентоспособности отечественной транспортной системы.

Литература.

1. Транспортная стратегия Российской федерации на период до 2030 года. Проект, Москва, 2013 г. (Изменения в распоряжение Правительства Российской Федерации от 22 ноября 2008 г. № 1734-р). Ссылка на Сайт Министерства транспорта Российской Федерации URL: http://www.mintrans.ru/documents/detail.php?ELEMENT_ID=19188.
2. Захарова А.А., Попова О.А., Степанова К.М. Проблемы разработки методологии интеграции и координации стратегического управления системой пассажирских перевозок: постановка задачи // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 2; URL: www.science-education.ru/116-12597 (дата обращения: 23.10.2014).
3. Попова О.А. Современные проблемы регулирование деятельности городского пассажирского транспорта // Инновационные технологии и экономика в машиностроении: сборник трудов V Международной научно-практической конференции– 2014. – Том № 2 - С. 58-60.

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ВЕБ-СТУДИИ

Т.Ю. Чернышева, к.т.н., доц., Т.С. Олейникова, магистрант, Е.В. Гнедаш, студент гр. 17В20
Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского Томского политехнического университета
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26
E-mail: tatch@list.ru

Введение. Оценка конкурентоспособности является важным элементом маркетингового исследования предприятия.

Конкурентоспособность предприятия – это его способность успешно соперничать на рынке и получать относительно конкурентов экономические выгоды [1]. Показателем конкурентоспособности предприятия является доля его присутствия на рынке: чем выше доля хозяйственной единицы на рынке, тем выше ее конкурентоспособность. Поэтому, для нормального развития, предприятию необходимо знать свое положение на рынке.

Для лица, оценивающего конкурентоспособность возникает задача: какой метод использовать для оценки. Для решения этой проблемы можно использовать метод экспертных оценок, т.к. показателей, влияющих на конкурентоспособность может быть большое количество, их расчет займет гораздо больше времени, чем при предлагаемом методе. Суть метода экспертных оценок заключается в сборе информации от оценивающих лиц (экспертов) по интересующему вопросу, с последующей обработкой и формированием результата.

Цель работы: разработать информационно-аналитическую систему, которая будет использовать экспертный метод при оценке конкурентоспособности организациии. Данная система позволит значительно сократить время на оценку, а так же затраты с ней связанные, производить сравнительный анализ предприятий одной и той же отрасли, а также говорить о том, является ли предприятие конкурентоспособным или нет.

1 Анализ методов

Проблема оценки конкурентоспособности является сложной и комплексной, т.к. конкурентоспособность складывается из множества самых разных факторов. Существует огромное количество методов для оценки конкурентоспособности. Признаки классификации методов оценки конкурентоспособности [3]:

- категория предприятия (промышленные, торговые, финансовые и т.д.);
- тип метода (расчетные, графические, расчетно-графические);
- особенности показатели конкурентоспособности;
- возможность прогнозирования конкурентоспособности;
- учитываемые факторы конкурентоспособности;
- использование весомости показателей;
- источник информации для расчетов (внутренняя отчетность предприятия, статистические данные, мнения экспертов и т.д.);
- трудоемкость расчетов;
- критерии конкурентоспособности.

С использование данных признаков классификации была составлена таблица методов оценки конкурентоспособности (таблица 1):

Таблица 1

Методы оценки конкурентоспособности

Наименование метода	Краткая характеристика, метод расчета	Преимущества и недостатки
Матричные методы: — матрица БКГ; — матрица Портера; — матрица «Привлекательность рынка/конкурентоспособность» (модель GE/Mc Kinsey); — матрица «Привлекательность отрасли/конкурентоспособность» (модель Shell/DPM);	Сущность оценивания состоит в анализе матрицы, построенной по принципу системы координат: по горизонтали — темпы роста (сокращения) объема продаж; по вертикали — относительная доля предприятия на рынке. Наиболее конкурентоспособными	Преимущества: позволяет обеспечить высокую адекватность оценки. Недостатки: исключает проведение анализа причин происходящего и осложняет выработку управленческих решений, а также требует наличия достоверной марке-

Наименование метода	Краткая характеристика, метод расчета	Преимущества и недостатки
— матрица «Стадия развития рынка/конкурентная позиция» (модель Hofer/Schendel); — матрица «Стадия жизненного цикла продукции/конкурентная позиция» (модель ADL/LC)	считаются те предприятия, которые занимают значительную долю на быстрорастущем рынке.	тинговой информации, что влечет необходимость соответствующих исследований.
Методы, основанные на оценивании конкурентоспособности товара или услуги предприятия.	Эта группа методов базируется на суждении о том, что конкурентоспособность предприятия тем выше, чем выше конкурентоспособность его товара/услуги. Для определения конкурентоспособности товара используются различные маркетинговые и квалиметрические методы, в основе большинства которых лежит нахождение соотношения цена — качество. Расчет показателя конкурентоспособности по каждому виду продукции ведется с использованием экономического и параметрического индексов конкурентоспособности.	Преимущества: учитывает одну из наиболее важных составляющих конкурентоспособности предприятия — конкурентоспособность его товара/услуги. Недостатки: позволяет получить весьма ограниченное представление о преимуществах и недостатках в работе фирмы, так как конкурентоспособность предприятия принимает вид конкурентоспособности товара и не затрагивает другие аспекты его деятельности.
Методы, основанные на теории эффективной конкуренции	Согласно этой теории, наиболее конкурентоспособными являются те фирмы, где наилучшим образом организована работа всех подразделений и служб. На эффективность деятельности каждой из служб оказывает влияние множество факторов – ресурсов предприятия. Оценка эффективности работы каждого из подразделений предполагает оценку эффективности использования им этих ресурсов. Каждая из сформулированных в ходе предварительного анализа способностей предприятия по достижению конкурентных преимуществ оценивается экспертами с точки зрения имеющихся ресурсов.	Преимущества: учет разносторонних аспектов деятельности предприятия. Недостаток: основу подхода составляет идея о том, что показатель конкурентоспособности предприятия может быть определен путем элементарного суммирования способностей фирмы к достижению конкурентных преимуществ. Однако сумма отдельных элементов сложной системы (каковой является любое предприятие), как правило, не дает того же результата, что и вся система в целом.
Комплексные методы	В основе подхода лежит утверждение, в соответствии с которым конкурентоспособность предприятия есть интегральная величина по отношению к текущей конкурентоспособности и конкурентному потенциалу. Текущая	Преимущества: учитывает не только достигнутый уровень конкурентоспособности фирмы, но и его возможную динамику в будущем. Недостаток: способы и приемы, используемые при определении текущей

Наименование метода	Краткая характеристика, метод расчета	Преимущества и недостатки
	и потенциальная конкурентоспособность и их соотношения в рамках интегрального показателя конкурентоспособности предприятия в зависимости от метода могут варьироваться.	и потенциальной конкурентоспособности в конечном счете воспроизводят методы, используемые в рассмотренных ранее подходах, что влечет и недостатки соответствующих подходов.

Исходя из таблицы 1, можно сделать выводы, что для решения данной проблемы нет идеального решения, поэтому в данном случае был выбран метод экспертных оценок, т.к. он позволяет охватить все аспекты деятельности организации, основываясь на мнения экспертов (специалистов в данных вопросах).

Метод взвешенной суммы критериев (МВСК) является привлекательным эвристическим методом. Для выбора одной из альтернатив необходимо определить их полезность. Полезность альтернатив находится по формуле:

$$F_i = \sum U_{ij} W_j \tag{1.1}$$

Результатом будет являться рейтинг, и та альтернатива, чей показатель будет выше, будет считаться оптимальной.

2 Постановка задачи исследования

Цель данной работы – разработать информационно-аналитическое программное обеспечение оценки конкурентоспособности веб-студии. Можно выделить несколько задач:

1. выбрать альтернативы для сравнения (веб-студии);
2. определить критерии;
3. определение количества экспертов (один или несколько);
4. разработка алгоритма решения.

3 Теоретический анализ

Количество web-компаний и студий в Рунета постоянно растет. Как и на любом рынке здесь присутствует конкуренция, причем достаточно высокая. Если рассмотреть статистику (рисунок 1) веб-студий за 2012 и за 2013 года, можно увидеть, что рейтинг будет отличаться [4], [5].

Рис. 1. Рейтинг веб-студий России за 2012 – 2013 гг.

На конкурентоспособность веб-студии влияет большое количество факторов, ниже приведен список тех, которые были выбраны для оценки:

- время существования;
- система управления сайтом (CMS);
- social media (присутствие в социальных медиа проектах, таких как Youtube, Facebook, Вконтакте, Twitter и т.д.);
- портфолио (количество проектов);
- количество положительных отзывов и т.д.

Всем известно, что для качественного развития любой организации, важную роль играет конкуренция. Для того, чтобы конкурировать, необходимо проводить различные маркетинговые и другие исследования как своей компании, так и компаний-конкурентов. Из всех рассмотренных методов был выбран метод экспертных оценок, поскольку он позволит охватить все факторы, которые прямо или косвенно влияют на конкурентоспособность и рейтинг веб-студии.

Рассмотрим ситуацию, когда имеется полная информация о всех альтернативах по всем критерия. Данное условие в математической модели предполагает, что каждый критерий измеряется количественно и его показатель привлекательности для каждой альтернативы пропорционален его количественной оценке. Допустим, необходимо определить наиболее конкурентную веб-студию из нескольких (A_1,A_2,A_3). Критерии: K_1 – опыт работы (лет), K_2 – social media (присутствие в соц. сетях), K_3 – портфолио (количество работ), K_4 – отзывы (количество положительных). Все данные запишем в таблицу 2.

Таблица 2

Оценки альтернатив по каждому критерию.

	K_1	K_2	K_3	K_4
A_1	5	1	78	60
A_2	3	3	60	19
A_3	1	6	19	4
Вес критериев	6	4	10	9

Функции полезности для каждой альтернативы находится по формуле:

$$F_i = \sum U_{ij} W_j \,, \tag{4.1}$$

где i = 1, 2, …, n;

U_{ij} – оценка i-й альтернативы по j–му критерию;

W_i – вес i-го критерия.

Рассчитаем функцию полезности для каждой альтернативы:

$$F_1 = 5\times 6 + 1\times 4 + 78\times 10 + 60\times 9 = 1354$$

$$F_2 = 3\times 6 + 3\times 4 + 60\times 10 + 19\times 9 = 801$$

$$F_3 = 1\times 6 + 6\times 4 + 19\times 10 + 4\times 9 = 256$$

Видно, что для первой альтернативы функция полезности максимальна, поэтому рациональнее всего ее принять и проводить исследование веб-студии A_1.

Как видно из примера, все показатели привлекательности критериев качественные и поэтому для количественной оценки использованы их экспертные оценки по десятибалльной шкале, то есть оценки имеют одинаковую размерность (они безразмерны) [7].

Другая ситуация возникает, когда оценки разных критериев имеют разную размерность, часть из них являются натуральными (например, один критерий оценивается в рублях, другой – в минутах, третий – в экспертных баллах и т.д.). Для их сравнения и включения в функции полезности на равных (точнее пропорциональных весам) условиях существует рад методов, которые имеют общее название методов нормализации. Под нормализацией критериев понимается такая последовательность процедур, с помощью которой все критерии приводятся к единому, безразмерному масштабу измерений.

В результате нормализации, вне зависимости, ведется максимизация или минимизация критерия, альтернатива, имеющая наилучший для ЛПР показатель привлекательности по любому критерию получает оценку 1, наименее привлекательная имеет оценку 0, а остальные альтернативы имеют промежуточные оценки от 0 до 1 пропорционально их привлекательности между показателями наилучшей и наихудшей альтернатив [7].

Заключение. Почти все каждодневные решения мы принимаем без систематического продумывания, другие решения, например, куда отправиться жить после окончания университета, или какой стиль жизни удовлетворил бы нас – после размышлений, длящихся дни, месяцы, годы. Однако, в управлении принятие решений – более систематизированный процесс, чем в частной жизни. Ставка зачастую намного выше. Частный выбор индивида сказывается в основном на жизни его собственной и немногих связанных с ним людей. Менеджер или руководитель выбирает направление действий не только для себя, но и для организации и других работников. Методология управленческого решения представляет собой логическую организацию деятельности по разработке управленческого решения, включающую формулирование цели управления, выбор методов разработки решений, критериев оценки вариантов, составление логических схем и т.д.

Проанализировав данную предметную область и выявив проблему, для разработки информационно-аналитического программного обеспечения был выбран метод экспертных оценок. Данная система позволит значительно сократить время на оценку, а так же затраты с ней связанные, производить сравнительный анализ предприятий одной и той же отрасли, а также говорить о том, является ли предприятие конкурентоспособным или нет.

Литература.

1. www.grandars.ru/college/ekonomika-firmy/ocenka-konkurentosposobnosti-predpriyatiya.html;
2. Олейникова Т. С. Исследование факторов влияния на конверсию сайта организации // Современные технологии поддержки принятия решений в экономике: сборник трудов всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Юрга, 28-29 Апреля 2014. - Томск: ТПУ, 2014 - С. 35-37
3. Печенкин А. В. Оценка конкурентоспособности товаров и товаропроизводителей / А. А. Печенкин. — М.: МГЭИ, 2012. — 123с.;
4. Chernysheva T. Y. , Gnedash E. V. , Zorina T. Y. , Lenskaya N. V. Information systems project risk assessment: expert approach // Applied Mechanics and Materials. - 2014 - Vol. 682. - p. 539-543 [1178611-2014]
5. www.2013.tagline.ru/top100-digital-production;
6. www.42web.ru/rating-2013;
7. Захарова А.А., Григорьева А.А. Нечеткие модели принятия решений об инновационном развитии региона, //Монография, изд. «LAMBERT», 2012. – 210 с.

ПРОБЛЕМЫ РОССИЙСКОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ И ПУТИ ИХ ПРЕОДОЛЕНИЯ

В.Н.Есаулов, к.э.н., доцент кафедры ЭиАСУ
Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского Томского политехнического университета
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел. 89234963960
E-mail: elaresy@mail.ru

Машиностроение определяют как базис промышленной экономики любого государства. Превалирование сырьевой составляющей в экспорте страны приводит к ослаблению машиностроительной промышленности и ведет ее к точке невозврата. Устойчивость темпов экономического роста России может быть осуществлена только на основе мощной обрабатывающей промышленности, важнейшей отраслью которой является машиностроение, составляющую около 20% в общей ее структуре [1], в то время как в 1990 году эта цифра равнялась 40% [2].

В условиях развитой рыночной экономики, с высоким уровнем жизни граждан, машиностроение всегда имеет социально-ориентированный и инфраструктурный характер [1]. Машиностроение оказывает влияние на развитие всего народного хозяйства, предоставляя в различные отрасли необходимое оборудование требуемого качества и специализации, этим оказывает влияние на конкурентоспособность продукции и в других направлениях промышленности [3].

В машиностроение входят свыше 20 подотраслей: энергетическое, приборостроительное, приборостроение, судостроение, авиастроение, ракетостроение, оборонная промышленность, электронная промышленность и другие.

Машиностроение в промышленно развитых странах достигает более половины всего объема промышленного производства, а за счет прибыли этой отрасли проводится постоянное техническое переоснащение всей промышленности через 8-10 лет [2].

Машиностроительная отрасль в экономически развитых государствах имеет весь перечень подотраслей, большая часть из которых принадлежит электротехническому направлению. Спрос на товары машиностроения этих стран очень высок на мировом рынке, так доля их от всего экспорта Японии достигает 64%, в США – 48%, в Швеции - 44%, в Германии – 48%, Канаде – 42%, а в России – 10-20% [2].

В странах ЕС в структуре ВВП продукция машиностроения достигает 45%, а российское машиностроение в ВВП имеет 3-6%, тогда сырьевая составляющая - 28-30% [2]. Считается, что для экономической безопасности страны доля машиностроения должна быть не менее 30% [2].

В машиностроительный комплекс входят крупные, средние, мелкие предприятий, что от общего числа составляет около 40% всех самостоятельно работающих предприятий, численность работающих в машиностроении - 4 млн. человек [2]. Сильное машиностроение определяет темпы роста в остальных отраслях промышленности, способствует повышению уровня жизни населения.

В российском машиностроении наблюдается тупиковая ситуация: из-за старости основных фондов выпускается продукция невысокого качества, низких потребительских свойств. Отсюда уровень конкурентоспособности мал, низкий спрос на эту продукцию, т.е. товар залеживается на складах, объемы сбыта продукции низкие. Далее, обороты капитала низкие, что приводит к отсутствию средств на приобретение современного оборудования. В существующей ситуации выпускать конкурентную продукцию для мировых рынков доступно только ограниченному кругу машиностроительных предприятий, которые связаны с выпуском военной продукции.

На мировом рынке доля экспортной составляющей российской высокотехнологической продукции составляет около 0,3%, в то время как в развитых странах этот показатель 5-12,5% [4]. Значительно уменьшилась наукоемкая продукция российского машиностроения, составляющая 2-3% [2], что еще раз говорит о значительном отставании отечественного машиностроения от мировых лидеров. Современная тенденция в машиностроении развитых странах идет по пути замены механических комплектующих при производстве продукции на электронные, компьютерные составляющие.

Необходимо учитывать и затруднительное положение машиностроения в обосновании собственных цен, так как в производственной структуре оно занимает последнюю строку в технологическом процессе изготовления изделия. Чем более приближена промышленность к началу производства продукции, тем больше у нее возможностей диктовать свои цены. Известно, что расценки на электроэнергию, газ, железнодорожные перевозки регламентируются государством, а далее в технологическом цикле следует металлургическая промышленность, цены на продукцию которой неоправданно растут каждый год на 20-25% [2]. В такой ситуации сложно в машиностроительной отрасли осуществлять аргументацию цен на свою продукцию.

Следует отметить значительный расход ресурсов на изготовление единицы ВВП в России, который в 2 раза больше, чем в США и 4 раза, чем в странах ЕС [2], при этом нефти расходуется больше на 36%, каменного угля на 56%,, природного газа на 42%, стали на 138%, чем в США [2]. В машиностроении, особенно в условиях кризиса и западных санкций, имеет большое значение снижение материалоемкости, энергоемкости при производстве продукции. Менеджеры всех уровней это направление своей работы должны считать первостепенной.

В добавление к вышесказанному считаем необходимым привести результаты полного анализа годовых бухгалтерских балансов предприятий оборонной промышленности, входящей в машиностроительный комплекс. При этом общим, за редким исключением, для все предприятий выявлено следующее:

- возрастание основного капитала у подавляющего большинства предприятий нет, замедляются сроки оборачиваемости, увеличивается кредиторская задолженность;
- каждый год идет постоянная прибавка запасов;
- диспропорция между дебиторской и кредиторской задолженностями. При этом оборот капитала у предприятий, как правило, вписывается в 2-3 года, соответственно растет незавершенное производство, как правило, в разы, а инвестиций явно недостаточно[5].

Отрицательно влияет и существенная диспропорция между раздутой численностью административно-управленческого персонала и численностью квалифицированных рабочих. В судостроении Бразилии квалифицированные рабочие составляют 70%, инженеры и техники - 20%, администрация – 5%, прочие обслуживающие работники - 5%. В этой отрасли в Южной Корее, Японии, Китае доля административных работников не более 3-5%. В России есть примеры в машиностроении, когда численность управленческого персонала превышает численность квалифицированных рабочих. В отечественном машиностроении фонд заработной платы управленцев в три раза больше зарплаты

основных производственных рабочих. В развитых странах зарплата упраленцев не превышает 80-85% заработной платы рабочих [2].

Совершенствование машиностроения в первую очередь должно начинаться с автомобильной промышленности, судостроения, авиастроения, станкостроения, которые являются основой экономики страны, оказывают воздействие на другие направления хозяйственной жизни совокупностью всех своих имеющихся ресурсов: научно-технических, производственных. Современное машиностроение обеспечивает безопасность страны, продукция машиностроения характеризует технический уровень металлургии, электроники, последних достижений в науке.

В современной российской ситуации в машиностроении теперь добавились санкции и экономический кризис. Правительство в течение 2-3 лет решает финансовые проблемы в банковском секторе, в сельском хозяйстве, на транспорте, а также из-за сложившихся низких цен на мировом рынке направляет денежные средства в нефтегазовую отрасль.

Поэтому машиностроителям получить помощь из средств Фонда материального благосостояния нереально. На сегодняшний день развитие отечественного машиностроения будут определять:

1. Сосредоточение деятельности всего менеджмента предприятий на одну цель – резкое увеличение скорости оборота капитала:

- снижение запасов в 5-6 раз;
- переход на недельное планирование поставки материалов и комплектующих, что позволит снизить себестоимость продукции не менее, чем 25% [5];
- сокращение объемов незавершенного производства в разы за счет современных методов производственного планирования.

2. Увеличение производительности труда в 1,5-2 раза за счет хорошей организации производства.

3. Снижение доли административно-управленческого персонала.

Для выполнения перечисленных трех направлений развития машиностроительной отрасли не требуется вмешательство правительства, дополнительных денежных вливаний, импорта материалов, электронных композитов из стран ЕС, а только грамотная работа менеджеров машиностроительных предприятий.

Заслуживает внимания опыт Заволжского моторного завода Нижегородской области по внедрению в производство принципов кайдзен [6].

Следующий шаг в сегодняшней действительности - это поиск вариантов для вхождения в новую экономику, например, используя опыт китайских автомобильных компаний.

Используя предложения автора по работе в сегодняшних реалиях возможно увеличить оборот капитала в 3-5 раз и получить дополнительную прибыль. С учетом решений правительства по мораторию налога на прибыль начать заниматься инвестициями, встраиваясь в современное мировое машиностроение.

Российское машиностроения переживает сейчас не лучшие времена, но наша страна имеет существенные достижения обладая высокими научными, производственными, кадровыми ресурсами, развитыми коммуникациями, значительными природными ресурсами [7] и с учетом реализации приведенных в исследовании выводов и рекомендаций отечественная машиностроительная промышленность может занять достойное место и быть конкурентоспособной на мировом рынке.

Литература.

1. Могилевич М.В. Экономика и стратегии развития машиностроения в крупном индустриальном центре (город Омск).// Омский научный вестник № 5 (112) 2012 с. 61-65.
2. Половинкин В.Н., Фомичев А.Б. Современное состояние и проблемы развития ототечественного машиностроения. //«Экспертный союз» № 7 (23) 2013. [Электронный ресурс]. URL: http://www.proatom.ru/modules.php?name=News&file=print&sid=4639 (дата обращения 11.10.2014).
3. Лактюшина О.В., Лысенко А.Н. Управление инновационными процессами в машиностроении.//Вестник АГТУ. Экономика. № 1, 2013, с. 113-118.
4. Долгосрочный прогноз научно-технологического развития Российской Федерации (до 2025 года). [Электронный ресурс]. URL: http://www.strf.ru/attach/prognoz_.doc (дата обращения 18.02.2015)
5. Есаулов В.Н. Вестник ТГУ. Экономика. 20 лет работы предприятий ОПК в рыночной экономике.// Вестник ТГУ. Экономика. № 3 (19) 2012 с. 11-18).
6. Ивао Охаси . Берите лучшее с Запада и Востока.//«Бизнес & эксперт» июль -август 2014 с. 2. [Электронный ресурс]. URL: http://www.indparks.ru/upload/medialibrary/ceb/1407Б&К.pdf (дата обращения 20.03.2015 г.)
7. Чемезов С.В. Российское машиностроение: в будущее с оптимизмом.//Недвижимость и инвестиции. Правовое регулирование. № 3 (44), 2010. [Электронный ресурс]. URL: http://www.dpr.ru/journal/journal_42_12.htm (дата обращения 18.02.2015)

БЕЗРАБОТИЦА В МОНОГОРОДАХ: НЕФОРМАЛЬНЫЙ ПУТЬ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ

И.В. Добрычева, ассистент кафедры ЭиАСУ
Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского Томского политехнического университета
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26
E-mail: pr-turandott@mail.ru

Безработица – проблема современного российского общества. Череда кризисов, демографический спад и старение населения, сложные социально-экономические отношения – все это причины, формирующие рост безработицы. Однако данные тенденции наиболее ярко проявляются в таких муниципальных образованиях, как моногорода. Кемеровская область – регион, в котором доля безработных все еще остается значительной, тем более, что уровень официально зарегистрированной безработицы зачастую гораздо меньше реального.

Занятость – это, как известно, комплекс условий, характера и степени вовлеченности трудоспособного населения в процесс общественного производства. Закон РФ «О занятости населения в РФ» дифференцирует граждан, считающихся занятыми, на несколько групп, среди которых: работающие по трудовому договору, включая сезонные и временные работы; зарегистрированные в качестве индивидуальных предпринимателей; занятые в подсобных промыслах и т.д. [1]. В Российской Федерации используются шесть статусов занятости: наемные работники, работающие на индивидуальной основе, работодатели, неоплачиваемые работники семейных предприятий, члены коллективных предприятий, а также лица, которых сложно классифицировать по статусу. Естественный уровень безработицы предполагает наличие полной занятости рабочей силы, иными словами, возможность найти работу всеми желающими. Уровень безработицы выше естественного в Северо-Кавказском федеральном округе, на втором месте – в Сибирском федеральном округе, чуть лучше ситуация в Дальневосточном федеральном округе. Сибирский федеральный округ — федеральный округ в сибирской части России. Образован указом президента РФ от 13 мая 2000 года. Имеет в своём составе 12 субъектов (таблица 1).

В таблице 1 представлен уровень безработицы по регионам Сибирского Федерального округа за последние два года.

Таблица 1

Уровень безработицы 2012-2013 гг. года по регионам СФО [2]

	На конец 2012 года тыс.чел.	Удельный вес , %	На конец 2013 года тыс.чел.	Удельный вес, %	Изменение	
					Абсолютное отклонение тыс.чел.	Рост, %
Республика Алтай	11,5	1,65	11,5	1,62	0	100,00
Алтайский край	74,4	10,69	95,8	13,47	21,4	128,76
Республика Бурятия	36,5	5,24	37	5,20	0,5	101,37
Забайкальский край	56,3	8,09	56,0	7,87	-0,3	99,47
Иркутская область	97,8	14,05	104,4	14,68	6,6	106,75
Кемеровская область	98,9	14,20	85,3	11,99	-13,6	86,25
Красноярский край	84,0	12,06	86,1	12,10	2,1	102,50
Новосибирская область	80,7	11,59	84,2	11,84	3,5	104,34
Омская область	72,0	10,34	72,4	10,18	0,4	100,56
Томская область	41,6	5,97	39,2	5,51	-2,4	94,23
Республика Тыва	22	3,16	23,5	3,30	1,5	106,82
Республика Хакасия	20,8	2,99	15,8	2,22	-5	75,96
СФО	696,3	100,00	711,3	100,00	15	102,15

Если оценивать удельный вес регионов с наибольшим количеством безработных в СФО , то 14,5% от общего количества безработных – жители Иркутской области, 14,2 в 2012 г. и 11,99 в 2013 г. – жители Кемеровской области, около 12% - жители Красноярского края, около 11% - Новосибирской области. В Алтайской крае на конец 2013 года также увеличился удельный вес безработных (13,47% от общего числа безработных в СФО).

Таблица 2

Состав монопрофильных образований в Сибирском Федеральном округе [3]

	Монопрофильные муниципальные образования с наиболее сложным социально-экономическим положением	Монопрофильные муниципальные образования, в которых имеются риски ухудшения социально-экономического положения	Монопрофильные муниципальные образования со стабильной социально-экономической ситуацией
Республика Алтай			
Алтайский край		Заринск, Алейск, Яровое, пос.Степное озеро	Новоалтайск
Республика Бурятия	пгт.Селенгинск		
Забайкальский край	пгт. Жирекен, пгт.Первомайский	пгт. Шерловая гора, Краснокаменск, пгт.Вершино-Дарасунский, пгт.Новоорловск, пгт.Кокуй, пгт. Новопавловка	
Иркутская область		Тулун, Черемхово, Саянск, Усолье-Сибирское	Железногорск-Илимский, Усть-Илимск
Кемеровская область	Юрга, Анжеро-Судженск, Прокопьевск, Салаир, Таштагол	Мариинск, Гурьевск, пгт.Яшкино, пгт.Шерегеш, Мыски, Тайга, Междуреченск, Осинники, Ленинск-Кузнецкий, Березовский, Полысаево, пгт.Краснобородский, Белово, пгт.Мындыбаш, Киселевск	Калтан, пгт.Белогорск
Красноярский край		Железногорск, Лесосибирск, Бородино, Зеленогорск, Норильск	
Новосибирская область		пгт. Линево, пгт. Горный	
Омская область			
Томская область		Северск	
Республика Тыва			
Республика Хакасия	Черногорск		Сорск, пгт. Вершина Теи
СФО	9 из 75	37 из 149	8 из 89

Анализ монопрофильных образований показывает, что наибольшее число моногородов с разной степенью стабильности социально-экономической ситуации находится в Кемеровской области. Также несколько монопрофильных образований располагается в Алтайском крае, Иркутской области, Красноярском крае, Забайкальском крае.

Таким образом, можно выделить связь между количеством монопрофильных образований по регионам и уровнем безработицы в них. Резкое снижение доходов предприятия, простои отразились на экономике городов, уменьшив не только бюджетные поступления, но и ухудшив состояние всей социальнйо сферы. Население моногородов находится на грани выживания ввиду отсутствия работы, снижения заработной платы, в связи с ростом инфляции, с повышением тарифов на жилищно-коммунальные и иные услуги. Люди, потерявшие работу, имеют меньше возможностей для трудо-

устройства. Практически во всех моногородах снижается количество населения, так как наиболее трудоспособные покидают малую Родину, переезжают в иные муниципальные образования. Обзор зарубежного опыта по формированию инфраструктуры моногородов свидетельствует о том, что наиболее предпочтительным является метод образования инновационных, туристических и сервисных центров. Примерами удачных преобразований могут служить моногорода Пулман, Халдерствилд, Солтвиль и другие монопрофильные образования Европы и США, однако, этих примеров не так много и, объективно говоря, создание инновационной среды и реальных рабочих мест с полной занятостью – капиталоемкая деятельность. Однако пройдет несколько лет, прежде чем будут построены производственные площадки, запущена работа предприятий малого и среднего бизнеса. На сегодня безработица в моногородах растет, а кризисные тенденции экономики России в целом способствуют снижению заработной платы и уменьшению рабочих мест. Переезд в другие города также затруднен из-за ряда причин: разница в цене на жилье, родственные связи, страх потери имущества и т.п. При этом, жители моногородов – это зачастую специалисты своего дела, люди, имеющие высшее образование и большой опыт работы в различных сферах, именно они должны научиться использовать свой потенциал в рамках существующего сложного социально-экономического положения в моногороде. Рассмотрим возможные варианты.

1 Одним из вариантов занятости является деятельность по организации совместных покупок. Организатор не только получает комиссионные, но и имеет возможность относительно недорого купить одежду и различные предметы быта.

2 Другим вариантом является удаленная занятость – работа фрилансером, которая дает множество преимуществ: свободный график и стабильность при наличии постоянных клиентов, экономия времени и денег, возможность развития своего бизнеса.

3 Создание Интернет-магазина – также одна из идей, активно поддерживаемая молодыми предпринимателями. Конечно, создание сайта требует вложения средств, однако возможность представлять и продавать свой товар по всей стране – это гарантированное увеличение продаж.

4 Работа модератором – новый и популярный вид занятости. Люди хотят общаться, однако в 21 веке общение происходит, зачастую, через Интернет. Необходимы грамотные модераторы для поддержания форумов, функционирования групп популярных социальных сетей. Плюсом является возможность сочетать разные виды занятости через Интернет. В свободное время можно работать копирайтером или модератором, а пять дней в неделю заниматься продажами через Интернет-магазин.

5 Создание сайтов и их контент – работа для программистов и лингвистов.

6 Ведение блога и заработок на рекламодателях.

Таким образом, вероятно овладение любой из следующих профессий или несколькими сразу: SEO-копирайтер, рерайтер, контент-менеджер, блоггер, манимейкер, специалист по SMO.

7 Самозанятость, в том числе создание малых предприятий – перспективное направление, поддерживаемое целым рядом государственных программ, предлагаемых в центрах занятости. Проблемой зачастую становится неумение организовать сбыт продукции/услуг на местном рынке. И здесь уместно использование Интернет-технологий, продаж через Интернет-магазин, поиск покупателей.

Таким образом, можно сделать несколько выводов:

- уровень безработицы выше в регионах, где есть монопрофильные муниципальные образования;
- жители моногородов имеют значительный потенциал, способны организовать себе занятость и, как следствие, увеличить свой доход;
- существует целый ряд возможностей по организации удаленной работы, в том числе для лиц с ограниченными возможностями, пенсионеров, женщин, находящихся в отпуске по уходу за ребенком.

Интернет позволяет также найти работу в других городах и регионах (job.ru, km.ru, agava.ru, profy.ru), что, по сути, дублирует мероприятия по финансовой поддержке при переезде граждан и членов их семей при переселении в другую местность для трудоустройства.

Около 7200 тыс. руб. выделено из областного бюджета в рамках подпрограммы «Дополнительные мероприятия в области содействия занятости населения» для содействия трудоустройству незанятых инвалидов. В Интернете найти работу инвалиду с должным уровнем образования можно совершенно бесплатно.

Легализация фриланс-деятельности – процесс постепенный, однако неизбежный: отсутствие социального пакета, отчисление в ФСС являются очевидными минусами жизни фрилансера.

По различным подсчётам число фрилансеров в России только за три предыдущих года выросло в разы. Данные социологических исследований варьируются от 5 до 20 миллионов человек. И,

соответственно, если взять за среднемесячный доход фрилансера 44 000 - 50 000 рублей в месяц, то в год на каждого получается в пределах 500 000 рублей [4]. Для решения данной проблемы есть довольно действенная система налогообложения – патентная. Налоговые каникулы, патентная система налогообложения, различные Интернет-технологии – все это инструменты быстрого вовлечения жителей моногородов в систему самозанятости, в том числе и удаленной занятости. Однако проблемы с самозанятостью не будут решены до тех пор, пока не произойдут качественные изменения в сознании жителей моногородов. Вложение денег для получения новых знаний, повышения уровня компетентности – все это неизбежные инвестиции в саморазвитие и залог самореализации.

Литература.

1. Закон РФ от 19 апреля 1991 г. N 1032-1 "О занятости населения в Российской Федерации" [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://base.garant.ru/10164333/1/#block_100#ixzz3WDaHIxqL
2. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://www.gks.ru/
3. Моногорода России: полный список [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.regnum.ru/news/economy/1886332.html
4. Работа фриланс: нужно ли регистрировать ИП и платить налоги? [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://www.4delat.ru/vashi-prava-na-chey-storone-zakon/rabota-frilans-nuzhno-li-registrirovat-ip-i-platit-nalogi/

ПОДДЕРЖКА МАЛОГО И СРЕДНЕГО БИЗНЕСА В КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

И.В. Марчук, ст. преподаватель, Д.Н. Нестерук, ст. преподаватель
*Pasquet Alona**
Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского Томского политехнического университета
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26
E-mail: tika75-1977@mail.ru
**Viqnobles XO, 33720, Landiras, Aquitaine, France, phone +33686026096*

В Российской Федерации к малому бизнесу относят предприятия с ограниченной численностью работающих: в строительстве и промышленности – до 100 чел.; в сельхозпредприятиях и научно технических – до 60 чел.; для предприятий оптовой торговли – до 50 человек; розничной торговли – не более 30 чел. В разных странах данные показатели разнятся: например, в США предел для малой фирмы до 500 человек, в Европе до 300 работников. Размеры для предприятий среднего предпринимательства — не определены настолько же точно. Чаще, говоря о них, применяют метод исключения: это заводы, фабрики и т.п., как правило, не входящие в государственные корпорации и крупные («олигархические») объединения.

Значение у малого и среднего предпринимательства велико, в для этого их следует рассматривать совместно. Известно, что крупный бизнес в современное время не столько создает новые рабочие места, сколько пытается их сократить путем компьютеризации и автоматизации производства, оптимизации управления. А организации малого и среднего бизнеса, наоборот, способны создавать миллионы новых рабочих мест. Это особо важно для страны, в которой безработица, особенно в некоторых регионах, остается глобальной проблемой. К тому же у малых и средних предприятий обычно ориентировка направлена на удовлетворение массового спроса на товары широкого потребления, а это значит, что именно они способны помочь решению проблемы инфляции, инфляционной неустойчивости экономики Российской Федерации.

Малый и средний бизнес рассматривается государством как локомотив экономики. Особенно это касается среднего бизнеса, который потенциально способен на прорывы в развитии рынков. Но большинство аналитиков полагает, что в сложившихся экономических условиях от этого сектора ждать выдающихся успехов пока не стоит.

Малое и среднее предпринимательство на сегодняшний день не вносит ожидаемого вклада в оздоровление экономики региона. В связи с этим становится актуальным вопрос о рассмотрении и анализе существующей системы государственной и общественной поддержки в Кемеровской области.

Вся деятельность, так или иначе затрагивающая созданные субъекты малого предпринимательства, регламентируется Федеральным законом №209-ФЗ «О развитии малого и среднего предпринимательства в Российской Федерации» от 24 июля 2007 года.

Малые предприятия находятся в менее выигрышном положении по сравнению с компаниями крупного бизнес-сегмента, т.к. не могут содержать собственные консультативные, информационные, маркетинговые, учебные, юридические и другие необходимые подразделения, сформировать коммуникационную структуру, в виду малого объема производства и необоснованности затрат на содержание данных подразделений. Именно для удовлетворения спроса малого бизнеса в данных услугах и осуществляется государственная и общественная поддержка.

Сегодня согласно распоряжению правительства в первоочередных мерах по стабильному и устойчивому развитию экономики России стоят: импортозамещение и поддержка субъектов малого и среднего бизнеса.

10 февраля на коллегии А.Г.Тулеев представил план первоочередных мероприятий по стабильному и устойчивому развитию Кемеровской области. И согласно этому плану одним из важных мероприятий является именно поддержка малых и средних предпринимательств. Сегодня областная власть нацелена на то, чтобы предоставить все возможные условия, исходя из сегодняшней ситуации, все преференции и льготы для предпринимательского сообщества, для того, чтобы они работали на благо Кузбасса.

Сегодня в Кемеровской области работает очень мощная, одна из лучших в России инфраструктур среднего и малого предпринимательства. «Инфраструктура поддержки малого предпринимательства - это совокупность государственных, общественных, негосударственных, коммерческих и образовательных организаций, цель деятельности которых – это создание благоприятных для работы условий субъектов малого и среднего бизнеса »

Прежде всего, это Государственный Фонд поддержки малого и среднего предпринимательства Кемеровской области. Фонд предоставляет микрозайм, до одного миллиона рублей под 10% годовых; поручительство перед банками, при нехватке средств, фонд предоставляет залог в размере 70%; предоставление поручительств перед лизинговыми компаниями. Это Кузбасская торгово-промышленная палата, деятельность которой направленна на защиту прав предпринимателей; развитие торгово-экономических и научно-технических связей с предпринимателями других регионов РФ и предпринимателями зарубежных стран. Центр субконтрактации, который формирует базу заказчиков и исполнителей профильных услуг. Евро-инфо корреспондентский центр, он бесплатно оказывает содействие малым и средним предприятиям Кемеровской области в развитии их внешнеэкономической и межрегиональной деятельности. Бизнес-инкубаторы, в Кемеровской области действуют 4 бизнес-инкубатора, где предприниматель может взять в аренду площадь стоимостью за $м^2$ от 100 до 400 рублей, в то время когда в городе это гораздо дороже.

В области действует государственная программа «Развитие субъектов малого и среднего предпринимательства в Кемеровской области» на 2014-2017 годы

Основными направлениями поддержки малого и среднего предпринимательства в рамках этой программы в 2014 году являлись: поддержка реализации муниципальных программ; в том числе моногородов; развитие объектов туристской индустрии; развитие социального предпринимательства; развитие молодежного предпринимательства; пропаганда и популяризация предпринимательской деятельности; развитие ремесленной деятельности.

По оценке, за 2014 год на территории Кемеровской области было создано более 5,1 тысячи новых субъектов малого и среднего предпринимательства, с количеством новых рабочих мест 8,8 тысячи.

Общее количество малых и средних предприятий, достигло 34,47 тысяч единиц, рост составил 1,5 % по сравнению с началом года.

Оборот малых и средних предприятий, по оценке, составил 467,5 млрд. рублей, что на 14,3% выше показателя 2013 года (409,0 млрд. рублей).

В Кемеровской области в рамках долгосрочной целевой программы «Развитие субъектов малого и среднего предпринимательства в Кемеровской области» реализуются мероприятия по вовлечению молодежи в предпринимательскую деятельность.

Федеральная программа вовлечение молодежи в предпринимательскую деятельность «Ты-предприниматель» реализуется в Кузбассе с 2011 года и является одним из приоритетов государственной поддержки малого и среднего предпринимательства в Кемеровской области. В настоящий момент в программе участвуют более 45 регионов России.

За время реализации программы ее участниками стали более 11000 молодых людей, рассматривающих предпринимательство как стратегию своего развития, 190 человек зарегистрировали собственное предприятие.

В 2015 году одним из приоритетных направлений развития, являются производство, промышленные предприятия, а сегодня недостаток средств, говорит о том, что они нуждаются в переоборудовании своего производства, закупке нового оборудования. У этих предприятий кредиты, которые они не в состоянии погасить. И поэтому сегодня одним из планов помощи предпринимательства, это выделение денежных средств, субсидий под модернизацию оборудования, субсидий по возмещению затрат по процентным ставкам по кредиту.

Для производственных предприятий в Кемеровской области действуют налоговые льготы. Ставка налога на прибыль снижена с 18% до 13,5%. Компании освобождены от налога на имущество. По упрощенной системе налогообложения ставка налога снижена с 15% до 5%. По инициативе А.Г. Тулеева разрабатывается областной закон о налоговых каникулах для предпринимателей, которые ранее не занимались предпринимательской деятельностью.

Кроме того помимо субсидий действует грантовая поддержка. Она предоставляется любому предпринимателю, который обратился, предоставляется на конкурсной основе. Так же активно действует вовлечение молодежи в предпринимательскую активность. Это основные направления финансового стимулирования развития малого и среднего бизнеса. Так же есть нефинансовое стимулирование, это стимулирование со стороны чиновников, для облегчения работы бизнеса, то есть сокращение сроков, сокращение документации. Например, сократить сроки получения земельных участков (т.к. эти сроки могут достигать до полутора лет), сокращение сроков на получение разрешительной документации на строительство, на выдачу иных разрешительных документов, например в архитектуре, чтобы предприниматель получал подобные документы не за 2-3 месяцев, а за 20-30 дней. В случае нефинансовой поддержки, будут созданы благоприятные условия для малого и среднего предпринимательства, тогда предприниматели смогут без «головной боли» дели свое дело, которое направленно на благо Кузбасса.

Активная поддержка малого и среднего бизнеса, в такой тяжелый, кризисный период, очень важна. От развития данного сектора зависит скорейшее восстановление экономики страны.

Литература.

1. http://kemobl.pmp.gkr.su/ (Федеральный портал малого и среднего предпринимательства Кемеровская область);
2. http://kemoblast.ru/news/business/ (Кемеровская область *информационный портал*);
3. http://www.gfppko.ru/ (Государственный фонд поддержки предпринимательства Кемеровской области);
4. http://molpred42.ru/page/7 (Программа «Ты - предприниматель» Кемеровская область)

АДАПТАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ В СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ КОНКУРЕНЦИИ В УСЛОВИЯХ ЭКОНОМИКИ, ОСНОВАННОЙ НА ЗНАНИЯХ

О.В. Медведева, ст. преподаватель кафедры ЭиАСУ
Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского Томского политехнического университета
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26
E-mail: alisasten@mail.ru

Процесс адаптации социально-экономической модели конкуренции в экономики, основанной на знаниях может занять долгое время и будет напрямую зависит от государственной поддержки данной стратегии.

Государство поддержит адаптационные процессы в российской экономике по направлению развития экономики знаний в стране. Государство сможет показать важность взращивания и развития квалифицированных кадров в стране всем заинтересованным пользователям.

Численность экономически активного населения [1] имеет тенденцию к увеличению, следовательно, государству необходимо находить пути трудоустройства данного вида граждан. А при возникновении проблемы трудоустройства, возникает необходимость в поставке квалифицированных рабочих кадров на рынок труда, причем данные работники должны отвечать всем требованиям, предъявляемым современным рынком человеческих ресурсов.

Динамику изменения численности экономически активного населения можно рассмотреть на рисунке 1.

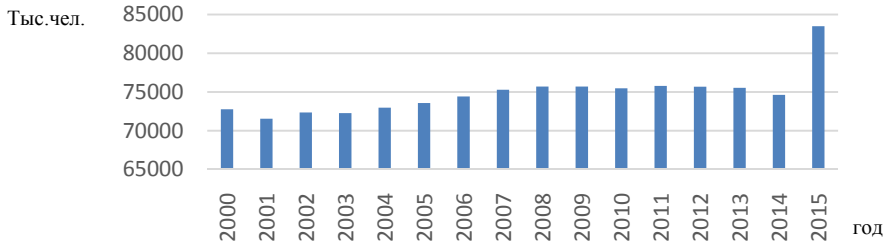


Рис. 1. Численность экономически активного населения в период с 2000 по 2013 годы

На рисунке 1 видны колебания численности экономически активного населения, но, несмотря на колебания, наблюдается процесс роста данного показателя. Аналогичная ситуация просматривается и в регионах России.

В состав экономически активного населения входят граждане страны, имеющие возможность обеспечить себя, либо обладающие потенциальной возможностью к самообеспечению. Объединяя данный показатель, можно сказать, что это активные трудовые ресурсы страны.

Для понимания важности адаптации социально-экономического модели развития конкуренции в условиях экономики знаний рассмотрим все основные статистические показатели в единой картине.

Таблица 1

Общие показатели современного уровня конкуренции
в условиях экономики знаний в стране [2-5]

Основные показатели	2009г.	2010г.	2011г.	2012г.	2013г.	2014г.	2015г. (прогноз)
Расходы на социальную политику, млрд. руб.	310,905	344,944	3128,5	3859,8	3839,1	4,113	4,559
Малые и средние предприятия, ед.	69274	66574	63803	60260	58245	58959	57288
Расходы на НИОКР, млрд. руб.	485,09	523,29	608,22	696,85	674,23	447,06	1371,72
Расходы на образование, млрд. руб.	387,9	386,4	553,3	603,5	605,6	547,7	572,6
Расходы на социальную поддержку, млн. руб.	930,9	3370,6	3059,6	7824,0	8440,0	9092	9669,1

По данным таблицы 1 можно пронаблюдать динамику параллельного увеличения каждого показателя, необходимого для построения стратегии социально-экономической модели конкуренции в условиях экономики знаний.

Для адаптации стратегии, необходимо рассчитать приемлемый уровень конкуренции, к которому необходимо будет стремиться всем заинтересованным на рынке пользователям.

При рассмотрении данного показателя, можно увидеть динамику к снижению показателя, это, в первую очередь, связано с экономическим состоянием страны на мировом уровне, а, во вторую, – с количеством работоспособного населения страны.

Динамику снижения показателя конкуренции человеческого капитала можно увидеть на рисунке 2.

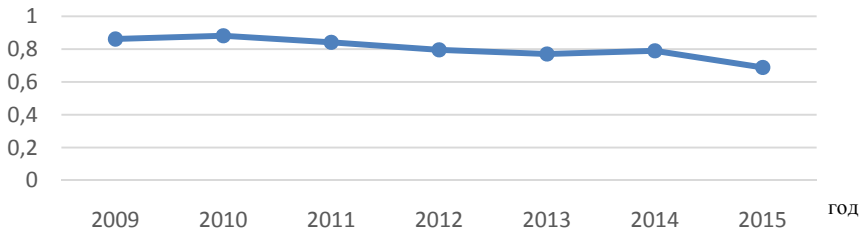


Рис. 2. Динамика уровня конкуренции человеческого капитала в стране

Рассматривая данную динамику и экономическое состояние страны в изучаемый период, можно сделать вывод, что оптимальным значением уровня конкуренции будет находиться в диапазоне от 0,800 до 0,900. Данный диапазон выбран в связи с тем, что наблюдается прямая зависимость основных расчетных показателей.

Суммируя все вышеизложенное, можно перейти к процессу адаптации социально-экономической модели конкуренции в условиях экономики знаний.

В основу развития разрабатываемой модели можно положить SWOT-анализ, который позволит выявить направления адаптации стратегии.

Данный вид анализа широко распространен среди маркетологов мира, благодаря своей простоте и доступности. Но он является также предварительным исследование для разработки стратегий и прогнозов развития организации.

SWOT-анализ – оценивает в комплексе внутренние и внешние факторы, влияющие на развитие компании. Это анализ сильных и слабых сторон организации, а также возможностей и угроз со стороны внешней окружающей среды. «S» и «W» относятся к состоянию компании, а «O» и «T» к внешнему окружению организации [6].

Применим данный вид анализа на макроуровне, для анализа социально-экономической модели конкуренции в условиях экономики знаний.

Пути и механизмы преобразований в стране складываются из комплекса стратегических решений, выработанных с применением матрицы решений SWOT-анализа [7] (таблица 2).

Таблица 2

SWOT-анализ для оценки социально-экономической модели конкуренции в стране в условиях экономики, основанных на знаниях

Положительные стороны	Сильные стороны (S)		Возможности (O)	
	S-1	Усиление внутренней мобильности работников	O-1	Возможность использования зарубежного опыта для формирования собственной стратегии развития конкуренции в условиях экономики знаний
	S-2	Создание базы для формирования финансов, направленных на мониторинг и регулирование отношений между предприятиями и человеческими ресурсами	O-2	Возможность предоставления специалистам возможности развития и самосовершенствования путем получения дополнительного образования, опыта и навыков
	S-3	Взращивание и сохранение квалифицированных кадров в стране	O-3	Возможность выравнивания развитости региональных (областных) центров и периферии в стране
	S-4	Развитие малого и среднего предпринимательства	O-4	Возможность создания новой системы оплаты труда и ее налогообложения
Отрицательные стороны	Слабые стороны (W)		Угрозы (T)	
	W-1	Законодательная база РФ в области конкуренции человеческих ресурсов	T-1	Угроза нехватки рабочих кадров для развития экономики страны
	W-2	Подготовка квалифицированных специалистов по областям деятельности	T-2	Угроза принятия неверных решений о формировании образовательной системы страны
	W-3	Длительный процесс становления и развития модели	T-3	Угроза отсутствия мотивации для развития индивидуальных навыков и знаний специалистов
	W-4	Социальный пакет для работников предприятий	T-4	Угроза потери конкурентных преимуществ на рынке труда

Для того, чтобы социально-экономическая модель конкуренции в условиях экономики знаний работала, а также для минимизации слабых сторон и максимизации сильных, необходимо разработать матрицу решений (таблица 3).

Таблица 3

Матрица решений

	Группы факторов	Угрозы (Т)				Возможности (О)				Меры по выбору стратегических линий
		Угроза нехватки рабочих кадров для развития экономики страны	Угроза потери конкурентных преимуществ на рынке труда	Угроза принятия неверных решений о формировании образовательной системы страны	Угроза отсутствия мотивации для развития индивидуальных навыков и знаний специалистов	Возможность выравнивания развитости региональных (областных) центров и периферии в стране	Возможность создания новой системы оплаты труда и ее налогообложения	Возможность использования зарубежного опыта для формирования собственной стратегии развития конкуренции в условиях экономики знаний	Возможность предоставления специалистам возможности развития и самосовершенствования путем получения дополнительного образования, опыта и навыков	
Сильные стороны (S)	Усиление внутренней мобильности работников	Координация перераспределения специалистов по регионам страны в зависимости от важности и нужности				Мобилизация и активизация трудовых ресурсов в стране				Помощь государства в перераспределении трудовых ресурсов в стане
	Создание базы для формирования финанансов, направ правленных на мониторинг и регулирование отношений между предприятиями и человеческими ресурсами		Проведение политики детальтальной реструктуризации и диагностики рынка труда, выявление востребованных кадров на рынке				Создание и реализация новой системы государственного регулирования конкуренции человеческих ресурсов			Создание новой системы законодательного регулирования в стране
	Взращивание и сохра-			Согласованность действий государ-				Рассмотрение зарубежного опыта в		Выработка новой моде-

	нение квалифицированных кадров в стране			ства в области образования с нуждами предприятий страны				создании квалифицированных кадров и рассмотрение путей сдерживания «утечки» мозгов из страны		ли образовательной системы
	Развитие малого и средсреднего предпринимательства				Государственная помощь в формировании необходимости и востребованности грамотных специалистов, отвечающих современным нуждам рынка труда				Определение необходимого уровня критериев, необходимого для формирования высококвалифицированного специалиста	Помощь государства в формировании конкурентоспособных специалистов для предприятий малого и средсреднего бизнеса
Слабые стороны (W)	Подготовка квалифицированных специалистов по областям деятельности	Необходимо вернуть доступность образования для качественного рабочего капитала с целью увеличения числа необходимых специалистов для развития экономики страны				Создание возможности для развития периферии в зависимости от области деятельности				Государственная помощь в создании квалифицированных специалистов
	Законодательная база РФ в области конкурен-		Формирование правильной законодательной				Модернизация и мониторинг рынка труда, рассмот-			Формирование и модернизация рынка труда в соответст-

	ции человеческих ресурсов		системы в области конкуренции экономики знаний				рение системы налогообложения			вии с современными нуждами
	Длительный процесс становления и развития модели			Становление грамотно выстроенной модели образования с учетом мирового опыта в данной области				Применение зарубежных «удачных» моделей подготовки квалифицированных кадров		Возможность анализа и интеграции различ личных моделей подготовки кадров
	Социальный пакет для работников предприятий				Формирование и детальная проработка социального пакета для работников предприятий как основы для стимулирования развития и совершенствования навыков и знаний				Создание гарантий для саморазвития и самосовершенствования работников предприятия	Расширение и предос достав ление социального пакета с новыми видами гарантий для квалифицированного специалиста

Результатом анализа данных в матрице решений, можно увидеть эффективность создания социально-экономической модели конкуренции в стране в условиях экономики, основанных на знаниях, а также возможность перехода экономики страны на новый более высокий уровень развития.

Литература.

1. Показатели точности оценивания результатов выборочного обследования населения по проблемам занятости за июнь 2014 и II квартал 2014 года. Численность экономически активного населения по субъектам Российской Федерации, в среднем за год [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.gks.ru/bgd/regl/b14_30/Main.htm (22.10.2014)
2. Мировые банки снижают прогноз роста ВВП России [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://quote.rbc.ru/topnews/2014/09/09/34214298.html (06.12.2014)
3. Дополнительное профессиональное образование работников в организациях [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/bbd2da8043f81ba38a78cbd92111eac8 (06.12.2014)

4. Выпуск специалистов с высшим профессиональным образованием государственными и муниципальными образовательными учреждениями по группам специальностей и направлениям подготовки в 2005 - 2012 гг. [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.gks.ru/bgd/regl/b13_13/IssWWW.exe/Stg/d1/07-50.htm (06.12.2014)
5. Образование в России [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%B1%D1%80%D0%B0%D0%B7%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5_%D0%B2_%D0%A0%D0%BE%D1%81%D1%81%D0%B8%D0%B8 (06.12.2014)
6. Основные параметры SWOT-анализа [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.e-xecutive.ru/wiki/index.php/SWOT-%D0%B0%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D0%B7 (03.09.2014)
7. Филатов В.В., Куликова Н.В., Рукина И.М., Конотопов П.Ю. Ситуационный анализ обеспечения инновационного развития экономики РФ // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Экономика и экологический менеджмент. – СПб. – № 1. – 2014

ДЕМОГРАФИЧЕСКАЯ СТАТИСТИКА В РАМКАХ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

М.В. Момот,к.т.н., доцент кафедры ЭиАСУ
Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского Томского политехнического университета
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел. (38451) 6-44-32
E-mail: momotmvu@yandex.ru

Предыстория. Являясь преподавателем высшего учебного заведения я, да и не только я, не раз задумывался о развитии города и области. При этом окружающая обстановка не давала шансов для оптимизма.

Предприятия производящей промышленности разорялись, а страна входила в полосу нефть в обмен на все остальное… Даже военное оборудование начали приобретать за рубежом. И только одна профессия стала считаться престижной – нефтяник, всем остальным, казалось, предложено уйти в сферу обслуживания. Мы из более-менее промышленно развитого государства превратились в сырьевой придаток западного, да и восточного мира. Звучали призывы прекратить жить в Сибири, и ездить на скважины только вахтовым методом. Мы же, приученные Советской властью к беспрекословному подчинению и бедной, но стабильности, просто опустили руки, ведь основная масса нашего образованного населения была экономически неграмотна, и не способна к рыночной экономики. Подобные настроения отражены и в статистики, которую я приведу ниже по стране в целом.

Из рис. 1 видно что количество трудоспособного населения падает, начиная с 2004-2005 года, видимо сказываются отрицательные последствия «перестройки».

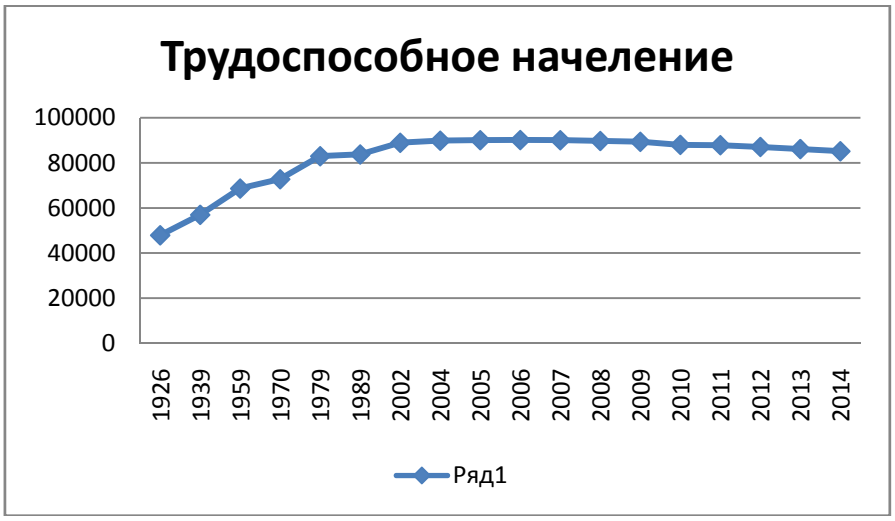


Рис. 1

Также отрицательный рост имеет зависимость трудоспособного населения ко всему населению – рисунок 2.

Рис. 2

Еще более крутой рост дает кривая отношения людей пенсионного возраста к населению – рис.3, здесь прослеживается довольно значительный рост. Это вероятно связано либо с ростом благосостояния престарелых людей, либо с чем-то иным, например, снижением рождаемости.

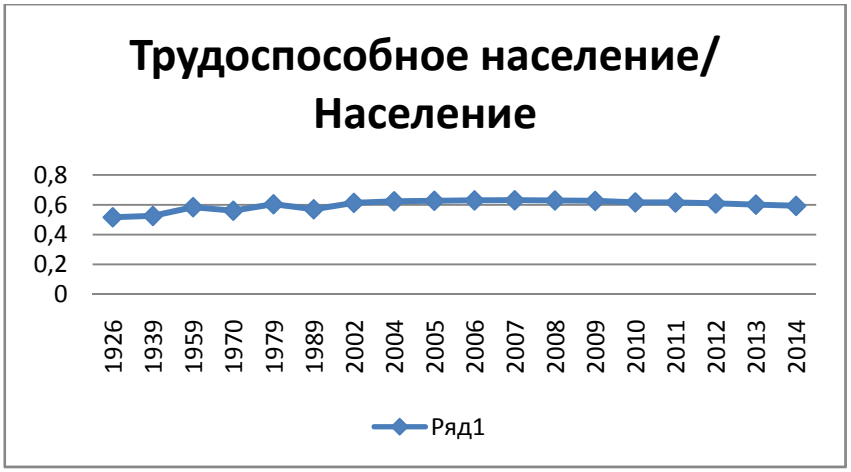


Рис. 3

Рисунок 4 демонстрирует относительный рост «балласта» - пенсионеров.

Рис. 4

До 1989 года можно наблюдать гигантскую миграцию населения в города, которая в настоящее время продолжается, но не сильно велика – рис. 5.

Из графика видно, что после 1989 года наблюдались даже небольшие отрицательные скачки.

Показателен также рост отношения нетрудоспособного населения к трудоспособному.

Рис. 5

Интересен факт (рис.6) что отношение городского и сельского населения стабилизировалось и сильно не меняется с 2006-2007 года, но небольшими темпами все равно падает.

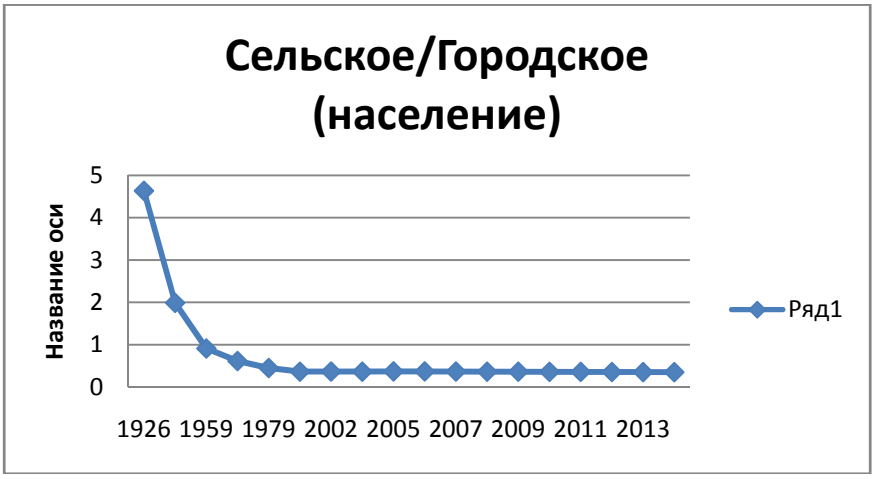


Рис. 6

Интересна также зависимость (рис.7) нетрудоспособного к трудоспособному населению в сельской местности, т.е. начиная с 2007 года сельчане начали стареть и данная тенденция продолжается.

В целом по России выводы не утешительные, население не растет не смотря в принципе на мирное время, т.е. люди перестали размножаться осознано, возможно при содействии каких-то внешних сил, но факт, есть факт.

А теперь перейдем к анализу ситуации в Кемеровской области, углубляться далеко не будем, а проанализируем два года 2013 и 2014 на основании «**Семейно-демографического паспорта Кемеровской области**». Я сделал выборку наиболее интересных показателей и представил их в таблице. Как видно, население области падает, как сельское, так и городское, существует отрицательная миграция трудоспособного населения, при росте пенсионеров, также сокращается количество женщин детородного возраста и рождаемость.

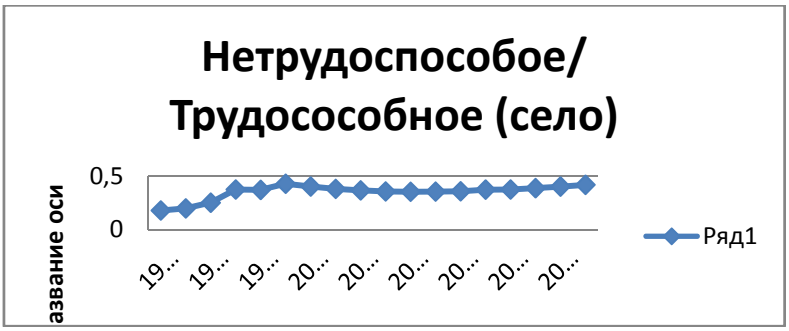


Рис. 7

Таблица

Семейно-демографический паспорт Кемеровской области (Выборка)

№ п/п	Основные показатели	Единица измерения	Показатель на 1 января 2013 года	Показатель на 1 января 2014 года	Изменения к предыдущему году (+/-)
Основные демографические показатели					
3.	Постоянное население, всего, в том числе:	тыс. человек	2742,4	2734,1	- 8,3
	городское	тыс. человек	2345,0	2339,8	- 5,2
		процентов к постоянному населению	85,5	85,6	+ 0,1
	сельское	тыс. человек	397,4	394,3	- 3,1
		процентов к постоянному населению	14,5	14,4	- 0,1
	младше трудоспособного возраста	тыс. человек	494,9	506,1	+ 11,2
		процентов к постоянному населению	18	18,5	+ 0,5
	трудоспособного возраста	тыс. человек	1622,2	1589,3	- 32,9
		процентов к постоянному населению	59,2	58,1	- 1,1
	старше трудоспособного возраста	тыс. человек	625,3	638,7	+ 13,4
		процентов к постоянному населению	22,8	23,4	+ 0,6
	женщин фертильного возраста (15-49 лет)	тыс. человек	682,3	669,7	- 12,6
		процентов к постоянному населению	24,9	24,5	- 0,4
4.	Рождаемость				
	родившихся, всего	человек	37798	37245	- 553
5.	Смертность				
	умерших, всего	человек	41615	39703	- 1912
Рынок труда					
84.	Численность экономически активного населения ***	человек	1401500	1423700	+ 22200

Литература.

1. Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики – Демография http://www.gks.ru/
2. Официальный сайт Департамента труда и занятости Кемеровской области http://www.ufz-kemerovo.ru

СТРАТЕГИЯ ЗАВОЕВАНИЯ КЛИЕНТОВ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ МЕТОДОМ ПОСТРОЕНИЯ КОЛЕСА БАЛАНСА

Е.В. Полицинская, ст.преподаватель, Н.А. Сушко, ассистент
Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского Томского политехнического университета
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26

Несмотря на трудности экономического и политического характера, российские компании имеют возможность находить свои рыночные ниши и добиваться устойчивого конкурентного преимущества. Основная цель российских компаний – завоевание клиента и сохранения конкурентного преимущества на отечественном рынке.

SMART – правила формулирования цели, намерения, желания (в переводе с английского «smart» означает «умный» с оттенком «хитрый», «смекалистый») – это слово является аббревиатурой, которую ввел Питер Друкер в 1954 г. SMART содержит в себе 5 критериев постановки целей:

– specific – конкретная;
– measurable – измеримая;
– achievable – достижимая;
– realistic – реалистичная;
– timed – определенная по времени. [1].

Шкала ценностей помогает лучшему принятию решений (шкалирование), поскольку совпадение решений человека с его ценностями делает его жизнь более реализованной, естественной и приносящей большее удовлетворение. Удовлетворение может принести достижение определенных целей, особенно в качестве промежуточных шагов, но большинство клиентов, в конце концов, приходит к заключению, что реализация – это не столько достижение конечных целей, сколько, на глубочайшем уровне, обретение смысла жизни, полная реализация человеком своего потенциала.

Перед всеми людьми можно провести виртуальную шкалу жизненного баланса от 1 до 10. Для каждого человека эта шкала будет абсолютно индивидуальной. Цифры от 1 до 10 означают то, как человек воспринимает жизнь. 1 – это самое низкое восприятие, 10 – максимальное восприятие. Если человек при опросе назовет цифру 5, то это будет обозначать, что он уходит от ответа. Необходимо, чтобы у любого были цифры или меньше 5, или больше. Если цифры меньше 5, то это отрицательный результат, если больше – положительный. [11]

Построение колеса баланса позволяет понять некоторые преграды, мешающие достичь необходимой гармонии. Для построения необходимо условно поделить свою жизнь на ряд областей. Каждая ось отвечает за свою область. Если провести окружность ближе к тому месту, где оси заканчиваются, то пересечение окружности с осями даст десятку. Десятка характеризует достижение полного удовлетворение от области. Это не обязательно должно быть достижение всех возможных целей - некоторые цели могут являться процессами. Первым делом следует обратить внимание на форму колеса. Если она близка к кругу (не важно, маленькому или большому) – это хорошо. Если в ней есть ямки, особенно достаточно глубокие, – это сообщает о некоторых проблемах.

Обычно оно состоит из восьми секторов: карьера, семья, финансы, здоровье, отдых, хобби, друзья, духовность. Клиенту предлагается оценить каждую из этих областей по десятибалльной шкале, а затем он самостоятельно определяет, какие из областей остались невостребованными и какие изменения необходимо произвести, чтобы в жизни появилась гармония. После этого намечается план действий для развития тех сфер, которые в силу каких-либо причин отошли на второй план. Клиент самостоятельно решает, до какого уровня ему необходимо развить каждую из сфер и на что обратить внимание [2]

Колесо жизненного баланса изображено на рисунке 1.

Выделим следующие методы обслуживания клиентов на основе:

Рис. 1. Колесо жизненного баланса

1 стандартов. Данный метод предполагает создать для персонала стандарты по обслуживанию в конкретных ситуациях. Например «Клиент всегда прав» – «Любые претензии Клиентов на сумму до X рублей разрешаются немедленно в пользу Клиента. Со всеми остальными претензиями Клиента работает и принимает решения коммерческий директор компании». При разработке стандартов нужно с самого начала определить их жесткость и детальность. Одним из самых серьезных элементов системы обслуживания Клиентов является обучение сотрудников. Новых сотрудников нужно обучать принятым в компании стандартам, для уже работающих проводить работу по совер-

шенствованию навыков их использования. Для вновь принятых сотрудников должна быть разработана стандартная программа обучения, с указанием сроков, ответственных, форм контроля и т.д. [3];

2 внедрения CRM (Customer Relationship Management – «управление взаимоотношениями с клиентами») систем.

Включает:

– ведение клиентской базы, истории своих отношений с клиентами, результатов продаж, заключенных договоров и т.п.;

– быстрое оформление всех необходимых документов через учетную систему;

– организация и планирование работы с клиентами;

– удобная рассылка рекламных материалов клиентам;

– отчетность по результатам работы. [4];

3 тренингов эффективного обслуживания клиентов.

Результаты:

– умение из случайного клиента сделать постоянного;

– знание того, что в поведении менеджеров отдаляет клиентов и заставляет их уходить к нашим конкурентам;

– знание того, что привлекает и побуждает не только обращаться за необходимыми услугами именно к вам, но и рекомендовать вашу компанию своим друзьям и знакомым;

– умение эффективно обслуживать клиентов, предоставляя сервис класса ЛЮКС;

– умение вести себя при вступлении в контакт, на стадии выявления потребностей, непосредственном обслуживании и после продажи;

– уметь работать с критикой, возражениями и рекламациями клиентов. [5];

4 повышения квалификации персонала;

5 эффективного управления клиентскими отношениями.

Предполагает несколько направлений:

– маркетинг свободных ниш – это искусство сегментирования покупателей, основанное на потребностях микро–ниш и обеспечении сервисов, которые адекватно удовлетворяют эти потребности;

– анализ причин ухода клиентов. Без учета этих особенностей невозможно идентифицировать реальные корневые причины ухода клиентов, а неспособность их идентифицировать приводит к неоптимальному решению в управлении текучестью клиентов;

– анализ лояльности – это процесс идентификации, какие клиенты у вас покупают и почему они продолжают это делать. Этот анализ позволяет увидеть свои сильные стороны глазами клиентов;

– мониторинг уровней сервисов. Мониторинг уровня сервисов за счет анализа обращений клиентов будет обеспечивать базис для усовершенствования сервисов, который, в свою очередь, приведет к более высокой удовлетворенности клиентов. [6];

6 смешанный метод. Подразумевает применение сразу нескольких подходов к обслуживанию клиентов. Например, персональный подход и использование стандартов.

Таким образом, рассмотренные методы позволяют организации завевать свою нишу на российском рынке и из случайного клиента сделать постоянного потребителя своей продукции.

Литература.

1. Блог по исполнению желаний и достижению целей. SMART-цели и постановка СМАРТ целей. [Электронный ресурс] // Кремнев Д. – 28.01.2011 г. – Режим доступа: http://www.kremnev.info/inf/blog/smart, свободный. — Загл. с экрана.
2. Sexualdysfunction.ru – Энциклопедия психологии, коучинг, управление персоналом. // Инструменты и техники раскрытия потенциала: Шкалирование. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.sexualdysfunction.ru/coaching/tools/003.html
3. Sexualdysfunction.ru – Энциклопедия психологии, коучинг, управление персоналом. // Инструменты и техники раскрытия потенциала: колесо жизненного баланса. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.sexualdysfunction.ru/coaching/tools/002.html
4. АйТиПроект. Внедрение CRM систем (автоматизация взаимоотношений с клиентами) [Электронный ресурс] // ИТ услуги. – 2011 г.– 2012 г. - Режим доступа: http: // www.itproject.ru /Uslugi/Avtomatizaciya_predpriyatiy/Vnedrenie_CRM
5. Курбанова Л. Х. Тренинг эффективного обслуживания клиентов. [Электронный ресурс] // Обучение. – 2010 г. - Режим доступа: http://www.b-seminar.ru/seminar/show/7662.htm, свободный.
6. Боренстин П. О. Эффективное управление клиентскими отношениями [Электронный ресурс] // Публикуции. – 2011 г. - Режим доступа: http://www.mainjob.ru/publications/?view=6551

ИННОВАЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РОССИИ

Н.А. Сушко, ассистент, Е.В. Полицинская, ст.преподаватель,
Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского Томского политехнического университета
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26
E-mail: sushko@tpu.ru, katy031983@mail.ru

Металлургическая промышленность России является крупным сектором экономики. Металлургическая отрасль в последнее десятилетие подвержена существенным конъюнктурным колебаниям [6]. Тенденция «перманентной нестабильности» побуждает профильные компании интенсифицировать внедрение инноваций в целях увеличения эффективности операционных процессов и оптимизации издержек [2]. Развитие отрасли осложняется высокой ресурсоемкостью и низкой экологичностью производства, что предопределяет низкую конкурентоспособность конечной продукции. Кроме того, абсолютно очевидна необходимость технологической модернизации металлургической промышленности.

Согласно оценкам экспертов, прогноз спроса на отраслевую продукцию является благоприятным.Как мы видим (рис.1) динамика производства и реализации инновационной продукции положительна. За последние три года рост проданной металлургической продукции увеличился в два раза. Однако пик цен уже давно в прошлом. Такая картина рынка побуждает компании металлургической отрасли демонстрировать большую гибкость и прагматичность.

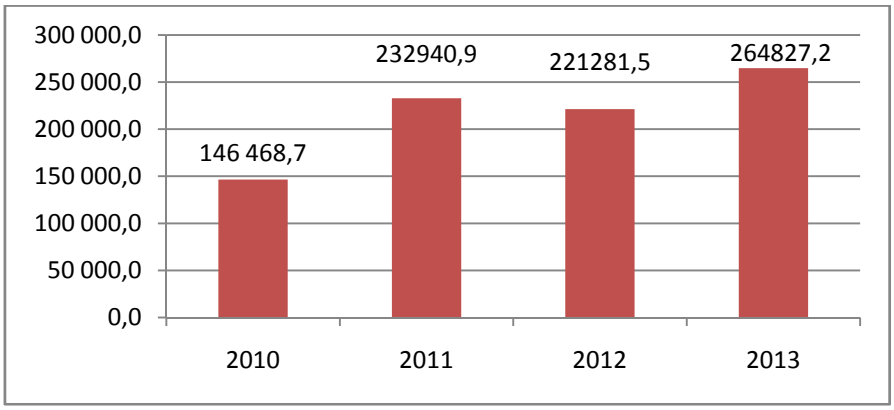


Рис. 1. Реализованные инновационные товары металлургического производства, млн.руб.

В настоящее время в сфере металлургического производства, в том числе отрасль металлургия черных металлов, функционирует порядка 58 научно-технических организаций различной формы собственности, три из которых являются государственными научными центрами. Численность научно-технического потенциала отрасли составляет на сегодняшний день более 10 000 человек [5].

Гигантами отрасли черной металлургии, имеющие в штате научно-исследовательские центры являются ОАО «Северсталь», ГМК «Норникель», ОАО «НМЛК». Они уже в настоящее время приступают к реализации различных инновационных проектов [5].

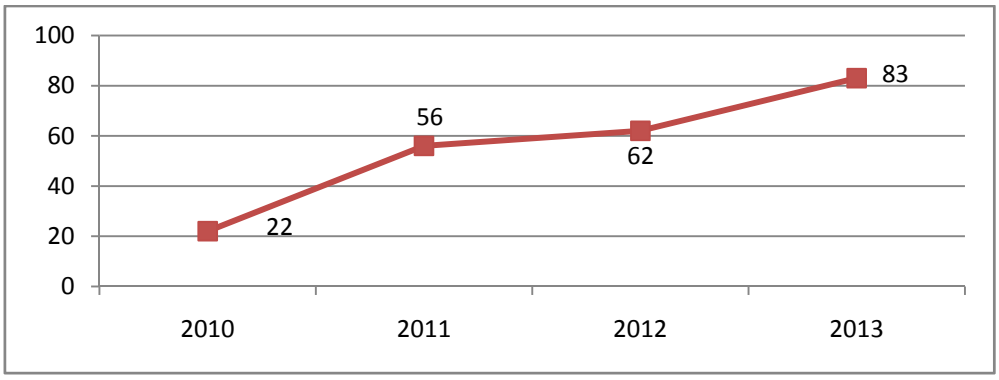


Рис. 2. Число разработанных передовых технологий в металлургическом секторе, абсолютно новых для России, единиц

Фактором активного инновационного развития металлургической отрасли, в том числе предприятий по производству металлургической промышленности, должен привести руководство предприятий к смене стандартного мышления и управления, касающиеся внедрения и разработок новых технологий.

Владимир Баранов, заместитель директора по науке института цветных металлов и материаловедения СФУ считает, что металлургическая отрасль – одна из самых консервативных в промышленности. Однако благодаря политике нашего государства, по его мнению, решающим фактором для развития металлургической отрасли могут стать именно инновации [4].

Основной стратегической задачей развития металлургического сектора Российской Федерации должна быть нацелена на привлечение инвестиций, обновление производственных мощностей и выпуск высококачественной продукции.

В Стратегии развития металлургической промышленности России на период до 2020 года предусмотрено развитие металлургии на принципиально новом качественном уровне [5].

Планируется на 24% увеличить объемы производства стали (90 млн. тонн) применяя энергосберегающие технологии и сокращая производственные энергозатраты на 15,5%, что возможно при тесном сотрудничестве с СРО в энергосбережении. Значительно сократится малоэффективное и вредное для окружающей среды мартеновское производство стали, доля электростали возрастет до 34 %. В металлургической промышленности уже реализованы и будут реализовываться инновационные проекты при поддержке Минпромторга России, которое выделяет субсидии на техническое перевооружение и модернизацию предприятий.

Запланировано, что в результате реализации этого проекта в нашей стране будет разработано около 170 технологий, соответствующих мировому уровню и 350 патентов, свидетельствующих о новизне технологических решений. Дополнительный доход металлургических предприятий при этом достигнет от 10 до 12 млрд. рублей, в бюджет государства дополнительно поступит около 3 млрд. руб. Естественно, что применение инновационных технологий в металлургической промышленности подтолкнет и смежные с ней отрасли, например машиностроение, к техническому перевооружению. По поручению правительства России Минторгпром разработал проект программы развития таких машиностроительных отраслей, как станкостроение, дизелестроение и других.

Российские металлургические предприятия ведут целенаправленную и эффективную работу по инновационному развитию отрасли. Металлургическая промышленность на сегодняшний день сохраняет определенный инвестиционный потенциал, благодаря предыдущим крупным вложениям в развитие отрасли и активной поддержке правительства России.

Процесс развития инноваций в отрасли неразрывно связан с инвестиционной деятельностью металлургических предприятий, ориентированной на стратегическое развитие отрасли в целом. Существующие ключевые проблемы инвестиционной деятельности металлургических предприятий с точки зрения влияния на развитие экономики отрасли [1]:

– изменение отраслевой структуры, не в полной мере отражающей реальные потребности потребителей в металлургической продукции;

– общее снижение числа металлургических предприятий, объема, ассортимента и ухудшения качества их продукции;

– изменение спроса в сторону повышения доли высококачественной металлургической продукции, требующей модернизации изношенных основных фондов и ввода новых фондов для металлургических предприятий.

Дальнейшее инновационное развитие предприятий металлургической промышленности должно опираться преимущественно на использование собственных инвестиционных ресурсов, т.е. на амортизацию отчисления и ту часть чистой прибыли, которая может быть направлена предприятиями на инвестиционное обеспечение инноваций, что обусловлено сложившейся экономической ситуацией.

Таким образом, решение основных инновационных задач, а именно выбор приоритетных направлений, обеспечение отрасли высокотехнологичными знаниями, переход на инновационный образ мышления, мотивация к выделению дополнительных инвестиций – и должны стать основной для перехода к активной инновационной стратегии.

Литература.

1. ЛайфуровС.Н.. Инвестиционно-инновационная деятельность как фактор развития предприятий металлургического комплекса: автореф. дис. канд. экон. наук. – Москва, 2009. С.10-11

2. Косовец А. В. Инновационный путь развития, ключевые вопросы // Россия и Европа: связь культуры и экономики: материалы IV Международной научно-практической конференции. - В 2-х ч. Ч.2, Прага, 29 Октября 2012. - Прага: WorldPresss.r.o, 2012 - С. 207-210
3. Стратегия развития металлургической промышленности России на период до 2020 года. Утверждена приказом Минпромторга России от 18 марта 2009 г. №159. С.25-38
4. Информация на сайте: http://gnkk.ru/articles/vozmozhny-li-innovatsii-v-metallurgicheskoy-promyshlennosti-i-v-chem-oni-zaklyuchayutsya.html
5. ФедотовД.М.. Инновационные задачи и процессы развития металлургической промышленности России // Российское предпринимательство. - 2013. - № 11 (233). - С. 85-90.
6. LisachevA.N. Local economic policy: principal stages of development, basic types, tools and strategies / Applied Mechanics and Materials. – 2013. – Vol. 379. – P.224-228

ЭВОЛЮЦИЯ ПОНЯТИЯ «КРЕАТИВНОСТЬ» - КАК ПРОЦЕССУАЛЬНЫЙ ФАКТОР ЭКОНОМИКИ

А.В. Сушко, ассистент кафедры ЭиАСУ
Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского Томского политехнического университета
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26
E-mail: sushko.a.v@mail.ru

Термин «креативность» произошло от латинского слова «creatio» - создание или сотворение, которое в переводе означает «творчество» или «создание» [1]. В узком смысле понятие «креатив» - это процессуальный фактор творческой деятельности индивида, в результате которой появляется инновационный продукт труда, ранее не существующий на рынке товаров и услуг. При этом, под «инновационном продуктом труда», мы подразумевает не только товар или услугу, но и новые методы исследования, концепции, алгоритм принятия решения и т.п.

Общепризнано, что «креативность» существует и является необходимой и важной частью человеческого развития общества. «Креативность» не является ни исключительной прерогативой гениев, не конкретных областей деятельности и уровня сложности работы.

Впервые, ученный Ф. Гальтон выявил природу гениальности, которая, по его мнению, принимала наследственную основу креативности [2]. По мнению Ф.Гальтона индивидуальные особенности индивида, гениальность и интеллектуальность принимает унаследовательный характер.

Передовыми учеными, внесшими значительный вклад в понимание креативности являются Дж. Гилфорд и Э.П. Торренс.

Концепция американским психологом Джоя Пола Гилфордом, созданная в 20веке, стала толчком к бурному развитию исследований и разработок в области креативности во всем мире [3]. Кубообразующая модель структуры интеллекта Дж. Гильфорда предполагала развитие отдельных творческих способностей человека, а не развитие общего интеллекта личности. По мнению Дж. Гильфорда каждый человек талантлив по-своему, только необходимо вовремя распознать его способности и развивать их.

Дальнейшее развитие конципции Дж.Гильфорда, продолжил в своих работах Э.П. Торренс. Торренс разрабатал свою методику учебно-методической работы по развитию творческих способностей детей.

«Креативность» по Торренсу представляется, как некая способность человека к повышенному проявлению чувственности к проблемам, дисгармонии, недостатков в полученных знаниях и их недопонимание, и т. д. Он утверждал в своих работах, что творческий акт делится на:

- восприятие проблемы,
- поиск решения при возникновении проблемы,
- формулировку гипотез, проверку гипотез и их модификацию;
- получение результата [4].

Амайбл Т. в своих работах утверждает, что - в бизнесе, оригинальности не хватает. Чтобы быть креативной, идея, должна быть также уместно-полезной и действенной [5].

Ученные в исследовании «креативности» как фактора результативности пришли к выводу, что важное значение играют не знания и навыки, а способность субъекта использовать свои знания и опыт в рамках поставленной задачи за короткий промежуток времени.

Как мы видим, авторы уделяют внимание уже «результативной» составляющей в изучении «креативности» и ее социальной значимости для социокультурного общества.

Результативное определение креативности, представляемое некоторыми авторами, акцентируются на активности субъекта в реализации имеющего потенциала, под влиянием фактора креативности, для достижения поставленных задач в рамках определенного периода времени. Р.Майер считает, что для полного понимания термина «креативность» необходимо ответить на несколько вопросов:

- во-первых, чем является «креативность»: свойством конечного продукта или процесса?
- во-вторых, «креативность» – это социо-культурный фактор или экономический?
- в-третьих, какой характеристикой своих носителей она является?
- в-четвертых, является ли фактор «креативности» общим для всех сфер жизни субъекта?
- в-пятых, «креативность» представляет собой количественную или качественную категорию [6].

Многие авторы утверждают, что существует три аспекта креативности, которые привлекли внимания исследования: человек, процесс и продукт (Адерсон, Амайбен, Баррон, Вудман, Кинг, Эмейбл и др.).

Баррон Ф. определил креативность как творческий продукт, полученный путем творческого человека как результат творческого процесса. Однако эта формулировка опускает аспект креативности, которые все чаще приобрели известность в области исследования креативности: творческая среда. Таким образом, заявление Баррона может быть переформулирована следующим образом: творческий продукт, полученный путем творческого человека вовлечены в творческий процесс в творческой среде[7].

Предложенная М.Родесом модель 4-Ps обеспечивает более подробную структуру для понимания креативности [8]. Модель постулирует четыре конкретные перспективы креативности, которые были предметом исследования, а именно творческие процессы, творческие личности, творческие продуктов, и творческая среда. Эта модель упоминается многими исследователями Брауном, Харинтоном, Стихре и Сундгреном и др[9].

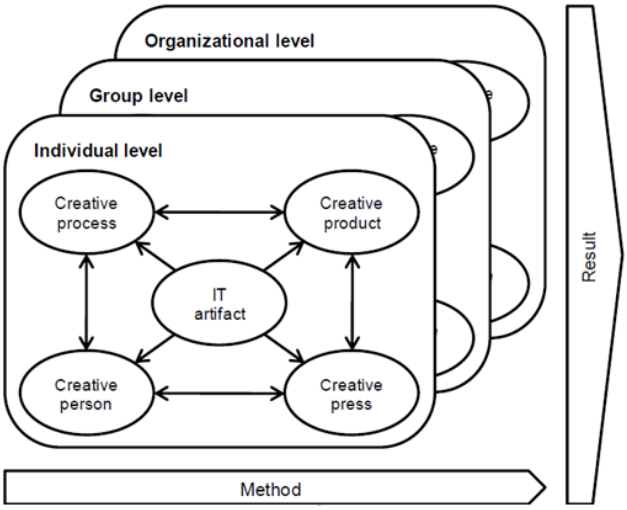


Рис. 1. Модель креативности [8]

Р.Флорида различает понятия «креативность» и понятие «интеллект». Ссылаясь на работы А. Претти и П. Миотто, автор пишет, что «хотя интеллект – способность обрабатывать и усваивать большие объемы информации – способствует развитию творческого потенциала, он не совпадает с креативностью» [10].

Как видим авторы одно и тоже понятие интерпритируют по-своему и добовляют в понятие «креативность» новые значения. Таким образом «креативная деятельность» представляется авторами, как:

- способность к творчеству;
- дивергентное мышление;
- интеллектуальное мышление;
- способность к быстрому и нестандартному решению проблем;
- создание нечто нового и оригинального;
- модификация уже существующих ценностей

и т.д.

Такое понимание «креативности» представляется наиболее адекватным и позволяет ее рассматривать, как «процессуальный» и «результативный» подход. Необходимо подчеркнуть, что изучение «креативности» как способность субъекта создавать «идеально» новый продукт требует учет субъективной новизны, созданного продукта и его полезность для общества. В таком понимании «креативность», на наш взгляд, необходимо рассматривать как интраиндивидуальную, уникальную составляющую для социокультурного общества. Эти составляющие проявляются как на уровне востребовательности созданного продукта, так и на уровне оценки фактора креативности со стороны социокультурного окружения субъекта.

Индивидуальные взгляды ранних исследований «креативности» были доработаны в системных представлений, которые ориентированы на индивидуализацию. Творческий процесс воспринимается, как правило, в контексте определенной среды, а не в вакууме. Система представлений, таким образом, утверждает, что результат творческого процесса, который проходит в сложной обстановке является конечный продукт, имеющий вклад креативности отдельного субъекта. Тем не менее, они по-прежнему относиться к креативности как к - индивидуализированному явлению, а не сложному взаимодействию различных субъектов [11].

Таким образом, объем исследования «креативности» был продлен до группы и, позже, на организационном уровне. На уровне групп, различные характеристики успешных творческих групп выявлено не было. Как правило, творческие группы должны быть неоднородным и не слишком большие, руководство должно быть демократическим с сотрудниками групп, с тем чтобы обеспечить максимальную креативную составляющую в процесс производительности данной группы [12].

Таким образом, креативность – это способность человека использовать свои знания, умения и опыт в процессе трансформации практической деятельности в рамках поставленных задач за короткий промежуток времени.

В современном социокультурном обществе креативность является движущей силой экономического и политического развития. Несмотря на многочисленные теории исследования креативности, единой теории ее определения на сегодняшний день не существует, как и не существует единой методики диагности фактора креативности в конечном продукте.

Литература.

1. Общий толковый словарь русского языка [Электронный ресурс] - URL: http://tolkslovar.ru/k10768.html (дата обращения: 12.12.2014)
2. Гальтон, Френсис. Наследственность таланта: Законы и последствия : пер. с англ. / Френсис Гальтон . – М. : Мысль, 1996 . С.26
3. Концепция креативности Дж. Гилфорда и Э. П. Торренса. [Электронный ресурс] - URL: http://www.bibliotekar.ru/psihologia-2-1/142.htm (дата обращения: 19.05.2014)
4. Концепция креативности Дж. Гилфорда и Э. П. Торренса. [Электронный ресурс] - URL: http://www.bibliotekar.ru/psihologia-2-1/142.htm (дата обращения: 23.05.2014)
5. Amabile, T.M. How to Kill Creativity. Harvard Business Review (76)5, 1998. P. 78.
6. Mayer R. Fifty years of creativity research// Handbook of creativity/ R.J. Sternberg (Ed), Cambridge: Cambridge University Press, 1999, pp. 449-461
7. Barron, F. The Disposition Toward Originality // Journal of Abnormal and Social Psychology. 1995. Vol.3(51), P. 478 - 485.
8. Couger, J.D., L.F. Higgins, S. C. McIntyre. Structured Creativity in Information Systems Organizations/MIS Quarterly (17)4, 1993, pp. 375–397.
9. Brown, R.T. Creativity - What Are We to Measure?/ in Glover, J.A., R.R. Ronning, C.R. Reynolds (eds.)//Handbook of Creativity: Perspectives on Individual Differences, New York, NY: Springer,1989, pp. 3–32.;
10. Harrington, D.M.The Ecology of Human Creativity: A Psychological Perspecitve //in Runco, M.A. and R.S.Albert (eds.) Theories of Creativity, Newbury Park, CA: Sage, 1990, pp. 135–145.; Styhre, A. and M. Sundgren. Managing Creativity in Organizations: Critique and Practices, Houndmills, England: Palgrave Macmillan.
11. Флорида Р. «Креативный класс: люди, которые меняют будущее». - М.: «Классика XXI» 2007.- 432с.
12. King, N. and N. Anderson (1990) ―Innovation in Working Groups in West, M.A. and J.L. Farr (eds.) Innovation and Creativity at Work, Chichester, England: Wiley, pp. 81–100.

КАЧЕСТВО И КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬ ОБЩИЕ И ОТЛИЧИТЕЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ

В.А. Трифонов, к.э.н., доц., А.С. Дюпина, студентка 5 курса
Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского Томского политехнического университета
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26
E-mail: v.trifonov@rambler.ru, as86nastia@mail.ru

Немаловажным понятием объекта рынка является конкурентоспособность. На уровень конкурентоспособности влияет большое количество факторов, но качество в последнее время становится главным фактором завоевания международных рынков, оттесняя на второй план такой показатель в конкуренции товаров, как цена.

В современных рыночных условиях предложение превышает спрос и для того, чтобы продать свой товар, товаропроизводитель должен выиграть в конкурентной борьбе, завоевав потребителя путем постоянного повышения уровня качества. Даже организации, выпускающие известные и традиционные товары, уверенно чувствующие себя на рынке, благодаря стабильности, уделяют особое внимание повышению уровня качества, т.к. обеспечение конкурентоспособности любого предприятия невозможно без постоянного совершенствования его деятельности, направленной на повышение и обеспечение качества выпускаемой продукции.

Повышение конкурентоспособности предприятий России и стремление выхода на международные рынки сопровождается повышением заинтересованности к внедрению систем менеджмента качества на базе международных стандартов ISO серии 9001:2000.

Применение современных систем менеджмента позволяет отечественным предприятиям противостоять в конкурентной борьбе и обеспечивать высокую результативность деятельности.

Рассматривая тему качества и конкурентоспособности товара (продукции, услуги), для начала следует определиться, что означают эти понятия.

Согласно ГОСТ 15467-79 качество продукции – совокупность свойств продукции, обусловливающих ее пригодность удовлетворять определенные потребности в соответствии с ее назначением. [1].

В 1986 г. Международной организацией по стандартизации (ISO) было сформулировано следующее определение понятию «качество»: «качество – совокупность свойств и характеристик продукции или услуги, которые придают им способность удовлетворять обусловленные или предполагаемые потребности».

В 1994 г. терминология была уточнена: «качество – совокупность характеристик объекта, относящихся к его способности удовлетворять установленным и предполагаемым потребностям»[2].

Конкурентоспособность – это более высокое по сравнению с изделиями-аналогами (в определенном сегменте рынка) соотношение показателей качества и затрат на приобретение и потребление (эксплуатацию, обслуживание) изделия, иначе говоря, способность товаров отвечать требованиям конкурентного рынка, запросам покупателей в сравнении с другими аналогичными товарами, представленными на рынке[3].

Можно сказать, что конкурентоспособность – это совокупность потребительских и стоимостных свойств товара, которые определяют его успешное положение и дальнейшее существование на рынке.

Нельзя говорить о конкурентоспособности товара, не беря во внимание его качество. На конкурентоспособность влияют нескольких десятков факторов, но главными считаются цена и качество продукции, и последнее постепенно выдвигается на первое место.

Конкурентоспособность – это способность товаров быть проданными. Покупатель приобретает товар, качество которого может удовлетворить его потребность. Исходя из этого, можно охарактеризовать конкурентоспособность, как ряд качеств, предоставляющих товару определенные преимущества и успешный сбыт на рынке.

Понятия «качество» и «конкурентоспособность» тесно связаны между собой. Оба они оценивают результаты определенного труда, его необходимости и пользы для общества. Как одному, так и другому показателю присущи динамические характеристики, изменяющиеся с развитием потребностей общества и научно-технического прогресса.

Но конкурентоспособность товара определяется совокупностью конкретных свойств, в которых покупатель непосредственно заинтересован и которые удовлетворяют его потребность в данном товаре, поэтому между понятиями существует различие в оценке качества и конкурентоспособности. С точки зрения качества сравнению подлежат однородные товары, а при оценке конкурентоспособности берется конкретная потребность, поэтому сравниваться могут и неоднородные товары, т.к. они являются лишь способами удовлетворения одной потребности.

Конкурентоспособность товара может быть определена только при сравнении его с другим товаром, но нужно не просто сравнить его с аналогичным товаром на соответствие той или иной по-

требности, но и учесть затраты потребителя на покупку и дальнейшее использование. В зависимости от уровня качества товара товаропроизводитель устанавливает его стоимость. Товар с более высоким уровнем качества может быть менее конкурентоспособным, если повысить его стоимость за счет придания товарам новых свойств, не представляющих интереса для покупателей.

Конкурентоспособность товара характеризуют нижеприведенные параметры.

Технические параметры включают:

- параметры назначения – свойства товара, определяющие области применения и функции, которые он предназначен выполнять (например, пушно-меховое производство, перевозка грузов, обработка сельхозпродукции);

- эргономические параметры, характеризующие, соответствие товара свойствам человеческого организма в процессе выполнения различных операций (трудовых, отдыха);

- конструктивные параметры, отражающие конструктивно технологические решения, присущие данным изделиям и обеспечивающие определенные свойства товаров (надежность, долговечность, ремонтопригодность и т. п.);

- эстетические параметры, характеризующие внешнее восприятие товара (цвет, мода, стиль).

Нормативные параметры характеризуют свойства товара, регламентируемые обязательными нормами стандартов на рынке, где его предполагается продавать. В случае несоответствия товара действующим обязательным нормам он не может использоваться для удовлетворения существующей потребности.

Экономические параметры связаны с затратами покупателя на продукцию. К ним относятся: цена товара, затраты на транспортировку и хранение, монтаж и наладку, а также все текущие эксплуатационные затраты[4].

Категории качества также присущи такие свойства и характеристики продукции, как:

- *экологические показатели* характеризуют соответствие товара требованиям защиты окружающей среды и основываются на рациональном и бережном природопользовании;

- *эргономические показатели* связаны с учетом свойств и особенностей человеческого организма и призваны соблюдать гигиенические (освещенность, токсичность, шум, вибрация, запыленность), антропометрические (соответствие формы и конструкции изделия размерам и конфигурации человеческого тела), физиологические, психологические и другие требования. Эргономические требования предусматривают такое функционирование изделий (товаров), которое обеспечивает оптимальные условия и удобства их использования по назначению, безотказно в течение наиболее длительного периода времени;

- *эстетические показатели* определяют внешнюю форму и вид продукции, ее дизайн, привлекательность, выразительность, эмоциональность воздействия на потребителя и т.д.

С переходом к рыночным отношениям появление на рынке новых товаров набирает обороты и зачастую является непредсказуемым. В товар превратились предметы обихода, орудия труда, машины, здания, земля, рабочая сила. Современная рыночная экономика предъявляет новые требования относительно качества товара. К причинам можно отнести постоянное возрастание личных, производственных и общественных потребностей, а также роли и темпов НТП; совершенствование услуг, конструкций выпускаемых товаров и повышение значимости выполняемых функций; отказ потребителя от товаров и услуг с низким уровнем качества и т.д. Но необходимо отметить и усиление конкуренции, которая является реальностью не только на внешнем рынке, но и внутри страны.

В условиях конкуренции развитые страны всего мира смотрят на высокое качество как на стратегическое коммерческое требование и самый значимый источник национального богатства. Качество определяет авторитет государства, служит основой для удовлетворения потребностей человека и общества, является важнейшей составляющей конкурентоспособности. Только на его основе предприятие может выжить в условиях жесткой конкуренции и получать необходимую прибыль, поэтому вполне логично, что управление качеством должно стоять на первом месте и являться важнейшим видом деятельности для всего персонала, от руководителя до исполнителя.

Делая вывод, можно сказать, что качество продукции является важнейшим звеном конкурентоспособности. Само слово «конкурентоспособность» означает способность товара (продукции, услуги) выдержать конкуренцию.

Литература.

1. ГОСТ 15467-79 «Управление качеством продукции. Основные понятия. Термины и определения».
2. Колчков В.И. «Метрология, стандартизация и сертификация», Москва, 2013.
3. Фатхудинов Р. А. «Конкурентоспособность организации в условиях кризиса: экономика, маркетинг, менеджмент». М.: Издательско-книготорговый центр «Маркетинг», 2002.
4. Философова Т.Г., Быков В.А. «Конкуренция. Инновации. Конкурентоспособность». Учебное пособие, 2012

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ НЕЧЁТКОГО РЕГУЛЯТОРА ПРИ АНАЛИЗЕ СОСТОЯНИЯ РОБОТОСПОСОБНОСТИ БУРОВЫХ ПЛАТФОРМ

А.А. Жиленков, к.т.н, С.Г.Черный, к.т.н., доц, К.В. Громов, инж.
Керченский государственный морской технологический университет
298309, г. Керчь ул. Орджоникидзе, 82, тел. (06561)-3-14-55
E-mail: sergiiblack@gmail.com

Применение нечёткого регулятора при управлении ГДГА. ПИД-регулятор достаточно просто настраивается для работы с конкретным объектом и обеспечивает удовлетворительную стабилизацию регулируемого параметра при незначительных его отклонениях от заданной величины. Однако при резких изменениях режима работы управляемого объекта или при переходе его на другой режим работы качество переходного процесса в системе с ПИД-регулятором может оказаться неудовлетворительным. Возникает необходимость в использовании дополнительных устройств, корректирующих работу ПИД-регулятора. В системе управления оборотов ГДГА может использоваться технология нечеткой логики.

Функциональная схема системы автоматического управления на базе нечеткой логики (системы управления с нечетким регулятором (НР)) представлена на рис.1. Схема состоит из устройства сравнения, нечеткого регулятора, объекта управления ГДГА, и цепи обратной святи [1-2].

Нечеткий регулятор включает три основных блока: блок фаззификации, блок формирования логического решения и блок дефаззификации.

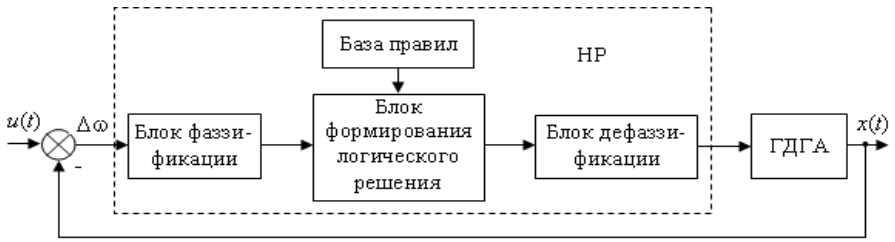


Рис. 1. Функциональная схема системы автоматического управления.

В блоке фаззификации входные лингвистические переменные x_i, i=1,2,…,n, такие как ошибка системы ε, скорость изменения (первая производная) ошибки ε', ускорение ошибки ε'', качественно характеризуются терм–множествами, которые описываются на универсальном множестве u функциями принадлежности $\mu(u)$. Текущие значения входных переменных преобразуются в лингвистические.

В блоке формирования логического решения на основе матрицы знаний (базы правил), записываются лингвистические правила вида ЕСЛИ (исходная ситуация) ТО (ответная реакция). Соответствующей формулировкой правил достигается результат, при котором для любой лингвистической величины управляющего воздействия, как минимум одно из правил оказывается приемлемым.

В блоке дефаззификации полученная результирующая функция принадлежности для управляющего воздействия на объект управления преобразуется в числовую величину, как правило, методом определения «центра тяжести» плоскости результирующей фигуры, лежащей под графиком результирующей функции принадлежности. Общее правило расчета абсциссы центра тяжести $s_c=S(u_c,\mu_c)$ участка площади, охватываемой результирующей функцией $\mu(u)$ в пределах изменения переменной u от u_1 до u_2, определяется по формуле:

$$u_c = \frac{\int_{U_1}^{U_2} u\mu(u)du}{\int_{U_1}^{U_2} \mu(u)du}.$$

Переходя к численному интегрированию методом трапеций с шагом дискретизации u_0, получим:

$$u_c = \frac{\frac{u_0\mu_0}{2} + \sum_{i=1}^{M-1} u_i\mu_i + \frac{u_2\mu_M}{2}}{\frac{\mu_0}{2} + \sum_{i=1}^{M-1} u_i + \frac{\mu_M}{2}},$$

где $\frac{u_2 - u_1}{M} = u_0$ – шаг дискретизации; M – число дискет на интервале u_2-u_1, i=1,2,3,…, M-1.

При реализации регулятора с использованием нечеткой логики на микропроцессоре удобно выбирать трапециевидные и треугольные формы термов. Результирующая функция принадлежности в таком случае будет кусочно-линейной и центр тяжести определяется выражением:

$$u_c = \frac{\sum_{k=1}^{N} (a_{k+1} - a_k)[(2a_{k+1} + a_k)b_k + (2a_k - a_{k+1})b_k]}{3\sum_{k=1}^{N} (a_{k+1} - a_k)(b_{k+1} + b_k)},$$

где N – число вершин; a_k, b_k – координаты вершин результирующей фигуры.

Полученное значение u_c затем преобразуется в значение управляющего воздействия на объект управления путем обратного отображения величины u_c с единого универсального множества на диапазон изменения [m_{min}, m_{max}] лингвистической переменной управляющее воздействие на объект m.

Структура одного из возможных вариантов использования нечеткого регулятора для изменения коэффициентов усиления ПИД-регулятора оборотов ГДГА показана на рис.2.

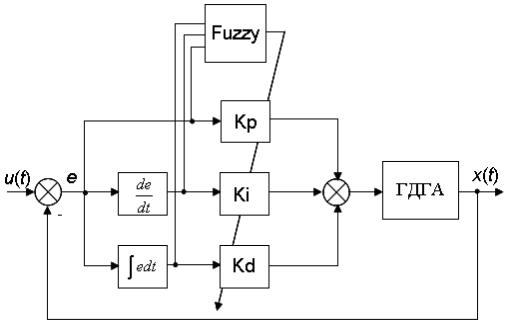


Рис. 2. Структура схемы с нечетким регулятором

В работе используется нечеткий регулятор типа Мамдани, спроектированный в Matlab (рис.3). Пакет Fuzzy Logic Toolbox в Matlab обладает простым интерфейсом, позволяющим легко проектировать и диагностировать нечеткие модели [3].

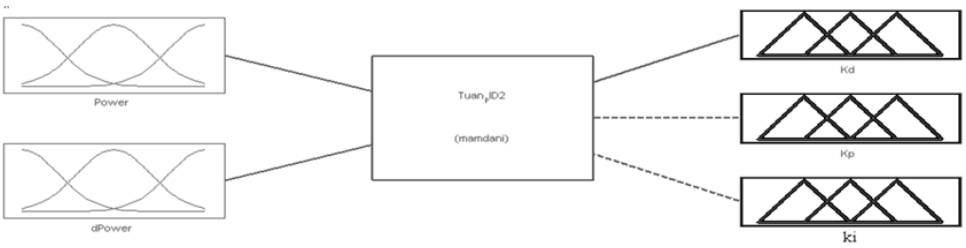


Рис. 3. Структура регулятора

В качестве входных переменных используются текущее значение мощности, потребляемой от ГДГА, а также скорость изменения мощности. Для каждой переменной заданы лингвистические термы, соответствующие некоторым диапазонам четких значений. Для входной переменной «мощность» (P) предполагается использовать три терма: PL – положительное малое, PM – положительное среднее, PH – положительное большое. Для входной переменной «скорость изменения мощности» *(dP)* используется три терма: NL – отрицательное малое, Z – близкое к нулю, PL – положительное малое. На рис.4,*а* и рис.4,*б* представлен вид функций принадлежности переменной «мощность» и «скорость изменения мощности соответственно».

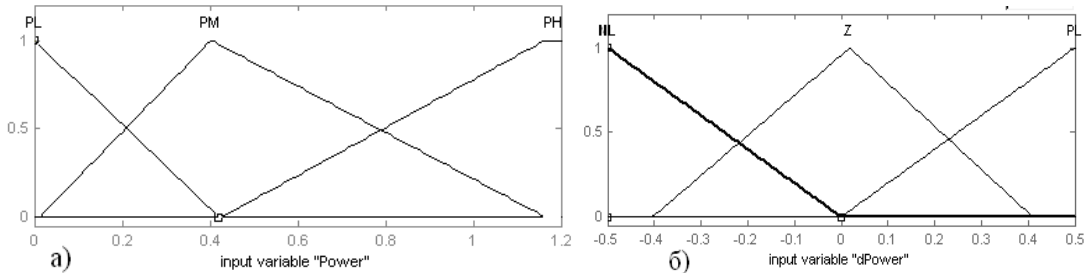


Рис. 4. Вид функций принадлежности для переменной «мощность» (а) и «скорость изменения мощности» (б)

Аналитическая формула треугольной функции имеет вид:

$$\mu(x) = \begin{cases} 0, x \le a \\ \dfrac{x-a}{b-a}, a \le x \le b \\ \dfrac{c-x}{c-b}, b \le x \le c \\ 0, c \le x \end{cases},$$

где a, b, c – параметры функций принадлежности.

Диапазон изменения выходов:

Kp=[$Kp_{\min}$ $Kp_{\max}$]=[0 0.02].

Ki=[$Ki_{\min}$ Ki_{max}]=[0 0.00025].

Kd=[Kd_{min} $\mathrm{Kd}_{\max}$]=[0 0.005].

Нелинейная зависимость коэффициента дифференциального звена регулятора в зависимости от значений на входе нечеткого регулятора показана на рис.5.

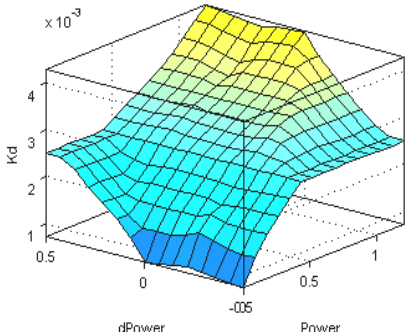


Рис. 5. Поверхность нечёткого вывода регулятора для дифференциальной части

Выводы. На основе оптимизации параметров ПИД-регулятора для каждой из нагрузок определены их нелинейные зависимости от величины нагрузки на валу ГДГА. Комплекс аппаратно-программных средств управления параметрами ПИД-регулятора ГДГА с помощью подстройки его коэффициентов нечётким регулятором позволит оптимизировать динамические режимы регулирования во всем диапазоне нагрузок.

Литература.

1. Черный С. Г. , Жиленков А. А. Идентификация внешних параметров сигналов для экспертных подсистем в составе устройств судовых электроэнергетических систем / НТВ СПбГПУ. Информатика. Телекоммуникации. Управление. – 2014. № 3(198). С. 28-36.
2. Жиленков А.А., Черный С.Г. Моделирование и разработка устройства диагностирования параемтров нестационарных гармоник сетевых токов и напряжений автономной электроэнергетической системы в режиме реального времени / Морские интеллектуальные технологии. 2014. Т. 2. № 4 (26). С. 45-49.
3. Черный С. Г. , Жиленков А. А. Оценка надежности функционирования морских буровых платформ / Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. 2015. № 1. С. 30-36.

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ТРУДОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ В МАШИНОСТРОЕНИИ

*Ю.М. Осипов***, В.А. Трифонов *, Н.Ю. Изоткина***,*
** Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского Томского политехнического университета*
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26
***Национальный исследовательский Томский государственный университет,*
Российская Федерация, 634050, г. Томск, пр. Ленина 36
****Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники*
Российская Федерация, 634050, г. Томск, пр. Ленина 40
e-mail: umo1943@yandex.ru, e-mail: v.trifonov@rambler.ru, e-mail: cek4@mail.ru

Введение. Современная ситуация в экономике России стимулирует необходимость максимальной активизации важнейшего ресурса — инновационно-настроенных работников научно-технической и производственных сфер (НТиПС) деятельности, определяющих свою трудовую деятельность путем реализации инновационных стратегий бизнеса на основе создаваемых организационно-управленческих, продуктово-технологических и коммерческо-внедренческих новшеств (соответственно, оптимизация организационной структуры и функций инновационного предприятия, создания качественной и конкурентоспособной усовершенствованной и/или новой продукции и технологии (НПТ), ее продаж (сбыта). Исследование научных трудов отечественных и зарубежных специалистов в области инновационных технологий интеллектуального труда и социально-трудовых отношений показывает, что наблюдается недостаточная разработанность концепций и понятий компонентов инновационных технологий, таких как «владение объектами промышленной собственности», «причастность к интеллектуальной трудовой деятельности», «участие в рынке новшеств», «справедливое вознаграждение».

В процессе исследований установлен основной компонент совокупности факторов индивидуальных потребностей человека, взаимосвязанный с существующими факторами трудовой деятельности: «потребность в самовыражении» и «потребность в интеллектуальной деятельности», — фактор владения наемными работниками интеллектуальным продуктом — объектами промышленной собственности (ОПС), позволяющий эффективно управлять мотивацией работников и стимулированием результатов их труда.

Понятие «интеллектуальный продукт» — результат духовной, мыслительной, интеллектуальной деятельности, создаваемые для нужд обновления любых общественных ценностей. Интеллектуальными продуктами являются изобретения, открытия, патенты, научные отчеты и доклады, проекты, описания технологий и т.п. — различные виды наукоемкой продукции. Интеллектуальный продукт имеет общественную полезность, он в высшей степени воплощает общественное начало, свойство быть предметом для других. Интеллектуальный продукт в виде овеществлённой формы труда частных производителей есть товар, полезность которого не исчезает как у традиционного товара, а в основе стоимости интеллектуального продукта лежат не общественно необходимые, а индивидуальные затраты труда, так как продукт интеллекта неповторим.

Таким образом, интеллектуальный продукт как явление выступает товаром, в силу того, что он есть продукт труда, предназначенный для обмена на рынке, в сущности же являясь общественной полезностью. Интеллектуальные продукты классифицированы на тиражируемые, которые являются объектом массового производства, и общественно-новые – товары-новации. Интеллектуальные продукты обладают следующими особенностями: являются продуктами естественной монополии интеллекта создателей; не отчуждаются полностью, а заимствуются и поэтому могут быть объектом сразу нескольких сделок; большинство интеллектуальных продуктов состоит из материального носителя и идейной части, которая является объектом правовой защиты. [1, 2]

Основная часть. Объекты (интеллектуальные продукты)—явления (нематериальные предметы) окружающего нас мира, их нельзя осязать, на них направлены субъективные юридические права и обязанности.

Действующий Гражданский Кодекс РФ не дает перечня ОПС. Однако ст. 138 ГК РФ указывает, что правовая охрана результатов интеллектуальной деятельности и приравненных к ним средств индивидуализации участников гражданского оборота осуществляется лишь «в случаях и в порядке, установленных настоящим Кодексом и другими законами».

Кроме того, в тексте статьи 1 Парижской конвенции перечисляются ОПС: «Объектами промышленной собственности являются патент на изобретения, полезную модель, промышленный образец, товарные знаки, знаки обслуживания, фирменное наименование и указания происхождения или наименование мест происхождения, а также пресечение недобросовестной конкуренции». Однако этот перечень объектов не является исчерпывающим и как указано в самой Конвенции, не является обязательным для всех стран — участниц.

Интеллектуальные продукты, рождаемые в процессе воспроизводства интеллектуального капитала, не всегда могут быть реализованы наемными работниками и трудовым коллективом (НРиТК)и/или на данном предприятии. Отсюда появляется дополнительный вид деятельности — реализация интеллектуального продукта при помощи аутсорсинга — договорного привлечения сторонних организаций и т.п. В нашем исследовании примером может служить ООО «ЭМС», которое помимо выпуска промышленной продукции занимается разработкой конструкторской документации, которую продает потребителям. Все интеллектуальные продукты в НТиПС укрупненно делятся на три группы, отличающиеся друг от друга правовым режимом[1]:

1) произведения науки (монографии, статьи, учебники и учебно-методическая литература, включая программы для ЭВМ и базы данных, охраняемые авторским правом и не требующие государственной регистрации;

2) результаты интеллектуальной трудовой деятельности (ИТД) и средства индивидуализации, требующие государственной регистрации. К этой группе относятся: изобретения, промышленные образцы, полезные модели, товарные знаки и т.п.;

3) результаты ИТД, исключительные права на которые возникают на договорной основе с момента их создания при условии обеспечения конфиденциальности. К этой группе, в частности, относятся «ноу-хау», а также результаты НИОКР в виде информационно-технологических продуктов (ИТП).

Так как интеллектуальные продукты, охраняемые авторским правом, относятся к группе не промышленных товаров, предложена классификация интеллектуальных промышленных продуктов для любого уровня значимости, новизны (мировой, страновой, отраслевой, региональной и муниципальной), а также уровень ее правовой защиты на основе экспертной оценки качества и конкурентоспособности инновационной наукоемкой продукции. Классификация видов наукоемкого промышленного товара, представлена двумя группами ОПС (см табл. 1):

Первая группа ОПС, требующие государственной регистрации в Федеральном институте промышленной собственности (ФИПС). Это изобретения, полезные модели, промышленные образцы, товарные знаки, интегральные микросхемы.

Вторая группа ОПС (информационно-промышленный продукт − ИПП), исключительные права на которые возникают на договорной основе с отраслевыми, региональными структурами разработки информационных ресурсов, муниципальными органами власти выдачи патентов, документов, фиксирующих право собственности или лицензий на использование новшеств, не нарушающих прав собственников. Это результаты НИОКР, всякого рода исследований.

1. Отчет о маркетинговом исследовании — который фокусируется на понимании поведения, желаний и предпочтений потребителей, конкурентов и рынков — сбор, обработка и анализ информации с целью уменьшения неопределённости при принятии управленческих решений. В дополнение к маркетинговым исследованиям включает в себя: исследование рынка — изучает все аспекты бизнес-среды: о конкурентах, структуре рынка, правительственных постановлениях, экономических тенденциях, технических достижениях и многих других факторах; исследование продукта — отвечает на вопрос, какой продукт можно произвести на базе доступных технологий и какие продукты и технологии могут быть разработаны в ближайшем будущем; исследование рекламы — оценивает заранее возможное влияние рекламной кампании и измеряет успех прошедшей рекламной кампании.

2.Отчет о научно-исследовательской работе — научно-технический документ, который содержит систематизированные данные о научно-исследовательской работе, описывает состояние научно-технической проблемы, процесс и/или результаты научного исследования. Отчет оформляется по ГОСТ 7.32-2001.

3. Отчеты об аналитическо-патентной информации**.** Это в первую очередь патентные документы, описания заявленных или запатентованных изобретений, содержащих колоссальное количество нового конструктивного знания, новой информации. Патентный документ несут необходимую и в ряде случаев достаточную информацию.

4. Отчеты об алгоритмах и программных продуктах. Компьютеры и компьютерная поддержка работ являются одной из новых и быстро развивающихся областей интеллектуальной собственности. Компьютеры как варианты технических решений достаточно общих идей хранения и переработки массивов данных (от первичных данных наблюдений до высококонцентрированной информации как результата длительных и сложных интеллектуальных творческих процессов) представляют собой типичный объект промышленной собственности, который защищается патентным правом.

Таблица 1

Классификации видов объектов промышленной собственности

Виды объектов промышленной собственности	
1. Объекты промышленной собственности, требующие государственной регистрации в Федеральном институте промышленной собственности	
1 Изобретения	
2 Полезные модели	
3 Промышленные образцы	
4 Товарные знаки	
6 Интегральные микросхемы	
2. Объекты промышленной собственности (информационно-промышленный продукт − ИПП), исключительные права на которые возникают на договорной основе с отраслевыми, региональными структурами разработки информационных ресурсов, муниципальными органами власти выдачи патентов, документов, фиксирующих право собственности или лицензий на использование новшеств, не нарушающих прав собственников	
1. Отчеты о маркетинговой информации	1.1 Отчеты об исследовании рынка
	1.2 Отчеты об исследовании продукта
	1.3 Исследование рекламы
2. Отчеты о НИР	
3. Отчеты об аналитическо-патентной информации	
4. Комплект конструкторской документации (КД)	
5 Комплект технологической документации (ТД)	
6 Комплект документации об алгоритмах и программных продуктах (АПП)	
7 Ноу-хау	

Владение ОПС наемными работниками и трудовым коллективом, включенными в хозяйственный оборот — смыслообразующий фактор в экономике, так как управление мотивацией ИТД работников НТиПС невозможно без потребности в собственности [3].Так владение ОПС, включенными в хозяйственный оборот, меняет содержание и характер труда и взаимоотношений между работодателем и работником, расширяется многообразие требований к работнику и работодателю.

1. Работодатель может получить предложение от работника выкупить имеющуюся у него промышленную собственность (например, продажа патента по лицензии или передача изобретения в собственность работодателя за большее вознаграждение, чем заработная плата).

2. У работника может возникнуть желание изменить свое положение в обществе, организовать бизнес, имея во владении ОПС и стать работодателем. Появляется

конкурентная борьба между работниками и работодателем, которая является движущей силой появления организационно-управленческих и социальных новшеств, новых товаров, повышения качества и снижения цены модернизируемых товаров.

В этих условиях необходимо регулярное повышение качества ИТДНРиТК:

- организацией инновационного проектного обучения и управления мотивацией НРиТК на создание качественной и конкурентоспособных усовершенствованной продукции и НПТ любого уровня новизны;
- требованием выполнения служебных технических заданий созданием ОПС любого уровня новизны.

Предлагается инновационная технология управления, заключающаяся в соблюдении 3-х основных принципов организации ИТД.

1. Вовлечение в ИТД как можно больше наемных работников и трудового коллектива, способных к самостоятельному принятию решений, созданию новшеств, внедрение которых дает высокие коммерческие результаты.

2. Повышение качества и конкурентоспособности ИТД каждого отдельного работника и коммерческой пригодности разрабатываемой ими новых продукции и технологий на основе создания ОПС — требование менеджмента инновационного предприятия выполнять технические задания созданием новой или усовершенствованной конкурентоспособной продукции любого уровня новизны (мировой, страновой, отраслевой, региональной и муниципальной).

3. Установление правовых взаимоотношений работодателя и работника на момент создания служебных ОПС (прав собственности и оплаты ИТДи т.п.).

Рынок новшеств — один из основных элементов инфраструктуры НТиПС деятельности в работе определяется как система экономических форм и механизмов, связанных с условиями и местом реализации товаров-новшеств, как механизм подбора и поставки креативной рабочей силы для инновационной деятельности. Рынок новшеств образуется, условно говоря, на пересечении рынка товаров (услуг), рынка труда и рынка капитала (инвестиций) (рис. 1).

Процесс купли-продаж и протекает как бы одновременно: на рынке новшеств, труда, товаров и финансовом рынке, что определяет главные особенности инновационного процесса. В рынке новшеств осуществляются процессы купли-продажи результатов ИТД работников: инвестор передает свои права на деньги (отдает деньги) производителю НПТ и взамен этого приобретает права на будущий доход.[1, 4]

Рис. 1. Блок-схема взаимосвязи рынков товаров, капитала, труда и новшеств

Для справедливого вознаграждения разработан метод количественной оценки уровня конкурентоспособности ОПС, которая содержит три части: оценку технического, экономического эффекта и потребительской значимости. Технический и экономический эффект ОПС определяется нахождением количественных оценок показателей производственной модели «значимость технического решения $З_{тр}$» и «значимость экономического события $З_{эс}$»,соответственно, потребительская значимость определяется нахождением рейтинговой оценки $\sum К_{п.м}$ потребительской модели продукции. [5]

Уровень конкурентоспособности ОПС рассчитывается по формуле

$$К_{опс} = З_{тр} + З_{эс} + \sum К_{пм} . \quad (1)$$

Суть предлагаемого метода определения стоимости ОПС, например патента $Р_{оцен}$, заключается в следующем.

1. Выбирается патент-аналог, который был продан в предыдущем периоде по рыночной цене $Р_{анал}$.

2. Рассчитываются количественные оценки уровней конкурентоспособности оцениваемого патента $К_{опс\,оцен}$ и патента-аналога $К_{опс\,анал}$.

3. Определяется соотношение их уровней конкурентоспособности — коэффициент сопоставимости $k_{соп}$

$$k_{соп} = K_{опс\ оцен} / K_{опс\ анал}\ . \qquad (2)$$

4. Стоимость оцениваемого патента будет равна

$$P_{оцен} = P_{анал}\ k_{соп}. \qquad (3)$$

Предложенный метод требует определенной квалификации и профессионализма оценщиков-экспертов ОПС, так как предполагает определение критериев сопоставимости оцениваемых ОПС в условиях неполноты и неопределенности объема информации об ОПС. Помощь оценщику-эксперту ОПС окажет программный продукт «Рейтинг» автоматизированной системы поддержки принятия решения о конкурентоспособности товаров, предназначенный для ранжирования и определения лидера среди налогов ОПС. [6]

Значения $УК_{опс}$ и $УК_{прот}$ определяются по формулам для показателей «Значимость технического решения», «Значимость экономического события» и «Потребительская значимость товара». Для определения (прогнозирования) цены прототипа $P_{прот}$ можно использовать формулу для определения взвешенной рыночной стоимости ОПС:

$$V = V_c W_c + V_p W_p + V_m W_m \qquad (4)$$

где V — рыночная стоимость ОПС; V_c—стоимость ОПС, рассчитанная на основе затратного подхода;V_p— стоимость ОПС, рассчитанная на основе доходного подхода; V_m — стоимость ОПС, рассчитанная на основе сравнительного подхода; W_c, W_p,W_m — вес (в долях) результатов, полученных на базе затратного, доходного и сравнительного подходов, соответственно.

Заключение

1. Менеджменту малых инновационных предприятий научно-технической и производственных сфер деятельности, развивающих новые производства и открывающих новые сегменты рынка, необходимо применять инновационные технологии управления, компоненты которых, такие как «владение объектами промышленной собственности», «причастность к интеллектуальной трудовой деятельности», «участие в рынке новшеств», «справедливое вознаграждение», составляющих основу интеллектуальной трудовой деятельности, включаются в служебные задания работников, разрабатывающих новую продукцию и технологии любого уровня значимости, новизны и правовой защиты (мировой, страновой, отраслевой, региональной и муниципальной), включаемой в хозяйственный оборот.

2. Эффективной экономической формой коммерциализующей среды результатов интеллектуальной трудовой деятельности, создающей новый социально-экономический аспект в рыночной экономике, с новыми требованиями к процессам экономической оценки результатов труда и коммерциализации новых продукции и технологий — является рынок новшеств, — общий сегмент в структуре рынков товаров (услуг), капитала и труда, в формировании которого должны принимать участие наемные работники, владеющие объектами промышленной собственности.

3. Одним из компонентов инновационных технологий управления является справедливое вознаграждение на основе объективной экспертной оценки стоимости интеллектуальной составляющей инновационных продуктов — объектов промышленной собственности, представленных на рынок новшеств, включающее эконометрическую оценку коэффициента сопоставимости уровней конкурентоспособностей, содержащей оценки «значимости технического решения», «значимости экономического события» и потребительской значимости коммерциализуемого и конкурирующих товаров.

Литература.

1. Изоткина Н.Ю. Интеллектуальная трудовая деятельность на основе владения объектами промышленной собственности: монограф./ Под общ.ред. проф. Гаги В.А. – Томск: Изд-во Томск.гос. ун-та систем упр. и радиоэлектроники. – 2013. – 132 с.
2. К вопросу о понятии интеллектуальной собственности // Государство и право. – 2008. – № 1. – С. 26.
3. Изоткина Н.Ю., Осипов Ю.М., Уваров А.Ф. Объекты промышленной собствен-ности как инструмент мотивации работников. // Инновации. – № 7. – 2006, С. 98-100.

4. Изоткина Н.Ю., Осипов Ю.М., Сырямкин В.И., Трифонов В.А. Коммерциализация систем позиционирования рентгеновских микротомографов. Актуальные проблемы современного машиностроения: сборн. трудов Международ. НПК11-12 дек.2014 г./ Юрг.технол. инст. −Томск: Изд-во ТПУ, 2014. − 481 с. – С.55-58.
5. Осипов Ю.М. Конкурентоспособность наукоемкой машиностроительной продукции: экономика и менеджмент: моногр. - Томск: Изд-во Том.гос. ун-та систуправл. и радиоэлектроники, 2002. – 247 с.
6. Григорьева А.А., Осипов Ю.М. Рейтинг: программа для ЭВМ // ВНТИЦ, инв. № 50200000154. – М., 2001.

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ ДНОУГЛУБИТЕЛЬНЫМИ РАБОТАМИ

С.С. Соколов, к.т.н., доц., Д.Г. Мамунц
ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова
198035, г. Санкт-Петербург, ул. Двинская, 5/7
E-mail: sssokolov@mail.ru

ВВЕДЕНИЕ

Дноуглубительные работы представляют собой сложный технологический процесс, состоящий из множества этапов и характеризующийся большим числом параметров. Целью проведения дноуглубительных работ на внутренних водных путях является обеспечение гарантированных судоходных глубин. Для выполнения дноуглубительных работ используют дноуглубительные суда – земснаряды.

Для оперативного и эффективного управления процессом дноуглубления на всех этапах производства необходимо в учитывать множества параметров и возможность сопоставления различных данных.

При предпроектной подготовке и на стадиях проектирования, и производства работ, использование в дноуглубительных проектах геоинформационных систем (ГИС), глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС), и систем мониторинга и автоматизированного управления процессом грунтозабора, позволяет упростить задачу контроля и управления разрабатываемым участком.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ В ДНОУГЛУБИТЕЛЬНЫХ РАБОТАХ

Сопоставляя данные об инженерных изысканиях различных лет в программной среде ГИС проводится анализ заносимости акватории и текущего режима русловых переформирований. При таком подходе к организации предпроектной подготовки возможно объединить и проанализировать различную информацию (данные изысканий, материалы космической съемки, проектную документацию и т.д.) и оценить инженерно-технические риски, получив при этом полную и объективную картину участка работ.

На стадии проектирования использование ГИС-технологий решает сложную гидротехническую задачу выбора трассы судоходной прорези, при осуществлении этого выбора ориентируются на такие параметры как: безопасность и удобство условий прохождения по ней судов и минимизация объемов изымаемого при производстве работ грунта. Также без внимания не остается важный аспект подготовки проекта - оценка характеристик грунта на всей протяженности проектируемой судоходной прорези и подбор дноуглубительной техники в соответствии с ними. Тем самым, такие меры внедрения геоинформационных систем позволяют организациям действовать более эффективно, повышая качество своих работ и минимизируя затраты.

Схема визуализации структуры проекта с использованием ГИС изображена на рис.1.

Современные программные комплексы позиционирования позволяют собирать и хранить информацию от множества внешних устройств: навигационных приемников, эхолотов, магнитометров, датчиков курса, уровнемеров и могут быть напрямую интегрированы с ГИС (в данном случае реализуется обмен данными в реальном времени) или передавать полученные данные путем экспорта. Использование ГИС-технологий непосредственно в процессе производства работ, дает возможность визуализировать процесс дноуглубления, своевременно анализировать и оценивать результаты работ и быстро реагировать на необходимость доработки проектных решений.

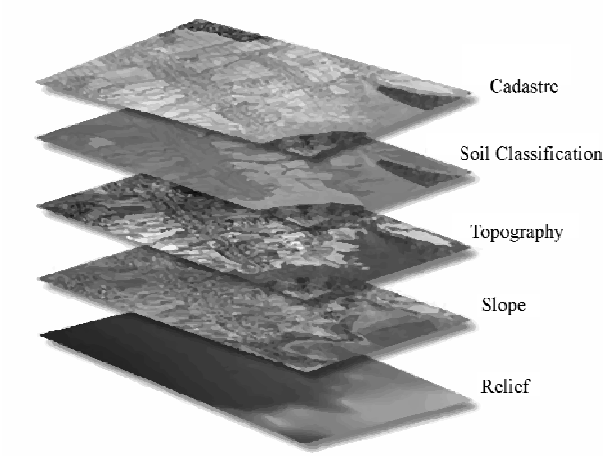


Рис.1. Визуализация структуры проекта с использованием ГИС

ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ЗЕМСНАРЯДА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ДНОУГЛУБИТЕЛЬНЫХ РАБОТ

При производстве дноуглубительных работ земснаряды постоянно меняют свое местоположение, продвигаясь по траншее вперед или перемещаясь поперек прорези, папильонируя от кромки к кромке. Перемещаются земснаряды с траншеи на траншею и с серии на серию. Чтобы эти перемещения были правильны и земснаряд извлекал грунт со дна водоема, там, где это нужно, не допуская пропуска неразработанных участков прорези, необходимы специальные системы ориентации и позиционирования, позволяющие определять, где находится земснаряд в данное время [4].

На сегодняшний день повсеместно используются системы позиционирования судов технического флота основанные на глобальных навигационных спутниковых системах (ГНСС), таких как ГЛОНАСС/GPS и их дифференциальных дополнений ДГЛОНАСС/DGPS. Эти системы постоянно совершенствуются по мере развития и оптимизации структуры спутникового сегмента, сегмента управления и контроля.

В системах позиционирования земснарядов, основанных на ГНСС, местоопределение земснаряда определяется по данным измерений псевдодальностей между навигационными космическими аппаратами (НКА) и спутниковым приемником (приемоиндикатором), установленным на земснаряде. Использование дифференциального режима ДГЛОНАСС/DGPS в системах позиционирования земснарядов определило необходимость более точного местоопределения по сравнению с обычным режимом, точность которого составляет десятки метров. В настоящее время при работе систем ориентации земснарядов в дифференциальном режиме ДГЛОНАСС/DGPS возможно получить точность позиционирования до 1 м [3].

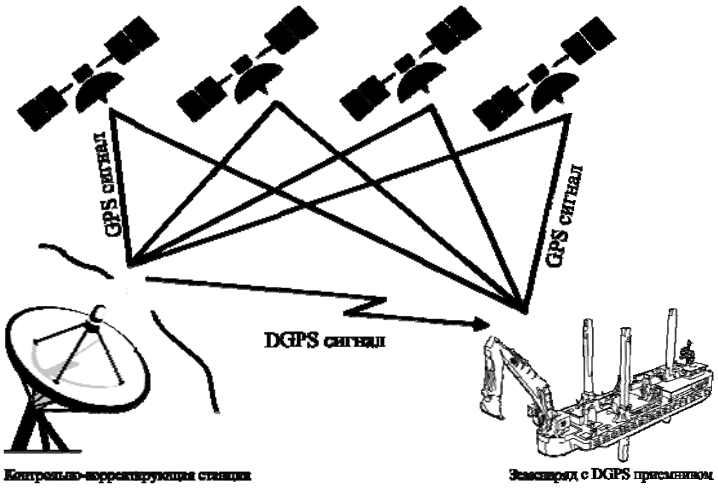


Рис. 2. Принципиальная схема работы системы DGPS

В основе метода дифференциальной коррекции лежит относительное постоянство значительной части погрешностей спутниковых радионавигационных систем (СРНС) во времени и пространстве. Дифференциальный режим СРНС предполагает наличие как минимум двух приемников сигналов НКА или приемоиндикаторов. Один из приемоиндикаторов располагается на контрольно-корректирующей станции (ККС), второй предназначен для определения координат пользователя. Координаты ККС известны, они определены геодезически точно и привязаны к принятой системе координат (как правило, это система координат ПЗ-90 для ДГЛОНАСС и WGS-84 для DGPS) [7]. Схема работы системы приведена на рис. 2.

Так же существует альтернативная ДГЛОНАСС/DGPS технология определения местоположения, позволяющая получать более высокую точность позиционирования - Real Time Kinematic (RTK). Метод RTK использует дифференциальные GPS измерения по фазе несущей, обеспечивая точностью порядка 1 сантиметра в реальном времени.

Измерения по фазе несущей - наиболее точный метод измерения псевдодальностей. Колебания фазы несущей имеют постоянную частоту в отличие от регистрируемых на GPS приёмнике вследствие эффекта Доплера (некоторый "сдвиг" образуется за счёт прохождения сигналом расстояния от спутника до приёмника). Таким образом, измеряемая фаза несущей между спутником и фазовым центром антенны приемника будет состоять из целого числа фазовых циклов и дробной части. К сожалению GPS приёмник не имеет возможности различать между собой циклы несущей. Он может измерить дробную часть фазы, а затем отслеживать её изменение: начальная фаза является неопределенной. Для того, чтобы использовать текущую фазу для измерения псевдодальностей, это неизвестное число циклов или неоднозначность должна быть вычислена наряду с координатами приёмника [4]. Технологии определения местоположения приведены на рис. 3.

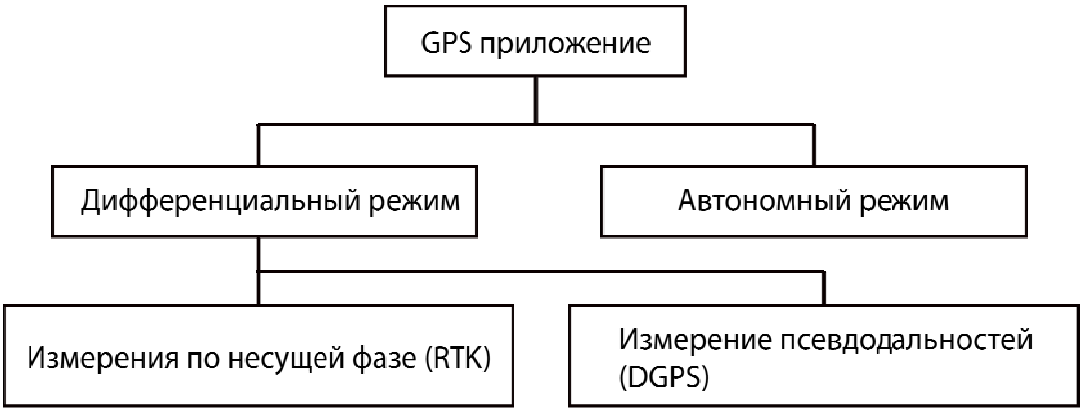


Рис. 3. Технологии определения местоположения

СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА И АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ГРУНТОЗАБОРА

Задачей автоматизации процесса грунтозабора является достижение и поддержание таких соотношений параметров грунтозабора, при которых этот процесс будет оптимальным. При этом должна решаться задача достижения максимально возможной производительности по грунту, согласованной с изменением скорости рабочего перемещения земснаряда, условиями грунтозабора и транспортирования грунта. С учетом этих требований разрабатываются и строятся системы автоматизации технологического процесса дноуглубления.

В отличие от автоматизированных систем позиционирования земснаряда, которые являются универсальными для всех видов дноуглубительных снарядов, автоматизация процесса грунтозабора требует частный подход, так например, землесосы имеют больше возможностей для автоматизации управления технологическим процессом, чем многочерпаковые земснаряды.

Автоматизация технологического процесса включает автоматический выбор оптимального режима черпакового привода или грунтонасосной установки и выбор автоматического перемещения снаряда, обеспечивающего этот режим [5].

Первым шагом к созданию автоматизированной системы управления процессом грунтозабора, является построение системы мониторинга. Задачей системы является автоматический сбор информации о процессах на земснаряде.

Эта информация включает в себя рабочие характеристики, такие как консистенция и расход пульпы, уровень заглубления грунтозаборного устройства, и др. Целью мониторинга этих данных является предоставление оператору точных данных о работе земснаряда, что позволит ему оперативно корректировать процесс и добиться максимального повышения производительности.

Рабочие параметры контролируются с помощью датчиков. Датчики конвертируют физические показатели в электрические сигналы низкого уровня и передатчики преобразовывают электрические сигналы низкого уровня в стандартные электрические сигналы. Эти сигналы могут быть подключены непосредственно к цифровым дисплеям, которые будут визуализировать информацию о том или ином процессе.

На следующем этапе, используя возможности ПЛК (Программируемый логический контроллер), реализуется расширение объема информации с различных датчиков, их сопоставление и построение зависимостей. ПЛК является сердцем системы мониторинга или управления. Это устройство, состоящее из входных и выходных модулей, микропроцессора под управлением управляющей программы и, при необходимости, модули связи, чтобы позволить ему отправлять и получать данные от других устройств, таких как компьютеры и графических дисплеи. Например, контроллер может отображать мгновенное значение плотности, расход в реальном времени, а также используя расчеты в программе производительность (в м3/час).

В программах для управления процессом дноуглубления, ПЛК будет контролировать все входящие данные и автоматически контролировать бортовые устройства, именно так реализуется переход от простого отображения информации о процессе к непосредственно контролю за процессом.

ВЫВОДЫ

Использование современных геоинформационных технологий и создание комплексных аппаратно-программных систем позволит максимально повысить эффективность проектирования и производства дноуглубительных работ и оптимизировать технологические процессы. Таким образом, задача общей координации проекта и его контроль будут упрощен, а вместе с тем будет достигнуто повышение общей эффективности дноуглубительных работ. В обозримом будущем стоит ожидать эволюции автоматических систем в интеллектуальные. Интеллектуальные системы будут способны самообучаться непосредственно в процессе производства работ, параллельно проводя анализ и обработку статистических данных.

Литература.

1. Соколов С.С. Автоматизированное управление транспортными системами / Соколов С.С., Нырков А.П., Шнуренко А.А. // СПб.: ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова, 2013 – 325 с. ISBN 978-5-88789-8.
2. Соколов С.С. Стохастические модели управления технологическими процессами судоремонта / Соколов С.С., Вихров Н.М., Нырков А.П., Шнуренко А.А. // МОРСКОЙ ВЕСТНИК Издательство: ООО Издательство "МорВест" (Санкт-Петербург) ISSN: 1812-3694 стр. 17-20.
3. Соколов С.С. Обеспечение безопасности автоматизированных систем управления движением судов при помощи технологии референцных станций / Соколов С.С., Нырков А.П., Вайгандт Н.Ю. // Морская радиоэлектроника №2(44), 2013 ISSN 2220-8712 стр.48-50.
4. Соколов С.С., Мамунц Д.Г. Автоматизация технологического процесса дноуглубления: отечественный опыт и перспективы развития / Соколов С.С., Мамунц, Д.Г. // «Речной транспорт (XXI век)». Москва, выпуск №2 (2014), ISSN: 1729-4258 стр. 47-49.
5. Соколов С.С., Мамунц Д.Г. Программные и технические средства для обеспечения позиционирования земснаряда в реальном времени / Соколов С.С., Мамунц, Д.Г. // Материалы V межвузовской научно-практической конференции студентов и аспирантов «Современные тенденции и перспективы развития водного транспорта России», 14 мая 2013 года – СПб.: ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова, 2014 – 521 с. ISBN 978-5-9509-0138-6 Стр. 292-295
6. Гришанин К.В., Дегтярев В.В., Селезнев В.М. Водные пути. – М., «Транспорт», 1986. – 400 с.
7. Типовая технологическая карта (ТТК) дноуглубительные работы
8. Приходько В. М. Электрооборудование и автоматизация судов технического флота: учеб. пособие. – СПб.: СПГУВК, 2009. – 77 с.

9. Рудых С.В. Системы ориентации земснарядов на основе глобальных навигационных спутниковых систем /С.В. Рудых // Журнал университета водных коммуникаций. — СПб.: ГУМРФ имени адмирала
10. С.О. Макарова, 2013. — 186 с. (Вып. 2).
11. R.B. Langley, University of New Brunswick, GPS World, Vol. 9, No. 9, September 1998, pp. 70-76.
12. Gatchin U.A., Korobeynikov A.G., Fejer Application for Determination of Mail Dokument Spam Level // World Applied Sciens Journal 30(Magament, Economics, Technology & Tourism). – 2014. - P. 165-169. – ISSN 1818-4952.
13. Сакун А.И., «Навигационные системы позиционирования: прошлое, настоящее и перспективы развития» Управление Росреестра по Камчатскому краю, 29.10.2013 [http://to41.rosreestr.ru/news/media/4589965/]
14. Глаков Г.Л., Ребковец А.В. Развитие навигационного оборудования внутренних водных путей / Гладков Г.Л., Ребковец А.В. // Вестник Государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. — СПб.: Выпуск №1 (2012), ISSN: 2309-5180 стр. 16-27.

СЕКЦИЯ 4

Защита окружающей среды, безопасность и охрана труда на предприятиях

ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ПРЕССОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫХ ПРОИЗВОДСТВ И ТЕХНОЛОГИЙ

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

Для реализации импульсных технологий холодной штамповки, формовки, прессования изделий и т.д. с частотой воздействия до 10 гц целесообразно использование электромагнитного прессового оборудования, принцип действия которого основан на взаимодействии магнитного поля катушки с ферромагнитным сердечником [1].

Обычно для этих целей используются электромеханические, пневматические и гидравлические прессы, для которых характерно наличие промежуточных преобразователей энергии, приводящие к дополнительным потерям, сложность в изготовления, низкая долговечность, высокая квалификация обслуживающего персонала, повышенный уровень шума. Наличие вредных выбросов и использование смазочных материалов ухудшают экологию окружающей среды.

Поэтому перспективными являются создание машин и устройств с электромагнитным возбуждением, которые дают возможность передавать импульсы исполнительным органам непосредственно через возвратно-поступательное движение тем самым, минуя процесс преобразования вращательного движения через систему редукторов в возвратно-поступательное.

Накопленный опыт теоретических и экспериментальных исследований приводов с линейными электромагнитными двигателями (ЛЭМД) свидетельствует о большом многообразии конструктивных схем машин, существенно отличающихся друг от друга по способу организации возвратно-поступательного движения ударной массы (бойка) [2-5].

Конструктивные схемы с ЛЭМД выбираются из условий и требований, определяемых технологическим процессом, для выполнения конкретных технологических операций. Из анализа реализованных на практике конструкций импульсных ЛЭМД также следует значительное различие их технико-экономических показателей при выполнении одинаковых технологических операций с одинаковыми значениями усилий и ходов, что можно объяснить несогласованностью между видом технологической операции, формой тяговой характеристики, номинальными величинами усилия и хода или нерациональной конструкцией электромагнитного двигателя.

Основы рационального конструирования ЛЭМД по-прежнему считаются востребованными [6-12]. Особое внимание уделяется вопросам нагрева и охлаждения машин с ЛЭМД [13-19].

Различные по конструкции машины могут иметь одинаковые выходные характеристики. Критерием прогрессивности применения той или иной схемы машины являются их удельные показатели, которые, как следует из анализа, даже у машин, относящихся к одной группе, могут быть различны [20, 21].

Как известно, все параметры машин обусловлены взаимной связью электрической и механической систем. Естественным является стремление построить такую взаимную связь, в которой для приведения в движение ударной массы необходимое число промежуточных устройств было бы минимальным.

Движение ударной массы обеспечивается электромагнитными силами и вызвано тем, что при взаимодействии магнитного поля катушки с ударной массой, система стремится к состоянию магнитного равновесия. Если ударную массу периодически выводить из этого состояния, то под действием электромагнитных сил она будет возвращаться в исходное положение. Вывод ударной массы из положения магнитного равновесия может быть осуществлен либо изменением самого положения магнитного равновесия (например, применением многообмоточной схемы), либо с помощью специальных механических устройств (например, с помощью упругого возвратного элемента).

Анализ рабочих процессов различных машин указывает на непосредственную связь эффективности преобразования энергии, полученной от источников, в механическую энергию с режимами их работы. Существование этой взаимосвязи выражается в изменении значений энергетических параметров (энергии единичного удара, частоты ударов, полезной мощности и КПД), а также удельных массовых показателей, величина которых является основным критерием оценки их совершенства [22].

По характеру приложения нагрузки в течение цикла электромагнитные прессы относятся к устройствам с односторонней нагрузкой. По конструктивному исполнению выполнены, в основном, по однообмоточным схемам с упругими связями (возвратные упругие элементы). При этом независимо от конструкции рабочие процессы, протекающие в них, имеют особенности, обусловленные

положением и состоянием ударной массы бойка (якоря) в момент приложения электромагнитного импульса сил.

Экспозиционный вариант электромагнитного пресса созданного малым инновационным предприятием «Электрика» НГТУ в рамках реализуемой программы стратегического развития университета «Развитие объектов инновационной инфраструктуры и подготовка кадров в сфере инновационного предпринимательства» проект: 1.485 «Изготовление опытного образца электромагнитного пресса на усилие 1 т» представлен на рис. 1. На рис. 2 представлено формообразующее устройство.

Электромагнитный пресс (рис.1) содержит линейный электромагнитный двигатель, блок питания и управления, пульт управления и формообразующее устройство для деформации ударом или статическим сжатием. Все обозначенные устройства размещены на массивной станине.

Рис. 1. Электромагнитный пресс усилием 1 т

Рис. 2. Элементы формообразующего устройства

Объектом управления является линейный электромагнитный двигатель, в котором полученная от источника промышленной частоты электрическая энергия через устройство питания и управления преобразуется в механическую работу при разгоне ударной массы. Функции ударной массы выполняет якорь электромагнитного двигателя. Устройство питания и управления обеспечивает работу силового преобразователя в требуемом режиме и определяет качество работы электропривода и его эффективность преобразования электрической энергии в механическую работу за время работы. Прессовое оборудование является универсальным, так как сочетает в себе возможности ударного и безударного режимов работы.

Технические характеристики оборудования:

- максимальное усилие, кН……..10
- рабочий ход ползуна, мм……20
- напряжение питания, В……..220
- потребляемая мощность в режиме
- одиночных ходов, кВт (не более)……...0,1
- масса оборудования, кг……..23
- габаритные размеры, мм……..200x350x500

Для выполнения технологических операций определяющими являются зависимости усилия от величины перемещения. Величина усилия во многом зависит от величины рабочего хода. Типичный пример тяговой характеристики двигателя с двумя рабочими воздушными зазорами и комбиниро-

ванным якорем рассчитанной с помощью конечно-элементного моделирования магнитного поля представлен на рис. 3 [23]. Анализ тяговых характеристик показывает существенную зависимость электромагнитного усилия от величины рабочего хода.

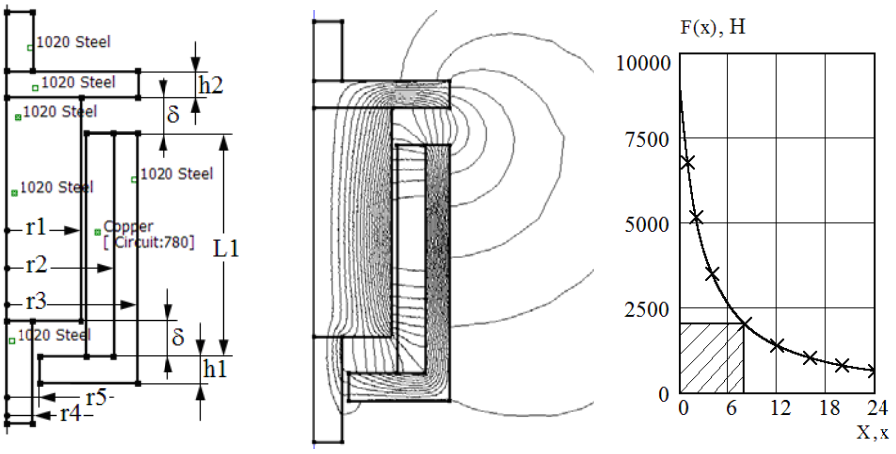


Рис. 3. Результаты расчета электромагнитного тягового усилия от перемещения якоря

Анализ процессов, связанных с преобразованием электрической энергии в полезную механическую работу, позволяет в настоящее время значительно улучшить силовые и энергетические показатели электромагнитных прессов [24-27].

Отсутствие вредных выбросов в окружающую среду позволяет рассматривать данный вид оборудования как альтернативным вариантом для чистых производств в пищевой, фармацевтической, медицинской, радиоэлектронной и других отраслях промышленности.

Литература.

1. Мошкин В.И. Импульсные линейные электромагнитные двигатели / В.И. Мошкин, В.Ю. Нейман, Г.Г. Угаров. 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. Нейман Л.А. Синхронный электромагнитный механизм для виброударного технологического оборудования / Л.А. Нейман // Справочник. Инженерный журнал с приложением. – 2014. – № 6 (207). – С. 17–19.
4. Нейман В.Ю. Тенденции в развитии конструкций синхронных двухобмоточных электромагнитых машин для импульсных технологий / В.Ю. Нейман, А.А. Скотников, Л.А. Нейман // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы II междунар. науч.-практ. конф. – Саратов: ФГОУ ВПО Саратовский ГАУ. – 2011. – С. 209–211.
5. Нейман Л.А. Линейные синхронные электромагнитные машины для низкочастотных ударных технологий / Л.А. Нейман, В.Ю. Нейман // Электротехника. – 2014. – № 12. – С. 45–49.
6. Нейман Л.А. К исследованию тяговых характеристик электромагнитных приводов с учетом зубчатости элементов магнитопровода / Л.А. Нейман, О.В. Рогова // Доклады Академии наук высшей школы Российской Федерации. – 2013. – № 1 (20). – С. 100–108.
7. Нейман Л.А. К решению задачи рационального выбора электромагнитного двигателя заданного габарита и веса на основе численного эксперимента / Л.А. Нейман // Научный вестник НГТУ.- Новосибирск: Изд-во НГТУ. – 2013. – № 4. – С. 184–190.
8. Соловейчик Ю.Г. Оптимизация геометрии линейных электромагнитных двигателей с использованием конечноэлементного моделирования магнитного поля / Ю.Г. Соловейчик, В.Ю. Нейман, М.Г. Персова, М.Э. Рояк, Ю.Б. Смирнова, Р.В. Петров // Известия вузов. Электромеханика. – 2005. – № 2. – С. 24–28.

9. Нейман В.Ю. Сравнение геометрически подобных систем электромагнитов по условию постоянства теплового критерия / В.Ю. Нейман, Л.А. Нейман, А.А. Петрова // Электротехника. – 2011. – № 12. – С. 14а–16.
10. Нейман В.Ю. К вопросу учета главных размеров при выборе типа электромагнита по значению конструктивного фактора / В.Ю. Нейман, Л.А. Нейман, А.А. Петрова, А.А. Скотников, О.В. Рогова // Электротехника. – 2011. – № 6. – С. 50а–53.
11. Нейман В.Ю. О методике к выбору типа электромагнита по значениям конструктивного фактора / В.Ю. Нейман, Л.А. Нейман, А.А. Петрова // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. – 2011. – № 2. – С. 310–313.
12. Нейман Л.А. К оценке выбора типа электромагнита по значению конструктивного фактора / Л.А. Нейман, А.А. Петрова, В.Ю. Нейман // Известия вузов. Электромеханика. – 2012. – № 6.– С. 62–64.
13. Нейман Л.А. Оценка конструктивного совершенства систем охлаждения синхронных электромагнитных машин ударного действия / Нейман Л.А. // Научный вестник НГТУ. – 2013. – № 4. – С. 177–183.
14. Нейман Л.А. Исследование перегрузочной способности цикличного электромагнитного привода в зависимости от начального превышения температуры в переходных тепловых режимах / Л.А. Нейман // Электротехника. – 2014. – № 7. – С. 7–12.
15. Нейман Л.А. Оценка перегрузочной способности ударного электромагнитного привода по средней температуре перегрева в переходных режимах / Л.А. Нейман // Известия вузов. Электромеханика. – 2013. – № 6. – С. 58–61.
16. Нейман Л.А. Приближенный расчет цикличного электромагнитного привода с учтенным начальным превышением температуры в переходном тепловом процессе нагрева / Л.А. Нейман // Доклады Академии наук высшей школы Российской Федерации. – 2014. – № 1 (22). – С. 113–122.
17. Нейман Л.А. Анализ процесса нагрева электромагнитного двигателя работающего в импульсном режиме / Л.А. Нейман, А.А. Скотников // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. – 2012. – № 2. – С. 319–322.
18. Нейман Л.А. Исследование нагрева электромагнитного двигателя в переходных режимах / Л.А. Нейман, А.А. Скотников, В.Ю. Нейман // Известия вузов. Электромеханика. – 2012. – № 6. – С. 50–54.
19. Нейман В.Ю. Сравнение геометрически подобных систем электромагнитов по условию постоянства теплового критерия / В.Ю. Нейман, Л.А. Нейман, А.А. Петрова // Электротехника. – 2011. – № 12. – С. 14а–16.
20. Малинин Л.И., Нейман В.Ю. Предельные силовые характеристики электромагнитных двигателей постоянного тока // Электротехника. – 2009. – № 12. – С. 61–67.
21. Угаров Г.Г. Анализ показателей электромагнитных ударных машин / Г.Г. Угаров, В.Ю.Нейман // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 1996. – № 2. – С. 72–80.
22. Нейман В.Ю. Структурный анализ синхронных электромагнитных машин ударного действия / В.Ю. Нейман, А.А. Скотников, Л.А. Нейман // Автоматизированные электромеханические системы: сб. науч. тр. Под общ ред. В.Н. Аносова. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2011. – С. 106–120.
23. Петрова А.А. Моделирование в FEMM магнитного поля для расчета тяговых характеристик электромагнитных двигателей постоянного тока / А.А. Петрова, В.Ю. Нейман // Сборник научных трудов Новосибирского государственного технического университета. – 2008. – № 2. – С. 101–108.
24. Нейман В.Ю. Анализ процессов энергопреобразования линейных электромагнитных машин с предварительным аккумулированием магнитной энергии в динамических режимах // Электротехника. – 2003. – № 2. – С. 30–36.
25. Нейман Л.А. Рабочий цикл двухкатушечной синхронной электромагнитной машины со свободным выбегом бойка / Л.А. Нейман, В.Ю. Нейман // Известия вузов. Электромеханика. – 2013. – № 6. – 48–52.
26. Малинин Л.И. Определение напряжения преобразования энергии и электромагнитных сил в электромеханических системах / Л.И. Малинин, В.Ю. Нейман // Электричество. – 2008. – № 6. – С. 57–62.
27. Нейман Л.А. Анализ процессов энергопреобразования в двухкатушечной синхронной электромагнитной машине с инерционным реверсом бойка // Известия Томского политехнического университета. Томск. Изд-во ТПУ, 2014. – № 4, Т. 325. – С. 157–163.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПИРИТА ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДНЫХ СРЕД ОТ ИОНОВ CR^{6+}

А. Ю. Баталова, магистрант, И. В. Мартемьянова, аспирант, Д. В. Мартемьянов, инженер
Томский политехнический университет
634050, г. Томск пр. Ленина, 30, тел. (3822)-56-36-98
E-mail: nesty_32@mail.ru

Введение

Ни для кого не секрет, что проблема очистки воды сегодня стоит особенно остро [1, 2]. Большое количество химических загрязнений поступает в гидросферу в результате стоков промышленных предприятий [3]. Среди химических загрязнений находящихся в воде тяжёлые металлы представляют особую опасность [4]. Одним из наиболее токсичных элементов из класса тяжёлых металлов является хром. Хром и его соединения применяются в различных отраслях промышленности, например, в качестве легирующих добавок в металлургии, при нанесении гальванических покрытий в машиностроении и т. д. Ионы хрома в воде могут присутствовать в трехвалентном и шестивалентном состояниях. Шестивалентные соединения хрома являются более токсичными, чем трехвалентные.

При сбросе сточных вод загрязненных ионами Cr^{6+} возникает необходимость обязательной их очистки. Для очистки воды загрязненной ионами хрома в основном используют методы, такие как: коагуляция (реагентная коагуляция, электрокоагуляция), сорбция. Главным преимуществом сорбционного метода очистки является то, что его использование не вносит дополнительного загрязнения воды, как в случае реагентной коагуляции, а также данный метод не требует дополнительных энергозатрат, как при электрокоагуляции. Определённые преимущества может представлять сорбционный метод доочистки сточных вод содержащих ионы Cr^{6+}. Для снижения себестоимости доочистки стоков при использовании сорбционной технологии возможно применять дешёвые минеральные сорбенты. Поэтому использование дешевых природных минеральных сорбентов может найти широкое применение для очистки водных сред от ионов Cr^{6+} [5, 6].

Целью нашей работы является рассмотрение возможности использования минеральных сорбентов, в данном случае пирита Рубцовского (п. Рудный, Алтай) месторождения, при извлечении из водных растворов ионов Cr^{6+}.

Материалы и методы исследования

В данной публикации были исследованы физико-химические и сорбционные свойства образцов минерала пирита Рубцовского месторождения, с различным фракционным составом: менее 0, 1 мм, 0,1-0,5 мм и 0,5-1 мм.

Для оценки физико-химических характеристик исследуемых образцов минерала пирита использовали метод тепловой десорбции азота. По данным измерения оценивали площадь удельной поверхности (Sуд) и значения удельного объема пор (P) образцов с использованием анализатора «СОРБТОМЕТР М».

Сорбция ионов Cr^{6+} проводилась в статическом режиме, с использованием магнитной мешалки, при скорости вращения до 200 об/мин. Для проведения эксперимента брали навеску исследуемого материала массой 0,5 г, помещали её в стеклянный стакан объёмом 50 см^3 и заливали 50 см^3 раствора, с начальной концентрацией 10,5 мг/дм^3. Модельный раствор, содержащий ионы Cr^{6+}, готовили на бидистиллированной воде, с использованием государственного стандартного образца состава раствора ионов хрома. Процесс осадительной сорбции для каждого исследуемого образца проводили при времени контакта: 1, 5, 15, 30, 60 и 150 минут. После проведения процесса сорбции, адсорбат отфильтровывали от сорбента на бумажном фильтре «синяя лента». Конечные концентрации ионов Cr^{6+} определяли методом фотоколориметрии.

Результаты и их обсуждение

Производили сравнительный анализ исследуемых образцов минерала пирита, при определении их структурных характеристик. В табл. представлены некоторые физико-химические параметры представленных минеральных сорбентов: химический состав, удельная поверхность и удельный объём пор.

Таблица

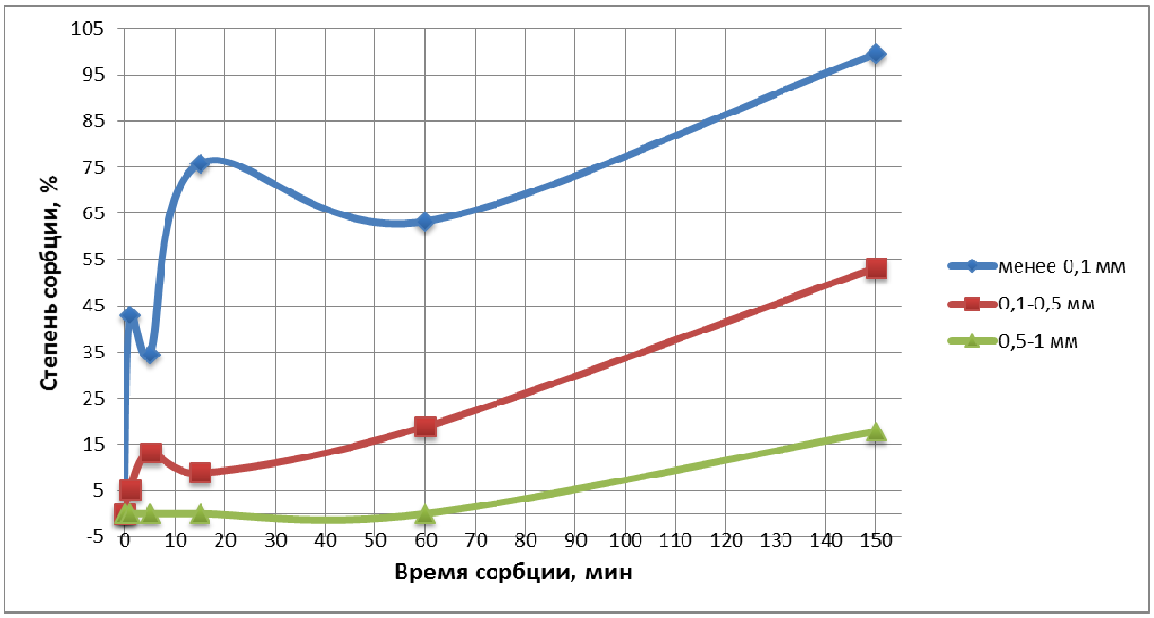
Химический состав, удельная поверхность, удельный объём пор образцов сорбционных материалов

Минерал пирит	$S_{уд}$, $м^2/г$	P, $см^3/г$	Химический состав, %
Менее 0,1 мм	0,619	0	FeS_2
0,1-0,5 мм	0,573	0	
0,5-1 мм	0,505	0	

Как видно из таблицы, с увеличением фракционного состава минерала пирита наблюдается уменьшение удельной поверхности исследуемого образца. Удельный объём пор у пирита равен нулю.

В работе определена эффективность исследуемых образцов минерала пирита при извлечении ионов Cr^{6+} из модельного раствора. На графике представлены сорбционные свойства рассматриваемых образцов при проведении процесса статической сорбции.

График. Сравнение сорбционных характеристик минерала пирита разного гранулометрического состава, при извлечении ионов Cr^{6+} из модельного раствора в статическом режиме



Как видно из графика, лучшей сорбционной способностью при извлечении ионов Cr^{6+} обладает образец минерала пирита с размером фракции менее 0,1 мм. С увеличение фракционного состава исследуемых образцов наблюдается уменьшение их сорбционной способности. На первых минутах процесса очистки видно понижение сорбционной способности образцов, с дальнейшим повышением степени сорбции. Возможно в образце уже имелось содержание хрома и после первых минут сорбции произошел скачок десорбции, с выделением хрома из материала, с последующим продолжением сорбционной активности образца.

Выводы

По итогам проведённых исследований определены сравнительные физико-химические характеристики минерала пирита Рубцовского месторождения. Выяснили, что исследуемые образцы имеют удельный объём пор равный нулю и их удельная поверхность уменьшается с увеличением гранулометрического состава образца. В результате проведения сорбционных процессов в статических условиях выяснили, что природный минерал пирит Рубцовского месторождения хорошо извлекает ионы Cr^{6+} из водных сред. С уменьшением фракционного состава образцов пирита их сорбционные свойства увеличиваются.

Литература.

1. Родионов А. И. Техника защиты окружающей среды: учебник для вузов / А. И. Родионов, В. Н. Клушин, Н. С. Торочешников. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Химия, 1989. – С. 512.

2. Мазур И. И., Молдаванов О. И., Шишов В. Н. Инженерная экология. Общий курс. Справоч. пособие/ Под ред. И. И. Мазура. – М.: Высш. школа, 1996. – Т.2. – 638 с.
3. Сомин В. А., Полетаева М. А., Комарова Л. Ф. Создание водооборотных систем с очисткой сточных вод от ионов тяжёлых металлов // Ползуновский вестник. 2008. - № 3. – С. 32-36.
4. Гарипова С. А. Очистка сточных вод гальванического производства от тяжелых металлов // Экология производства. – 2011. – № 10. – С. 66–79.
5. Смирнов А. Д. Сорбционная очистка воды /А. Д. Смирнов. – Л.: Химия, 1982. – 168 с.
6. Годымчук А. Ю., Решетова А. А. Исследование процессов извлечения тяжелых металлов на природных минералах // Вестник Отделения наук РАН. 2003. - № 1 (21). - С. 1-3.

ВОЗМОЖНОСТИ СНИЖЕНИЯ ШУМА НА ОТКРЫТЫХ ПЛОЩАДКАХ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ И СЕЛИТЕБНЫХ ЗОН

В.В. Булкин, д.т.н, проф., М.В. Калиниченко, ст. препод.
Муромский институт Владимирского государственного университета
602264, г. Муром, ул. Орловская, 23, тел. (49234)-77-253
E-mail: marinakali@mail.ru

Введение

Вопросы охраны труда входят в группу процессов предприятия, определяемых ГОСТ Р ИСО/МЭК 15288-2005 «Информационная технология. Системная инженерия. Процессы жизненного цикла систем», и относятся к управлению средой. Обеспечение безопасности труда предусматривает исследование опасных факторов, определение степени их опасности для работников предприятий или жителей расположенных рядом домов, разработку мероприятий по снижению уровня опасности и внедрение системы безопасности жизнедеятельности и охраны труда.

Среди вредных факторов, характерных для развитого машиностроительного производства, не последнее место занимает акустический шум, присутствующий чаще всего в закрытых помещениях с активным процессом механического производства. Однако в зависимости от степени активности работы предприятия, обширности территории и наличия открытых площадок с активным строительством и автодвижением, акустический шум может являться значимым воздействующим фактором и на открытых пространствах. Кроме того, если предприятие расположено в городской среде и не оборудовано надёжной защитой от распространения шума вглубь урбанизированной территории, проблема контроля и прогноза распространения шумового сигнала может иметь большое значение. Таким образом, из проблемы охраны труда внутри предприятия шум может стать экологической проблемой целой урбанизированной территории.

До недавнего времени основное внимание при анализе акустического шума на урбанизированных территориях уделялось непосредственной регистрации шума и анализу его характеристик [1]. В последнее время актуальной становится задача снижения уровня шума. И поскольку источники шума весьма разнообразны и единого способа борьбы с ними не существует, проблема эта является сложной, комплексной, требующей приложения больших усилий и средств, и не имеющей простых решений.

Средства и методы шумопоглощения

Проанализировав существующие методы борьбы с шумом, можно обозначить четыре основных группы [2]: уменьшение шума в источнике; звукоизоляция; строительно-планировочные мероприятия; инженерно-технические средства.

В первую очередь это акустические экраны и резонансные поглотители различных типов, другие шумозащитные сооружения.

В докладе особое внимание уделено исследованию и разработке инженерно-технических средств, к которым в первую очередь относят акустические экраны и резонансные поглотители различных типов, другие шумозащитные сооружения. Применение таких средств позволит осуществлять борьбу с шумом в уже существующих условиях территории предприятия или городской среды и имеющихся стационарных и перемещающихся источников шума.

Наиболее эффективными инженерно-техническими средствами являются акустические (шумозащитные) экраны и резонансные поглотители различных типов. В целом шумозащитные экраны делятся на несколько видов: звукопоглощающие, звукоотражающие, комбинированные. Выбор конкретного типа экрана осуществляется исходя из реальных условий рассматриваемой территории и характеристик шумового загрязнения.

Измерения среднего эквивалентного уровня шума в техногенных зонах города Мурома

Для оценки возможности применения шумозащитных экранов на территориях промышленных зон или зон городской территории, расположенных в непосредственной близости от производственных площадок, были проведены исследования уровня шума в характерных зонах города Мурома. Для иллюстрации уровня акустического загрязнения можно привести данные одной из зон городской среды. Данная зона выбрана потому, что граница территории завода непосредственно примыкает к пешеходной зоне оживлённой магистрали, проходящей через центр города и связывающей несколько областей центрального региона страны. Данная магистраль активно используется большегрузным транспортом, в том числе, для перевозок продукции предприятий города. Другая сторона магистрали является границей селитебной зоны. Кроме того, в этой же зоне расположена точка доступа на территорию предприятия большегрузного транспорта, осуществляющего регулярный вывоз готовой продукции. Таким образом, в данной зоне сходятся промышленная и селитебная территории, и имеет место интенсивное движение легкового, общественного и большегрузного транспорта.

На рис.1 приведён пример спектра шума. Верхняя кривая показывает среднее значение спектра за весь период, нижняя - характеризует спектр сигнала в последний момент измерения (оценка «последнего всплеска»). Резкие частые колебания уровня шума в диапазоне 30-4000 Гц совершенно очевидно связаны с большой загруженностью проезжей части идущими в одном потоке легковыми и большегрузными транспортными средствами и одновременной работой их двигателей в заторах и «пробках».

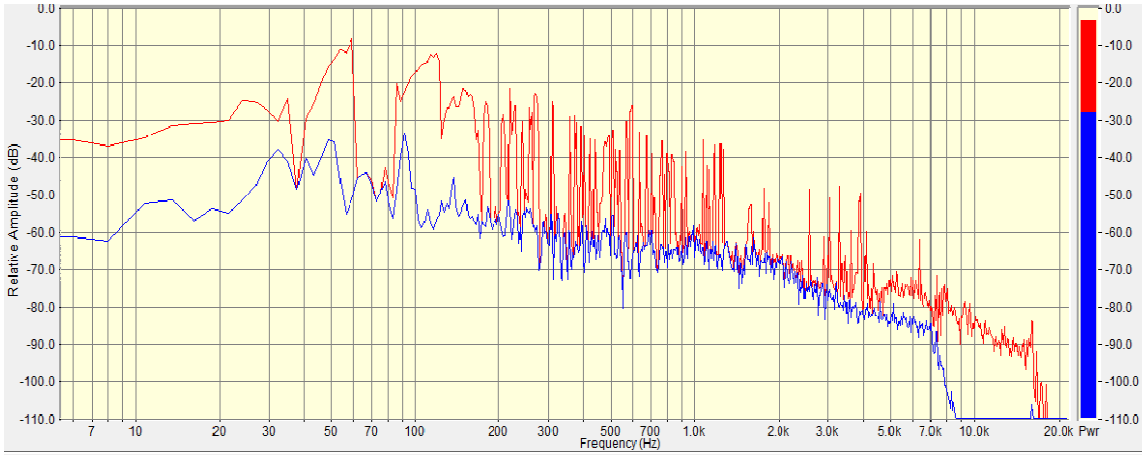


Рис. 1. Спектральный анализ шумового загрязнения в различных зонах Мурома

Измерения проводились с помощью шумомера ВШВ-03 в режиме контроля среднего эквивалентного уровня без использования октавного анализа. Такой режим измерений допускается при общей гигиенической оценке уровня шума. Данные получены для весеннего и осеннего периодов, для начала и конца рабочего дня.

Среднее значение пиковых уровней шума – 103 дБ, в моменты наибольшего спокойствия (периоды относительной тишины) уровень опускается не ниже 73-77 дБ.

Анализ представленных результатов показывает, что превышение уровня санитарных норм в рассматриваемой зоне следует признать существенным (свыше 20 дБ). С другой стороны, следует отметить схожесть полученных результатов, относящихся не только к разному времени дня, но и к разным периодам года, что подчёркивает наличие стабильно значительного акустического загрязнения рассматриваемой территории.

Возможности применения шумозащитных средств

На основе полученных данных об уровне акустошумового загрязнения были выполнены оценочные расчёты по применению шумозащитных экранов на рассматриваемой территории. Для обеспечения требуемого уровня защиты экраны должны иметь высоту более 9 метров и устанавливаться не только со стороны предприятия, но и со стороны селитебной зоны, что является недопустимым в условиях городской среды.

Возможным вариантом частичного решения задачи снижения уровня шума является применение шумопоглощающих экранов, представляющих собой сочетание обычных шумозащитных конструкций с резонансными поглотителями различных типов.

Одно из таких решений обеспечивается за счёт совмещения экрана с резонаторами Гельмгольца, образующимися благодаря наличию внутреннего объёма экрана. Конструктивной особенностью этого экрана является наличие изменяющегося по высоте внутреннего объёма (за счёт изменения по высоте профиля глубины внутренней полости) и возможность изменения величины зазора щелевых горловин резонатора. За счёт этого решения авторы предполагают обеспечить возможность «настройки» резонаторов на требуемые частоты [3].

Известно, что поглотители шума на основе резонаторов Гельмгольца обеспечивают определённое снижение уровня акустического сигнала в зоне расположения резонатора на частоте, совпадающей с его собственной резонансной частотой. В случае широкополосного шума, как это обычно и бывает в условиях производства или шума от автотранспорта, для поглощения акустических сигналов в широком диапазоне частот такой резонатор должен обладать свойствами полигармоничности. Практическая реализация такого шумопоглотителя возможна, например, применением набора резонаторов, настроенных на разные частоты. Другим вариантом является предложенное авторами решение с переменной глубиной внутреннего объёма, что и обеспечивает получение совокупности различных объёмов внутренней полости резонатора и получение совокупности резонансных частот.

Очевидно, что наличие любой преграды на пути распространения акустического сигнала приводит к его ослаблению. Но поскольку известно, что экраны, построенные с включением резонансных поглотителей, более эффективны с точки зрения звукопоглощения, представляет интерес оценка эффективности именно с точки зрения поглощения звука в зоне перед экраном.

Экспериментальная проверка осуществлялась методом моделирования отражения сигнала в присутствии модели экрана в малогабаритной лабораторной акустической камере с использованием в качестве контрольно-измерительного средства шумомера ВШВ-003. Измерения проводились в диапазоне частот максимальной чувствительности уха человека, т.е. в интервале от 1000 до 4000 Гц. В отступление от требований стандартных методик измерения, анализ проводился не на средневзвешенных частотах октавных или долеоктавных диапазонов, а во всём указанном диапазоне с шагом в 100 Гц. Также внутри короба модели экрана для улучшения звукопоглощения был применен демпфирующий материал.

Некоторые результаты экспериментов представлены на рис.1. Измерения проводились для разных размеров зазоров в щелевых горловинах резонаторов, сериями по 10 измерений с последующей оценкой среднестатистического значения на каждой частоте. Для сравнения и оценки эффективности экрана была проведена серия измерений с контрольным экраном, представляющим ту же самую конструкцию, но с глухой передней стенкой. На рис. 1 по оси ординат показаны значения снижения уровня шума в зоне перед моделью резонатора, отсчитанные относительно контрольного экрана.

Приведённые данные показывают, что в целом имеет место реальное снижение уровня шума в зоне перед экраном. Величина ослабления различна на разных частотах, в некоторых случаях имеет место некоторое усиление сигнала (резонанс).

Некоторые результаты исследований представлены в [4].

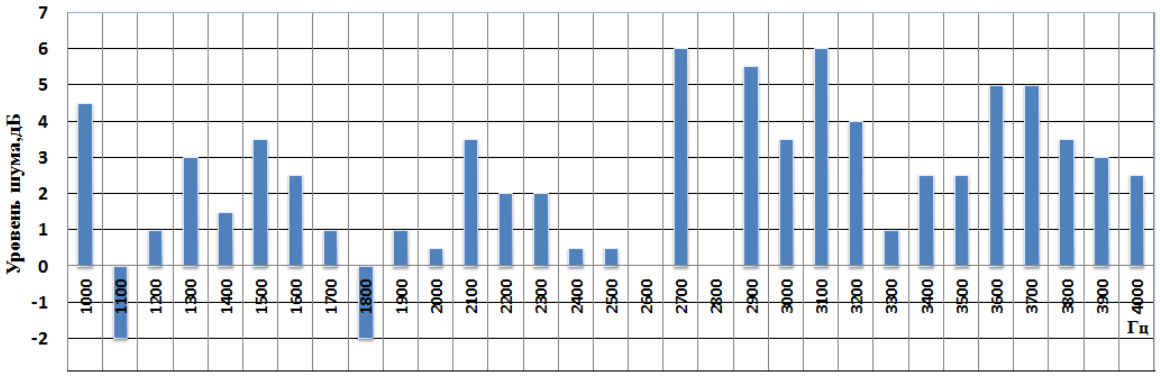


Рис. 2. Результаты экспериментов с щумозащитным экраном

Выводы

Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы. Применённый в данной работе метод моделирования, разумеется, не может претендовать на абсолютность получаемых результа-

тов. Однако его использование позволяет оценить принципиальную возможность получения эффекта от использования подобных конструкций. При этом можно считать обоснованным утверждение о том, что при использовании рассмотренного варианта шумопоглощающего экрана будет обеспечено определённое снижение уровня акустического шума в зоне перед экраном, что, при применении таких конструкций в качестве защитных сооружений первого эшелона, например, в качестве ограждений промышленных площадок открытого типа или забора у домов частного сектора вблизи технологических зон, обеспечит некоторое снижение общего акустошумового загрязнения городской среды.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №14-08-00186 и во взаимодействии с Администрацией округа Муром Владимирской области.

Литература.

1. Булкин В.В., Соловьев Л.П., Шарапов Р.В., Первушин Р.В., Кириллов И.Н. Проблемы построения систем мониторинга акустошумового загрязнения селитебных зон / Машиностроение и безопасность жизнедеятельности. 2014, №1(19). –С.48-53.
2. Булкин В.В., Калиниченко М.В., Штыков Е.А., Фильков Д.Е. К вопросу об использовании шумопоглощающих средств на техногенных пространствах / Вестник Тамбовского государственного университета, т.19, вып.5, 2014. –С.1388-1392.
3. Патент ПМ РФ № 139581, МПК E01F8/00. Шумопонижающий экран / Булкин В.В., Калиниченко М.В., Фильков Д.Е., Штыков Е.А. Опубл.: 20.04.2014.
4. Калиниченко М.В., Кириллов И.Н., Булкин В.В. Анализ возможности применения звукоотражающих экранов на основе резонаторов Гельмгольца // Защита от повышенного шума и вибрации: Сборник докладов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, 18-20 марта 2015 г., СПб. / Под ред. Н.И. Иванова. –СПб.: 2015. -С.280-282.

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ АКУСТИЧЕСКОГО ШУМА НА ТЕРРИТОРИЯХ ПРОМЫШЛЕННЫХ И СЕЛИТЕБНЫХ ЗОН

И.Н. Кириллов, инж., В.В. Булкин, д.т.н, проф.
Муромский институт Владимирского государственного университета
602264, г. Муром, ул. Орловская, 23, тел. (49234)-77-253
E-mail: dedvanya@mail.ru

Введение

Среди вредных факторов, характерных для машиностроительных или иных значимых отраслей промышленности, а также селитебных зон крупных промышленных городов, не последнее место занимает акустический шум, присутствующий чаще всего в закрытых помещениях с активным производственным процессом. Однако в зависимости от степени активности работы предприятия, обширности территории и наличия открытых площадок с активным строительством и автодвижением, акустический шум может являться значимым воздействующим фактором и на открытых пространствах. Кроме того, если предприятие расположено в городской среде и не оборудовано надежной защитой от распространения шума вглубь урбанизированной территории, проблема контроля и прогноза распространения шумового сигнала может иметь большое значение.

Проблема шума становится одной из основных проблем современного урбанизированного пространства, занимая третье по важности место среди всех экологических загрязнителей большого города [1]. Многочисленные исследования показывают, что акустический шум оказывает существенное неблагоприятное воздействие на психологическое и биологическое здоровье человека, состояние социальной среды. В силу этого всё более актуальной становится задача защиты человека, промышленных и селитебных зон от вредного воздействия [1,2]. В силу указанных причин создание систем мониторинга акустошумового загрязнения на таких территориях для решения задачи построения шумовой карты города является актуальной задачей [3,4]. Вместе с тем, поскольку акустический шум на городской территории не относится к стационарным процессам, возникает проблема надёжности формируемой карты, соответствия не мгновенным, а достаточно постоянным проявлениям акустошумовых загрязнений. Очевидно, что осуществление мониторинга невозможно без статистической обработки данных с целью выработки прогнозных оценок по распространению этого шума вглубь селитебных зон.

В докладе рассмотрен алгоритм статистического анализа, обеспечивающий представление результатов обработки измерительных данных в виде времени, выраженном в процентах, в течение которого был превышен каждый из уровней звука на данной частоте в разные моменты времени.

Особенности шумовой обстановки на стыке промышленной и селитебной зон

Анализ акустошумовой обстановки в характерных зонах Мурома проводился в рамках договора с Администрацией города [5]. В силу того, что город изначально являлся одним из промышленных центров Владимирской области, а предприятия машиностроительного и приборостроительного профилей располагаются в пределах городской среды, особое внимание при проведении анализа было уделено зонам сочетания этих территорий. Для иллюстрации можно привести результаты одного из замеров в такой зоне. Данная зона выбрана потому, что граница территории завода непосредственно примыкает к пешеходной зоне оживлённой магистрали, проходящей через центр города и связывающей несколько областей центрального региона страны. Данная магистраль активно используется большегрузным транспортом, в том числе, для перевозок продукции предприятий города. Другая сторона магистрали является границей селитебной зоны. Кроме того, в этой же зоне расположена точка доступа на территорию предприятия большегрузного транспорта, осуществляющего регулярный вывоз готовой продукции. Таким образом, в данной зоне сходятся промышленная и селитебная территории, и имеет место интенсивное движение легкового, общественного и большегрузного транспорта.

На рис.1 приведён пример характера изменения уровня шума за период регистрации (18 сек). Видно, что шум имеет непостоянный характер и его уровень может меняться в больших пределах. Кроме того, имеют место амплитудные выбросы, время и уровень которых недетерминированы. При этом недетерминированной является и длительность амплитудного всплеска шума.

Основываясь на этом и аналогичным результатах, можно сделать предположение, что при анализе шума и выработке прогноза его распространения желательно учитывать его амплитудно-временное распределение. Иначе говоря, в основу анализа кроме учёта уровня и частотного спектра шума [6] должен быть положен и учёт повторяемости всплесков, как по уровню, так и по частоте.

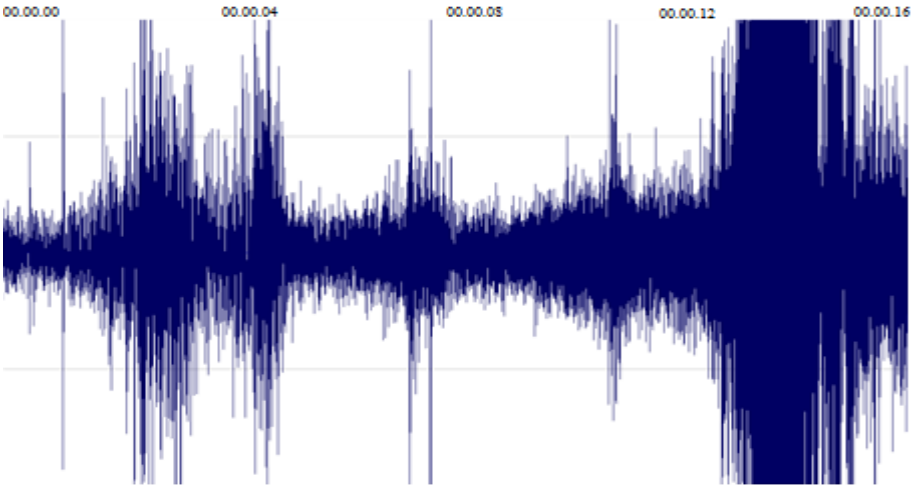


Рис. 1. Характер изменения уровня акустического шума во времени

Возможности статистической обработки результатов измерений

В [7] показан метод определения точности и надёжности шумовой карты, основанный на сочетании дисперсионного анализа и математической статистики. Отдельные результаты измерения городского шума $L=x_{ij}$ представлены в виде матрицы значений $M(x_{ij})$, в строках которой по горизонтали находятся величины x_i в i разных точках пространства общим числом n, а по вертикали, в столбцах, величины x_j в различные моменты времени j общим числом m.

Если случайные отклонения измерений x в пространстве не зависят от случайных отклонений этой величины, то матрица значений $M(x_{ij})$ трансформируется в матрицу значений $M(x_i+x_j)$, где величина x_i зависит только от измерений в пространстве, а величина x_j зависит только от измерений времени. Используя этот метод можно выразить среднюю величину, дисперсию отклонений в пространстве, дисперсию отклонений во времени, дисперсию отклонений в пространстве и во времени.

Недостатком метода применительно к средним и большим городам является то, что, например, для величины надёжности P=0,95 и точности на уровне ΔL=1дБА для одной улицы протяжённостью 2 км требуется провести измерений *m*=24 в *n*=10 точках пространства, т.е. в сутки требуется *n*•*m*=240 измерений уровней звука. При проведении измерений десять раз в месяц количество измерений уровней звука в год только на одной улице составит 240•10•12=28800, что для средних или малых городов является задачей сложной в силу высокой себестоимости работ.

Временно́й анализ статистического распределения

Рассмотрим так называемый анализатор статистического распределения. В этом случае, возможно регистрировать относительную долю времени, в течение которого измеряемый уровень шума находился в пределах каждой из ступеней шкалы, расположенных, например, через каждые 1 дБ. Результаты таких измерений показывают, в течение какой доли полного времени был превышен каждый из звуковых уровней шкалы звукового давления.

В алгоритме вычисления статистического распределения акустического шума матрицы

$$M(L_{ij})=\begin{pmatrix} L_{11} & L_{12} & \vdots & L_{1j} \\ L_{21} & L_{22} & \vdots & L_{2j} \\ \hdashline L_{i1} & L_{i2} & \vdots & L_{ij} \end{pmatrix}$$

используем промежуточную матрицу статистического распределения, в строках которой по горизонтали находятся распределенные уровни звукового давления *l* общим числом *k* с равными интервалами l' между значениями

$$M(P_{ij})=\begin{pmatrix} P_{11} & P_{12} & \vdots & P_{1j} \\ P_{21} & P_{22} & \vdots & P_{2j} \\ \hdashline P_{i1} & P_{i2} & \vdots & P_{ij} \end{pmatrix}$$

где P_{ij} – показатель статистического распределения шума, выраженный в процентах.

Распределенные уровни звукового давления *l* выбираются согласно требуемой шкале измерений с шагом l', в диапазон которой входят минимальные и максимальные значения L_{ij} матрицы $M(L_{ij})$.

Для составления промежуточной матрицы необходимо вычислить значения переменных P_{ij} для конкретного столбца *j* по алгоритму:

– если тождества $\begin{cases} l & \le & L_{ij} \\ P'_{ij} & \le & n \end{cases}$ верны, то $P'_{ij} = P_{ij} + 1$;

– если $l \le L_{ij}$ неверно, то $l = l + \frac{l_{max}}{k}$, $i = i + \frac{i_{max}}{n}$;

– если $P'_{ij} \le m$ неверно, а $l = L_{ij}$ верно, то $P_{ij} = \frac{P'_{ij}}{n} \cdot 100\%$,

где P'_{ij} – показывает количество элементов в строке *i* матрицы $M(L_{ij})$, которые превышают текущее значение шкалы *l*; l_{max} и i_{max} – максимальные значения матрицы $M(P_{ij})$ и $M(L_{ij})$ соответственно, причём должно выполняться выражение $l_{max} \le i_{max}$.

Затем используя промежуточную матрицу $M(P_{ij})$ вычисляют матрицу полного статистического распределения $M(l_{Pj})$, в строках которой по горизонтали находятся величины, показывающие время *P=1..100*, выраженное в процентах, в течение которого был превышен каждый из уровней L_{ij} в столбце *j* матрицы $M(L_{ij})$ общим числом *τ=100*, а по вертикали, в столбцах, амплитудно-частотные величины на разных частотах *j=6..10000 (Гц)* общим числом *m=1000*:

$$M(P_{ij})=\begin{pmatrix} P_{11} & P_{12} & \vdots & P_{1j} \\ P_{21} & P_{22} & \vdots & P_{2j} \\ \hdashline P_{l1} & P_{l2} & \vdots & P_{lj} \end{pmatrix} \ge M(L_{Pj})=\begin{pmatrix} l_{11} & l_{12} & \vdots & l_{1j} \\ l_{21} & l_{22} & \vdots & l_{2j} \\ \hdashline l_{P1} & l_{P2} & \vdots & l_{Pj} \end{pmatrix}$$

Удобнее всего использовать распределение со значениями *P*=1; 10; 50; 90; 99 (%), где *P*=1 даёт представление о максимальном значении уровня шума; *P*=10 – это характерный высокий уровень; *P*=90 – показывает шумовой фон, то есть уровень, до которого снижается шум при наступлении вре-

менного затишья. Разность между значениями P=10 и P=90 указывает, в каких пределах в каждом данном месте флуктуирует уровень шума. Причём, показатель шума в 10% широко применяется при измерении и прогнозировании транспортного шума и во многих странах служит основной характеристикой, показывающей уровень акустошумового загрязнения территории. Обычно транспортный шум флуктуирует вполне определённым образом, поэтому уровень P=10 служит достаточно удовлетворительным показателем шума, хотя только частично представляет статистическую картину.

Таким образом, получим статистическое распределение уровней шума при сильно флуктуирующем шумовом климате в виде матрицы $M(l_{Pj})$, где P=1; 10; 50; 90; 99 (%):

$$M(l_{Pj}) = \begin{pmatrix} l_{11} & l_{12} & \vdots & l_{1j} \\ l_{101} & l_{102} & \vdots & l_{10j} \\ l_{501} & l_{502} & \vdots & l_{50j} \\ l_{901} & l_{902} & \vdots & l_{90j} \\ l_{991} & l_{992} & \vdots & l_{99j} \end{pmatrix}.$$

На рис. 2 представлен график статистического распределения одного из результатов измерений уличного шума $M(l_{Pj})$, где *j=6..10000 (Гц),* общим числом *m=1000*.

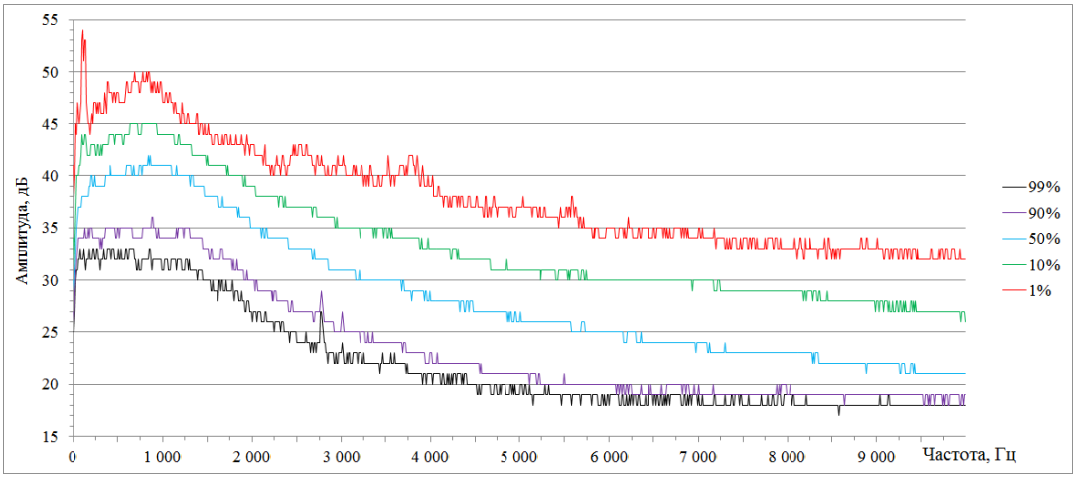


Рис. 2. Статистическое распределение акустического шума $M(l_{Pj})$

Из рисунка видно, что разность между значениями P=10 и P=90, которая указывает, в каких пределах в каждом данном месте j флуктуирует уровень шума, составляет от 35 до 45 дБ. Это говорит о том, что в данном месте больше преобладают непостоянные шумы продолжительностью от 2 до 5 с.

Для оценки влияния акустического шума на окружающую территорию необходимо рассматривать дальность распространения конкретного акустического сигнала на конкретной территории, характеризующую зону поражения. Поэтому для статистически распределённого акустического шума $M(l_{Pj})$ необходимо определить зону распространения. Для этого с учётом корректирующих (метеорологических) данных должен быть определён коэффициент затухания звука чистого тона в атмосфере $M(\alpha_j)$.

В свою очередь, зону распространения акустического шума $M(l_{Pj})$ можно охарактеризовать расстоянием S от точки его источника до точки, где уровень акустического сигнала не превышает некий нулевой порог Q, который, например, может равняться порогу слышимости для среднестатистического уха человека [8] или значениям санитарных норм и правил.

Данный порог можно представить в виде матрицы $M(I_j)$ и далее вычислить зону поражения S_{Pj} акустического шума в свободном пространстве. Отсюда матрицы $M(\alpha_j)$ и $M(Q_j)$ имеют вид $M(\alpha_j) = \{\alpha_1 \quad \alpha_2 \ \vdots \ \alpha_j\}$ и $M(Q_j) = \{Q_1 \quad Q_2 \ \vdots \ Q_j\}$.

Свободное пространство S в виде расстояния от точки источника до точки, где начинает выполняться тождество $l < Q$, можно разделить на равные отрезки S'_{Pj}. Таким образом, для определения расстояния S_{Pj} нужно использовать алгоритм:

– если тождество $l_{ij} - \alpha_j \cdot S_{Pj} > Q_j$ верно, то $S_{Pj} = S_{Pj} + S'_{Pj}$;

– если тождество $l_{ij} - \alpha_j \cdot S_{Pj} > Q_j$ неверно, то это говорит о том, что на некотором расстоянии S_{Pj} от источника уровень звукового давления l не превышает нулевой порог Q.

В итоге получим матрицу зоны распространения $M(S_{Pj})$ акустического шума $M(l_{Pj})$ в свободном пространстве:

$$M(S_{Pj}) = \begin{pmatrix} S_{11} & S_{12} & \vdots & S_{1j} \\ S_{101} & S_{102} & \vdots & S_{10j} \\ S_{501} & S_{502} & \vdots & S_{50j} \\ S_{901} & S_{902} & \vdots & S_{90j} \\ S_{991} & S_{992} & \vdots & S_{99j} \end{pmatrix}.$$

Реализация заложенного в рассмотренную методику принципа анализа позволит оценить, например, на каком расстоянии конкретный исследуемый акустический шум перестаёт распознаваться как некий слабый звуковой сигнал в условиях полной тишины. Применение данной методики позволит осуществить построение карты городских агломераций не только с точки зрения учёта наиболее зашумленных зон, но и с точки зрения прогноза распространения шума вглубь селитебных зон.

Заключение

Метод даёт возможность одновременно наблюдать амплитудно-частотные характеристики не только средних значений шума, но и фоновых (при наступлении временного затишья). Это позволяет оценивать, в каких пределах в каждой зоне контроля флуктуирует уровень шума. Сохранение данных АЧХ фоновых, средних и максимальных характеристик может позволить определить частоту их пиковых значений, а значит и выявить источник, в случае если источник шума точечный. Особое значение метод имеет при анализе городских территорий, на которых плотно соседствуют значимые машиностроительные и иные производства, автотрассы интенсивного движения и селитебные зоны.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №14-08-00186 и во взаимодействии с Администрацией округа Муром Владимирской области.

Литература.

1. Соловьёв Л.П., Булкин В.В., Шарапов Р.В. Существование человека в рамках техносферы / Машиностроение и безопасность жизнедеятельности. 2012, №1(11). -С.31-39.
2. Булкин В.В., Калиниченко М.В., Штыков Е.А., Фильков Д.Е. К вопросу об использовании шумопоглощающих средств на техногенных пространствах / Вестник Тамбовского госуд. ун-та, т.19, вып.5, 2014. –С.1388-1392.
3. Булкин В.В., Соловьев Л.П., Шарапов Р.В., Первушин Р.В., Кириллов И.Н. Проблемы построения систем мониторинга акустошумового загрязнения селитебных зон / Машиностроение и безопасность жизнедеятельности. 2014, №1(19). –С.48-53.
4. Булкин В.В., Кириллов И.Н. Пассивно-активная система мониторинга акустического загрязнения локальной урбанизированной территории / Радиотехнические и телекоммуникационные системы, №4, 2014. –С.48-55.
5. Булкин В.В., Кириллов И.Н. Система мониторинга акустошумового загрязнения селитебных территорий // Труды II Всероссийской научной конференции «Экология и космос» им. акад. К.Я. Кондратьева / Под общ. ред. Ю.В. Кулешова. –СПб.: ВКА им. А.Ф. Можайского, 2015. –С.76-82.
6. Булкин В.В., Кириллов И.Н. Система эколого-метеорологического мониторинга территорий машиностроительных предприятий // Актуальные проблемы современного машиностроения: сборник трудов Международной научно-практической конференции / Юргинский технологический институт. − Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. –С. 402-404.
7. Боголепов И.И., Лаптева Н.А. Шумовая карта городов и агломераций / Инженерно-строительный журнал, № 6, 2010. –С.5-11.
8. ГОСТ Р ИСО 226-2009. Акустика. Стандартные кривые равной громкости / ISO 226:2003. Acoustics — Normal equal-loudness-level contours (IDT). -М.: Стандартинформ, 2010. -16 с.

ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ПРОЦЕССА ОБРАЗОВАНИЯ СВАРОЧНОГО АЭРОЗОЛЯ

В.М. Гришагин, к.т.н., доцент, зав. кафедрой БЖДЭ и ФВ
Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского Томского политехнического университета
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел. (38451) 62401
E-mail: grishagin.v_@list.ru

Интересы современной экологии распространяются не только на область защиты окружающей среды, но и внутренней среды человека. Сварочное производство в этом смысле является объектом многопланового исследования, результаты которого имеют научно-практическую ценность, если взаимоувязываются и учитываются экологический и технологический аспекты проблемы.

Все электродуговые процессы сварки сопровождаются выделением в воздух рабочей зоны сварочного аэрозоля (СА). Токсичные соединения и вредные газы, входящие в состав СА, при попадании через дыхательные пути в организм человека оказывают на него неблагоприятное воздействие. В зависимости от состава СА могут оказывать фиброгенное, токсическое, раздражающее, а также комбинированное действие на организм. При длительном воздействии они могут привести к профессиональным заболеваниям. Характер развития и тяжесть течения профессиональных заболеваний зависит от химического состава, концентрации и длительности воздействия СА [1–3].

Для разработки мероприятий по устранению вредного влияния СА на организм работающих и окружающую среду необходимо более глубоко изучить процессы образования СА, зависимости их химического состава, интенсивности выделения и токсичности от способа сварки и состава сварочного материала, а также состояние вопросов по средствам нейтрализации вредных веществ СА.

Дуговые сварочные процессы по сути протекают в реакторах открытого типа (рис. 1), где под воздействием высоких температур и инфракрасного излучения интенсивно испаряются компоненты покрытий, флюсов и металлы, которые, окисляясь и конденсируясь за пределами сварочной дуги, образуют субмикронные аэродисперсные частицы; происходят термохимические превращения фторидов и кремнефторидов, восстановление углекислого газа либо неполное окисление органических связующих обмазок и пластификаторов с образованием HF и SiF_4, CO; окисляется азот ($N_2 + 0_2 + hv = 2NO$); кислород воздуха превращается в озон ($O_2 + hv <= O^* + O^*$; $O_2 + O^* <= 0_3$). При выполнении работ, связанных с использованием карбида кальция, как правило загрязненного фосфидом кальция, образуется фосфин (PH_3). В случае сварки (резки) покрытых консервантами, краской либо (и) загрязнениями технологического происхождения деталей, узлов, конструкций, материалов в газовую фазу могут выделяться хлористый водород (HC1), хлор ($C1_2$), фосген ($COC1_2$), четыреххлористый углерод ($CC1_4$), трихлорэтилен ($CC1_2$=CHC1), сернистый и серный ангидриды ($S0_2$, $S0_3$), сероводород (H_2S), фосфор (P_4), фосфорный ангидрид (P_20_5), фосфин (PH_3) и другие токсичные соединения.

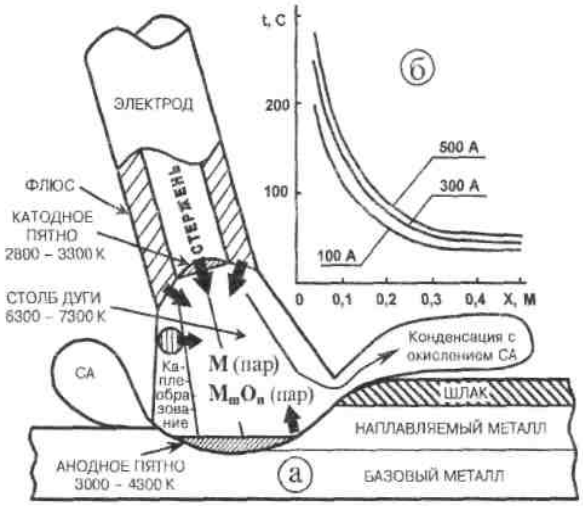


Рис. 1. Механизм образования СА: а – принципиальная схема тепломассообмена; б – радиальное изменение температуры

При электродуговом процессе из-за воздействия на основной металл и материал электрода тепла дуги происходит их плавление и частичное испарение. Образовавшиеся в высокотемпературной зоне пары материала электрода и сварочной ванны выделяются в окружающую среду, имеющую более низкую температуру, где, конденсируясь в твердые частицы, образуют в воздухе взвесь мелкодисперсных частиц, которые за счет аэродинамических сил продолжительное время могут находиться во взвешенном состоянии. Таким образом, по механизму образования СА относятся к аэрозолям конденсации и представляют собой дисперсную систему, в которой дисперсной фазой являются мелкие частицы твердого вещества – твердая составляющая сварочного аэрозоля (ТССА), а дисперсной средой – смесь газов, или газообразная составляющая СА (ГССА).

Как видно из рис. 1а, процессы тепло-массообмена, формирования факела интенсифицируются за счет эжекции продуктов термолиза потоками плазмы и набегающими воздушными потоками. Процесс формирования частиц ТССА заканчивается буквально на границе дугового разряда, о чем свидетельствуют радиальные изменения температуры газо-воздушной среды вне дуги (рис. 1 б) [4].

Морфология, состав аэродисперсных частиц и газовой фазы зависят от состава используемых сварочных материалов и свариваемого металла, разновидности процесса сварки, а количество – от разновидности и режима процесса сварки.

Судя по данным о номенклатуре и валовом выпуске сварочных материалов в странах СНГ в 2010 г. (всего — 315788 т, в том числе сварочных электродов — 252321 т, легированной сварочной проволоки — 31648 т, порошковой проволоки сварочной и наплавочной — 3073 т, сварочного флюса — 28746 т) и с учетом эмиссии СА (около 2 % от количества используемых материалов), выбросы СА в атмосферу в количественном отношении мизерны, а их воздействие распространяется не далее прилегающих к предприятиям территорий.

И все же: "Почему приходится вновь и вновь возвращаться к проблеме защиты окружающей среды и рабочего пространства в сварочном производстве даже в наше время, когда сварочных материалов выпускается почти в три раза меньше?!"

Во-первых, дуговые сварочные процессы относятся к числу весьма вредных, поскольку сопровождаются выделением в газовую фазу токсичных соединений, главным образом, 1 и 2 классов опасности (табл. 1).

Таблица 1

ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны (по ГОСТ 12.1.005-88) [4]

№ п/п	Наименование вещества	пдк, мг/м^3	Класс опасности
1.	Ангидрид хромовый	0,01	I
2.	Хрома оксид (по Cr^{3+})	1,0	II
3.	Марганца оксиды (в пересчете на MnO_2):		
	аэрозоль дезинтеграции	0,3	I
	аэрозоль конденсации	0,05	I
4.	Озон	0,1	I
5.	Водород фтористый (в пересчете на F)	0,5/0,1[1]	II
6.	Кремния тетрафторид (в пересчете на F)	0,5/0,1[1]	II
7.	Водород хлористый	5,0	II
8.	Водород цианистый	0,3	II
9.	Фосфин	0.1	I
10.	Азота оксиды (в пересчете на NO_2)	5,0	III
11.	Углерода оксид	20,0	IV
12.	Хлор	1,0	II
13.	Фосген	0,5	II
14.	Трихлоэтилен	10,0	III
15.	Тетрахлорметан	20,0	II
16.	Бериллий и его соединения (в пересчете на Be)	0,001	I

[1] В числителе максимальная, а в знаменателе среднесменная величина ПДК.

По самым скромным расчетам сварочное производство стран СНГ ежегодно загрязняет, порядка, 1400 км^3 воздуха. Исходя из объективных показателей, сварщики постоянно работают в экстремальных условиях, а профессия сварщика относится к числу особо опасных.

Во-вторых, резкое увеличение объема сварочного производства в 80-90-ые годы прошлого столетия происходило экстенсивными методами. При этом экологические аспекты развития производства всегда рассматривались как второстепенные. В результате - ухудшение санитарно-гигиенической обстановки в рабочей зоне и прилегающих к предприятиям территориях.

В наиболее опасных условиях оказались сварщики ручной дуговой и механизированной способах сварки на нестационарных, плохо вентилируемых рабочих местах, выполняющих сварку с использованием электродов и проволок, содержащих легирующие добавки. Еще более высокую степень воздействия стали испытывать сварщики после внедрения высокопроизводительных порошковых проволок. По данным Института медицины труда АМН РФ средний стаж работы сварщиков перед выходом на пенсию по инвалидности составляет у занятых ручной дуговой сваркой 21,0 + 1,1 года, у работающих на полуавтоматах — 14,4 ± 0,7 года.

Повсеместное внедрение приточно-вытяжной вентиляции в конце 90-х годов прошлого столетия привело к тому, что в СССР только на привод вентиляторов расходовалось ежегодно около 7 млрд. квт.ч электроэнергии, а на нагрев приточного воздуха - почти 8 млн. тонн условного топлива. Очевидно, что в наше время вентиляция на большинстве предприятий в целях экономии эксплуатируется не на полную мощность либо не применяется вообще.

В-третьих, положение на предприятиях не меняется в лучшую сторону прежде всего потому, что не осуществляется в должной мере экологическое сопровождение разработок при создании новой техники, сварочных материалов и технологических процессов. Еще хуже обстоит дело с экологической экспертизой проектов новых сборочно-сварочных цехов: устарели методическое обеспечение и нормативно-техническая документация. Межотраслевая по сути своей проблема, требующая своего решения на каждом предприятии с учетом многопрофильности сварочного производства, многообразия применяемых сварочных материалов и свариваемых металлов, более двадцати лет фактически остается "бесхозной".

Приведенная на рис. 2 схема дает представление о направлениях и содержании организационно-технических мероприятий, выполнение которых позволит создать нормированные условия труда сварщиком и обеспечить предельно-допустимые выбросы СА в атмосферу.

Паллиативные технические решения предполагают:

- удаление сварщика из зоны воздействия сварочного факела (дистанционное управление, автоматизация и роботизация процесса сварки);
- эффективную защиту органов дыхания от воздействия СА при помощи средств индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД);
- локализацию сварочного факела и вентиляцию рабочего пространства с применением переносных и передвижных фильтровентиляционных агрегатов либо стационарных систем вентиляции и газоочистки с целью уменьшения концентрации СА в рабочей зоне и уменьшения нагрузки на окружающую среду.

Для специалистов по сварке особый интерес представляют технологические способы снижения уровня выделения СА II путем совершенствования сварочных материалов, технологий, оборудования и выбора соответствующих режимов сварки. Технологические способы снижения вредных выделений при сварке основаны на использовании закономерностей процессов образования СА.

К факторам, определяющим химический состав и количество выделяющихся СА, в частности при применении распространенных видов дуговой сварки, относят химический состав сварочных материалов и свариваемых металлов, защитных газов и технологические параметры режимов сварки. Поэтому, безусловно, основным способом улучшения гигиенических характеристик сварочных материалов является изменение их химического состава (покрытия и стержня электрода, флюса, сварочной проволоки, защитного газа) и выбор соответствующего режима сварки. Это непростая задача, поскольку главным требованием сварочного процесса остается все же обеспечение качества и требуемых свойств сварного шва. Этим и обусловлено наличие в составе сварочных материалов токсичных химических веществ (марганца, хрома, никеля, фтора и др.), без которых невозможно обеспечить требуемые свойства сварных соединений. Однако, согласно зарубежным и отечественным публикациям, возможности совершенствования гигиенических характеристик сварочных материалов указанным способом все же имеются.

Литература.
1. Горбань Л. Н., Краснюк Е. П., Факторов И. Е. Влияние условий труда на состояние здоровья и заболеваемость работающих в сварочном производстве // Гигиена труда: Респ. межвед. сб. – 1983. – вып. 19. – С. 40–49.
2. Гигиеническая оценка воздушной среды при сварочных работах / Киреев В. И., Мосолов Н. И., Головатюк А. П., Супрун С. А. // Методы оценки производственной среды промышленных предпрятий. – М. : Медицина, 1980. – С. 91–100.
3. Мигай К. В. Гигиена труда, заболеваемость и оздоровительные мероприятия при электросварке в судостроении // Гигиена труда и техника безопасности при электросварочных работах. – М., 1962. – С. 19–27.
4. Эннан А.А. Труды 1-й Международной научно-практической конференции «Защита окружающей среды, здоровье, безопасность в сварочном производстве», 11-13 сентября 2002 г., Физико-химический институт защиты окружающей среды и человека, г. Одесса, «Астропринт», 2002, С. 10.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНЫХ УСЛОВИЙ ТРУДА ПРИ СВАРОЧНЫХ РАБОТАХ В СТЕСНЁННЫХ УСЛОВИЯХ

Ю.И. Булыгин, Д.А. Корончик, Л.Н. Алексеенко
Донской государственный технический университет
г. Ростов-на-Дону,e-mail: bulyur_rostov@mail.ru

Введение. При сварке в замкнутых ограниченных объемах, в трюмах судов, цистернах, резервуарах, колодцах и других стеснённых условиях, где невозможно применить традиционные виды вентиляции, содержание вредных веществ быстро нарастает и значительно превышает величины предельно-допустимых концентраций (ПДК). Исследованиями Института гигиены труда и профзаболеваний АМН установлено, что температура воздуха в замкнутых пространствах объемом 7,5 и 15 м^3 повышалась через 30 мин работы на 6—10°С, а интенсивность теплового облучения по данным многочисленных замеров составляла на уровне лица сварщика 300—450 ккал/м^{2}ч. Таким образом, задача сохранения здоровья сварщиков, при вредном воздействии выбросов вредных веществ, сварочного аэрозоля и избытков теплоты, в так называемых стеснённых условиях является более чем актуальной.

Постановка задачи. Для учёта многообразия влияющих факторов необходимо привлечение математического и компьютерного моделирования процессов распространения вредных веществ и избытков теплоты в помещениях ограниченного замкнутого объёма.

Ранее, авторами была предложена и адаптирована под настоящие цели исследования стандартная k-ε модель турбулентности, подробно описанная в [1]. Для реализации предложенной математической модели было использовано программное обеспечение SolidWorks Flow Simulations, обеспечивающее проведение всех необходимых численных расчетов для исследования процессов распространения вредных веществ и избытков теплоты в производственной среде с учётом завихрений газовоздушных потоков.

На первом этапе исследований в качестве объекта были выбраны условия работы сварщиков ОАО «Ростовгоргаз» (г. Ростов-на-Дону), которые зачастую при подземной проводке газовых сетей и врезках производят сварку в ямах, колодцах в труднодоступных местах. На рис. 1 показан объект исследования - ацетилено-кислородная сварка в квадратной яме глубиной 1,5м, объёмом 24 м^3. Работа производится на открытой местности сварщиком с помощником-наблюдателем. Точность определения параметров состояния воздуха рабочей зоны сварщика, определяется корректностью нахождения источниковых членов в уравнениях модели. Поэтому предварительно были определены как выделения окислов азота при ацетилено-кислородной сварке, так и интенсивности теплового излучения в зависимости от режима сварки. Так, интенсивность выделения оксидов азота менялась от $0,0010756$ г/с до $0,010756$ г/с в зависимости от расхода ацетилена на горелку. Энергия, выделяющаяся в окружающую среду, определялась с учётом экзотермического эффекта реакции горения ацетилена в кислороде и данных эффективной мощности пламени и эффективного к. п. д. процесса нагрева металла в зависимости от расхода ацетилена (опыты Рыкалина Н.Н. и Шоршорова М.Х.). В расчётах выделяющаяся энергия менялась от 0,33 кВт до 14,2 кВт.

Одним из основных факторов, влияющих на загазованность и качество воздуха в колодце, является ветер. В модельных расчётах изменялись величины подвижности воздуха от 1м/с до10 м/с и его направление. В расчётных схемах, учитывались такие схемы движения воздуха, как боковой ветер, ветер спереди и сзади сварщика.

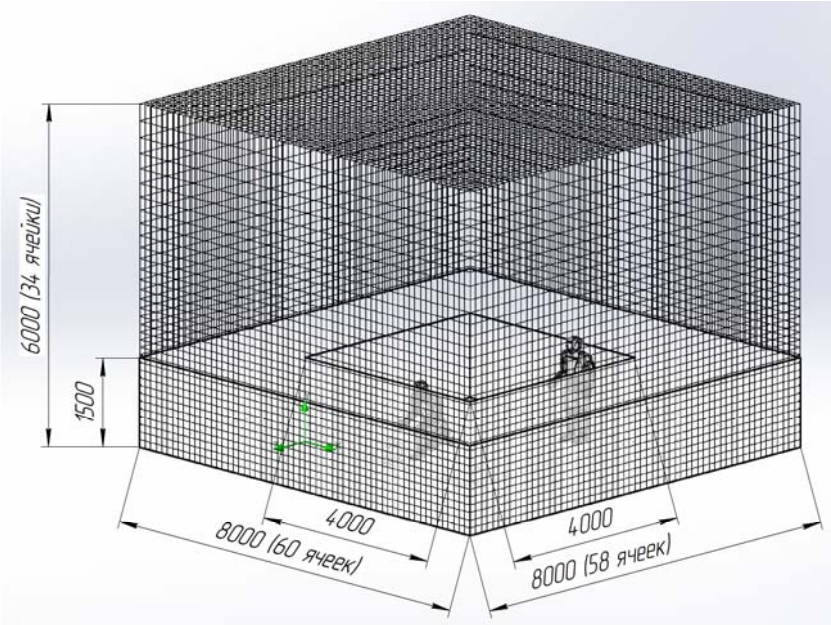


Рис. 1. Объект исследования с геометрическими размерами и нанесённой базовой расчётной сеткой

Результаты модельных расчётов и их обсуждение.

На формирование параметров состояния условий труда сварщика решающее воздействие оказывают аэродинамические процессы, протекающие в рассматриваемом объекте. Поэтому на первом этапе были рассчитаны поля подвижности воздуха. На рис.2 показан пример такой картины полей подвижности воздуха, формируемых в яме глубиной 1,5 м. Поля получены модельным расчётом для случая «ветер сзади», скорость 3 м/с.

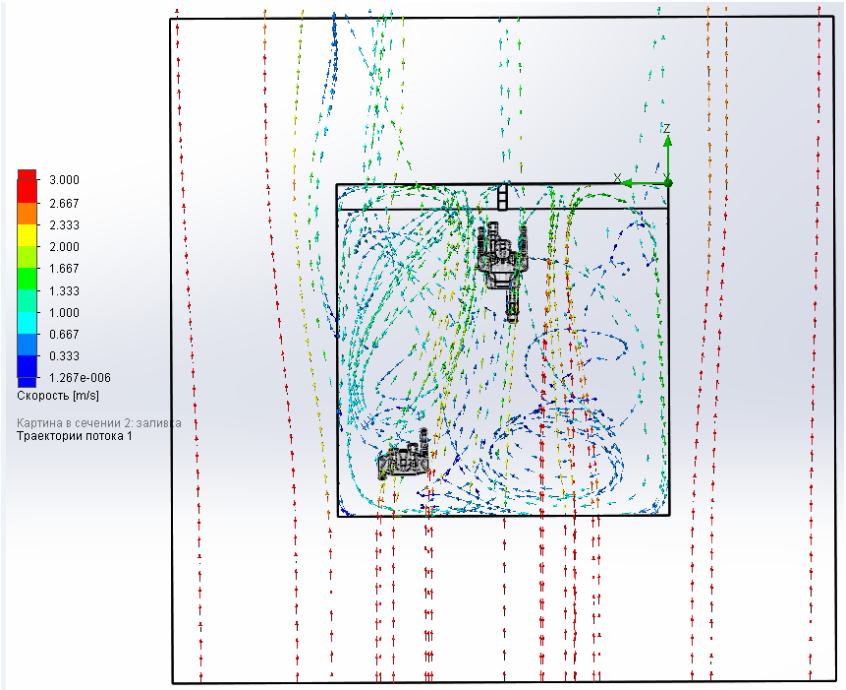
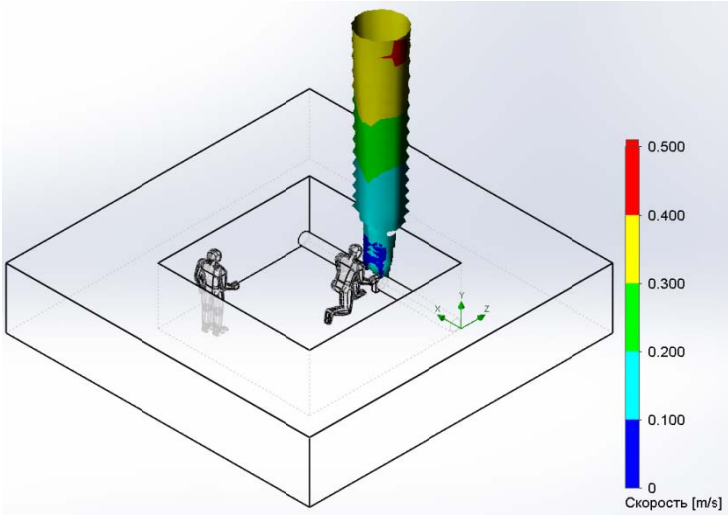


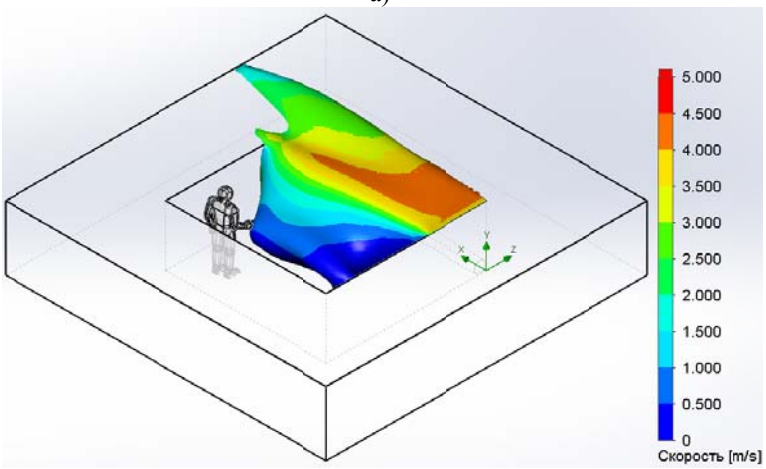
Рис. 2. Вихревые течения воздуха в яме, сформированные при скорости ветра 3 м/с направление сзади (срез сверху)

На рис.3 показаны результаты модельных расчётов полей загазованности, которые формируются в яме, где производится сварка. На рис. 3а показана ситуация при безветренной погоде, а на рис. 3б при боковом ветре скоростью 5 м/с. Контуры области загазованности соответствуют значениям ПДК по оксидам азота и на них также цветами наложены изоповерхности с постоянной скоростью ветра.

Как следует из результатов численного моделирования, наилучшие условия труда сварщика имеют место в безветренную погоду, поскольку устойчивый столб нагретых газов поднимается вертикально вверх со скоростью 0,3-0,5 м/с. Наличие ветра неблагоприятно сказывается на состоянии воздуха рабочей зоны и приводит к росту загазованности. Однако этот процесс также зависит от величины и направления ветра. Ветер определённой силы как бы закручивает сварочные газы и аэрозоли в яме и ухудшает условия работы не только для сварщика, но и для его помощника.



а)



б)

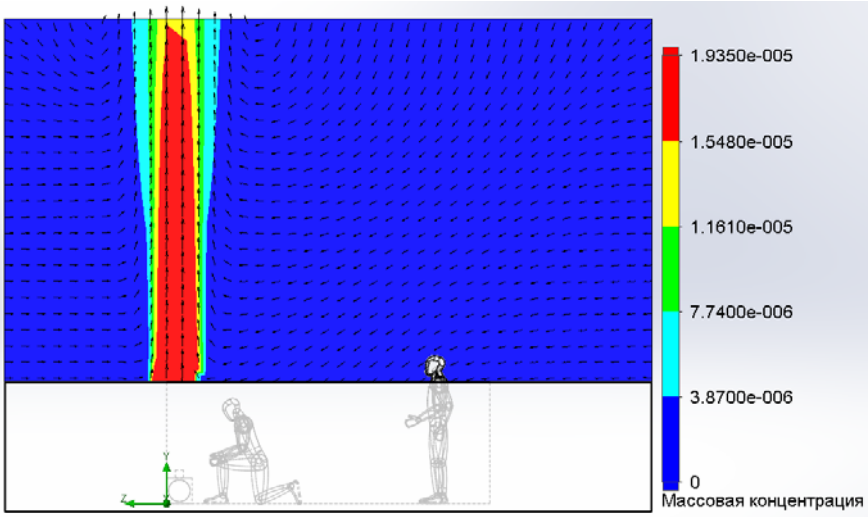
Рис. 3. Загазованность исследуемого объекта при газовой сварке:
а) - на открытой местности в безветренную погоду;
б) - при боковом ветре 5 м/с

Для понимания физической картины загазованности в исследуемом объекте на рис.4а,б представлены плоские вертикальные срезы по концентрациям оксидов азота с указанием вихревых течений воздуха, которые возникают в яме при сварочных работах. Как видно из рис.4б скорость ветра 5 м/с в боковом направлении закручивает сварочные газы в яме и в зоне дыхания сварщика уже действуют концентрации, превышающие санитарно-гигиенический норматив. С целью детального анализа воздействия величины и направления ветра на загазованность и параметры микроклимата воздуха рабочей зоны сварщика и его помощника были произведены серии подобных расчётов в соответст-

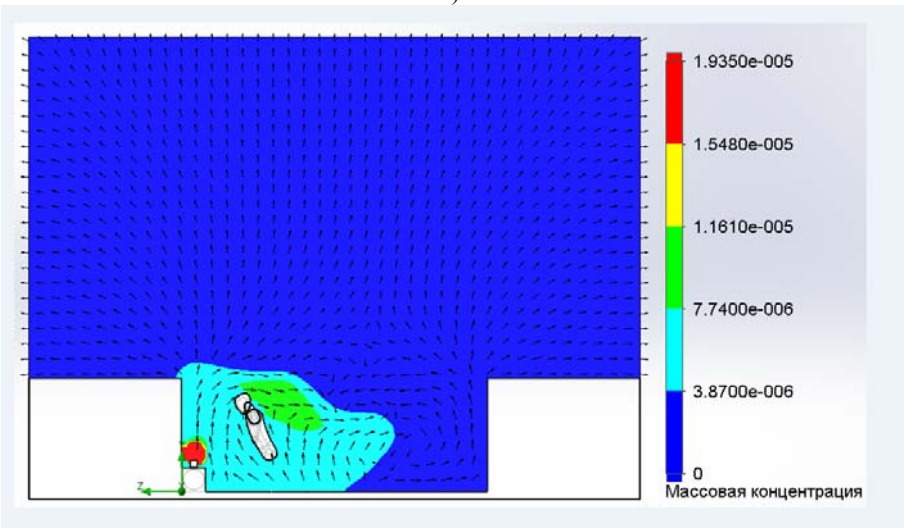
вии с расчётными схемами. Следует заметить, что расчёты полей температур в рабочей зоне произведены в условиях когда температура окружающего воздуха принята $T_0 = 0\ ^0C$.

Результаты модельных расчётов свидетельствуют, что загазованность в яме вначале невелика, но затем увеличивается и при скорости ветра 3 м/с достигает почти 2ПДК. Напротив с ростом скорости ветра до 10 м/с ситуация улучшается. Эти закономерности присущи схемам: «ветер сзади» и «ветер сбоку». При эффективной мощности пламени газовой сварки $Q = 5$ кВт и объёме колодца 24 м^3 рост температуры в рабочей зоне не превышает 4 ^{0}C, что вполне допустимо, однако с ростом Q и уменьшением объёма колодца ситуация ухудшается.

Если в случаях «ветер сзади» и «ветер сбоку» мы не наблюдаем экстремально плохих условий работы сварщиков, то при схеме движения воздуха «ветер спереди» можно выделить опасные ситуации (рис. 4).



а)



б)

Рис. 4. Срезы полей концентраций оксидов азота в воздушной среде исследуемого объекта при производстве сварочных работ:*

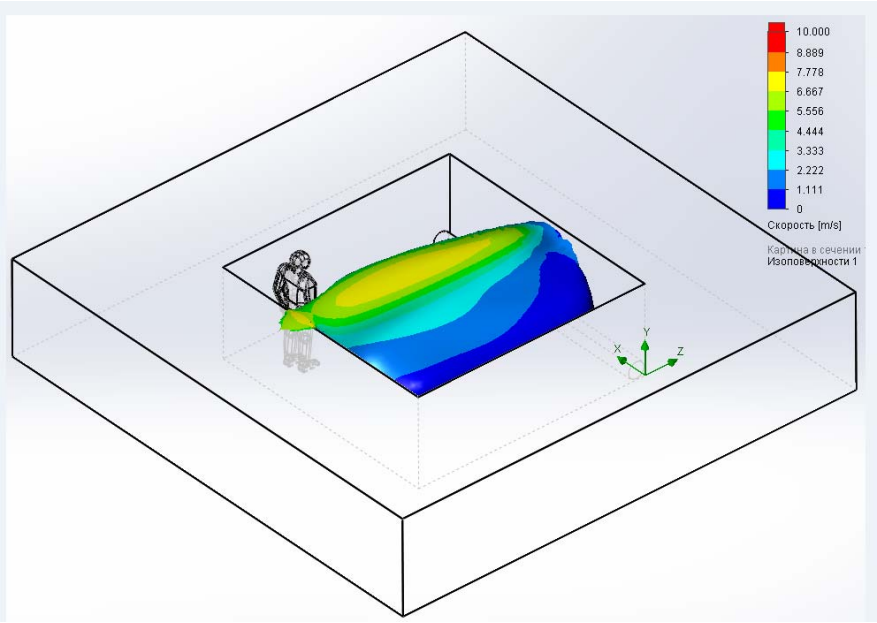
а) - открытой местности в безветренную погоду;

б) - при боковом ветре 5 м/с.

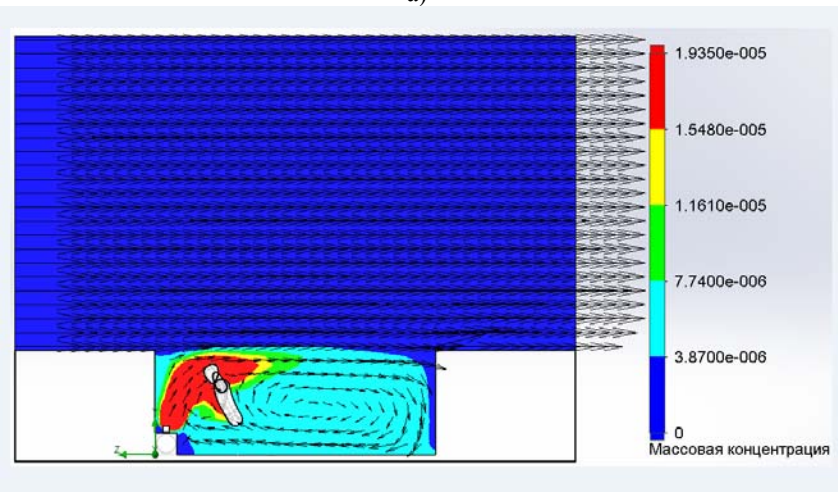
*Примечание: здесь и далее шкала «массовая концентрация» показывает соотношение долей масс веществ. Для получения «концентрации» необходимо полученное расчётное значение умножить на плотность среды. Указанный интервал в переводе на «концентрацию» соответствует интервалу (0-2,5x10^{-5} кг/м^3), что в переводе на ПДК NOx соответствует (0-5 ПДК).

При скорости ветра 10 м/с для сварщика возникает опасная ситуация, когда его лицо попадает в зону загазованности оксидами азота, концентрация выше, чем 11 ПДК, а температура сварочных газов превышает температуру окружающей среды более чем на 20 ^{0}С.

Почему и как это происходит, иллюстрируют рис.5а,б. Мы видим, что сварщик находится в опасной зоне, как по загазованности, так и по температуре, что недопустимо с точки зрения требований безопасных условий труда. Таким образом, направление ветра наряду с величиной скорости является важным фактором распределения концентраций в рабочей зоне.



а)



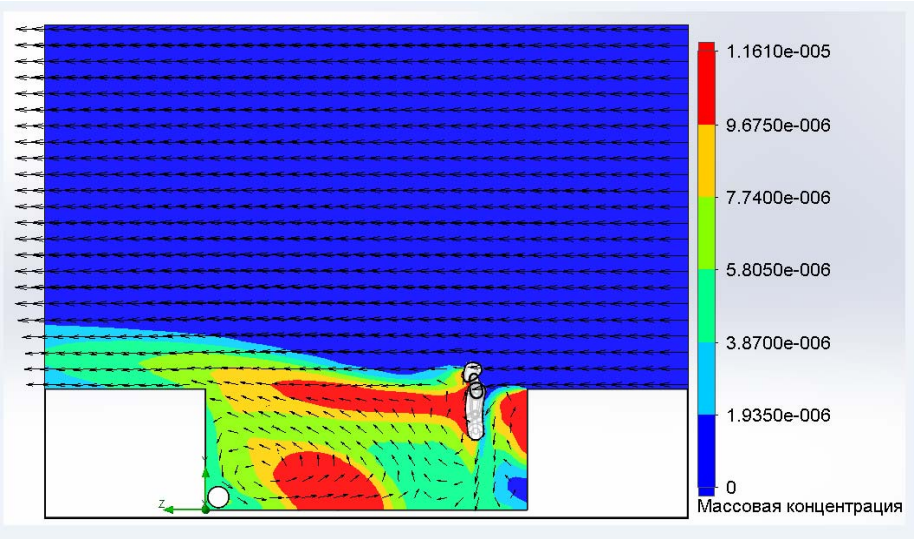
б)

Рис. 5. Поля концентраций оксидов азота в воздушной среде колодца при скорости ветра 10 м/с, «ветер спереди»: а) - объемные; б) - плоские по срезу

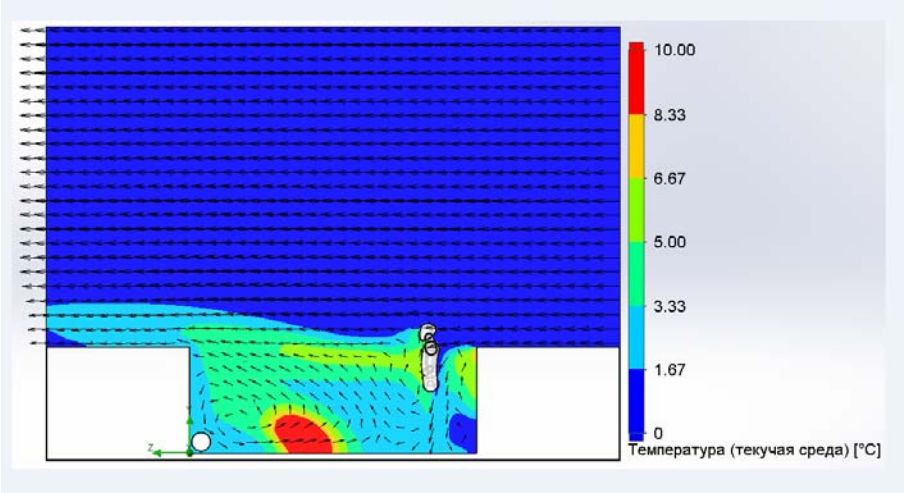
Также были проанализированы опасные ситуации, которые могут возникнуть и действовать на помощника, тем более, что одной из его важных функций является наблюдение за самочувствием работающего сварщика (рис.6). Наиболее опасная для него ситуация при схеме «ветер сзади» величиной 3 м/с. В этом случае превышение над ПДК концентраций NO_x составляет в 2,5 раза, а температура увеличивается на 5^{0}С по сравнению с T_0 (рис.6). Следующим фактором, оказывающим серьёзное влияние на параметры состояния условий труда сварщика является величина эффективной мощности пламени газовой сварки. Как было показано выше эта величина меняется от 0,33 до 14,2 кВт

при данном виде ацетилено-кислородной сварки и зависит от толщины свариваемых материалов и применяемого наконечника газовой горелки. Таким образом, параметры состояния условий труда сварщика можно связать с технологическими характеристиками того или иного вида сварки.

Результаты модельных расчётов при эффективной мощности пламени $Q = 0{,}3$ кВт и объёме колодца 24 м^3 показывают, что с резким уменьшением конвективного потока нагретых сварочных газов максимальные концентрации значительно увеличиваются относительно ПДК и смещаются в область небольших скоростей ветра 1 м/с.



а)



б)

Рис. 6. а) - Поля концентраций оксидов азота в воздушной среде колодца и б) – температурные поля, воздействующие на помощника, при скорости ветра 3 м/с, «ветер сзади»

Полученные результаты позволяют на месте производства сварочных работ в таких объектах со стеснёнными условиями сварки разработать рекомендации по безопасности даже без применения кардинальных мер (например, использование ПВА). Определив на местности направление и скорость ветра, а также параметры и вид сварки можно рекомендовать оптимальные местоположения (рабочие места) для сварщика и его помощника.

Применение переносных вентиляционных агрегатов (ПВА). При выборе ПВА для целей улучшения условий труда сварщиков важно правильно определить расход воздуха вентилятора, а также геометрическое место отсоса относительно места сварки и лица сварщика. Как следует из результатов расчёта (рис.7), при использовании ПВА с производительностью вентилятора L = 500 м^3,

пары оксида азота не полностью улавливаются и часть газов при наличии ветра может попасть в зону дыхания сварщика. Данную ситуацию иллюстрирует рис. 7, на котором изображено направление движения паров оксида азота внутри колодца, с указанием вихревых течений воздуха, которые возникают в яме при сварочных работах. Следовательно, необходимо увеличить производительность ПВА. После того, как производительность вентилятора была увеличена до L=1200 м^3/ч, при том же месте отсоса (примерно 0,4 м от места сварки), мы добились практически полного улавливания отходящих газов. Это продемонстрировано на рис.8, где показан шланг отсоса, идущий от вентилятора, который установлен за пределами ямы (не показан).

После увеличения производительности ПВА до L= 1200 м^3/ч также не наблюдается значительного превышения температуры в зоне дыхания сварщика над температурой окружающей среды, принятой T_0= 0 ^{0}C, так как газы не проникают в рабочую зону сварщика (рис.9).

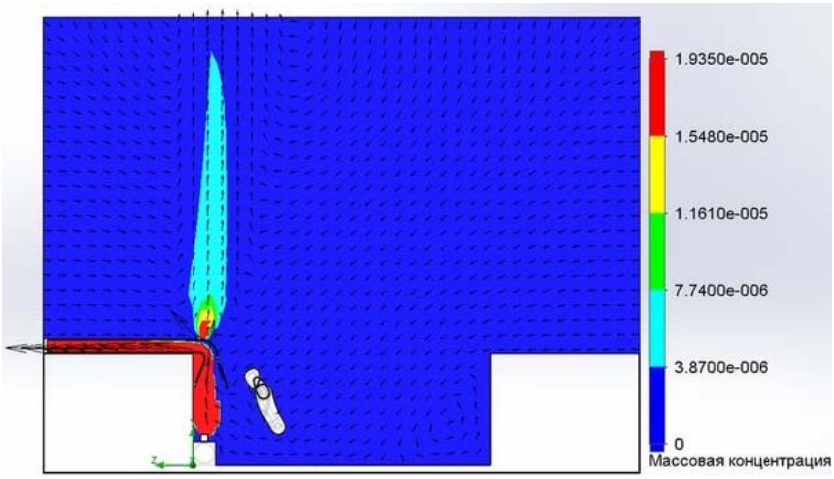


Рис. 7. Плоский срез поля концентраций оксидов азота в воздушной среде колодца при производительности ПВА L=500 м^3/ч

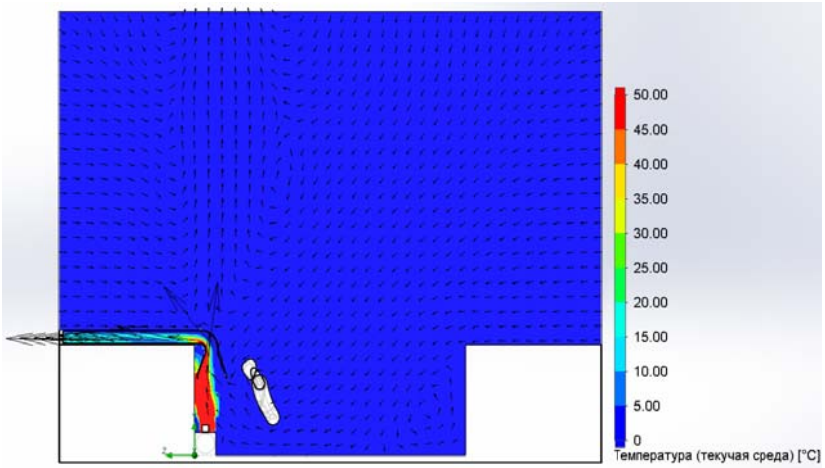


Рис. 8. Плоский срез поля концентраций оксидов азота в воздушной среде колодца при производительности ПВА L=1200 м^3/ч

Таким образом, выбор увеличенной производительности вентилятора до L= 1200 м^3/ч, значительно снижает как загазованность объекта, так и нормализует параметры микроклимата. На практике применяются ПВА с регулируемой производительностью, чтобы в зависимости от режима сварки (выделения вредных газов и избытков теплоты) добиться оптимальных параметров. Другое дело, когда в стеснённых условиях сварщику приходится наклоняться непосредственно над местом выделения сварочных газов и паров. В этом случае место установки вытяжки следует обосновывать тем,

чтобы вредные газы не проходили через зону дыхания сварщика. Например, место отсоса организуют непосредственно у места сварки, но сбоку на расстоянии 0,2-0,4 м.

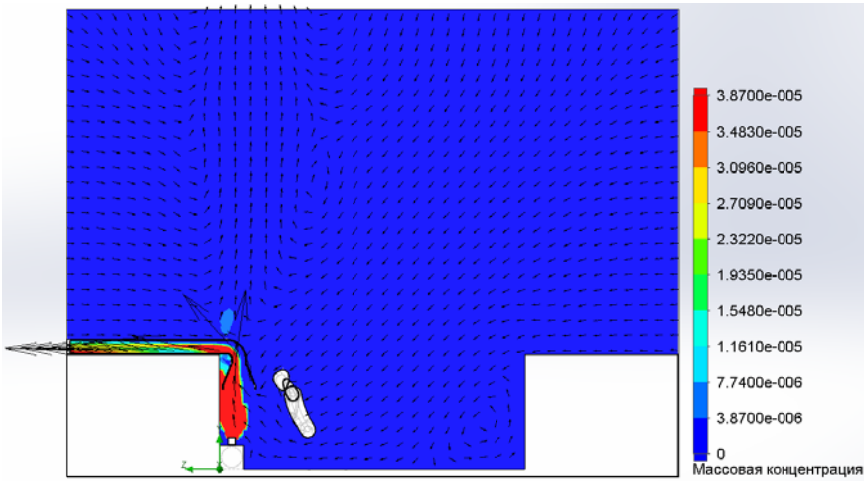


Рис. 9. Температурное поле воздействующее на работника, в присутствии ПВА с производительностью вентилятора L= 1200 м^3/ч

Выводы. Анализ рассмотренных факторов, оказывающих влияние на качество воздуха рабочей зоны, позволяет сформулировать ряд важных положений:

- полученные результаты модельных расчётов нуждаются в экспериментальной проверке в реальных условиях проведения сварочных работ в ОАО «Ростовгоргаз»;
- направление ветра наряду с величиной скорости являются важными факторами распределения концентраций в рабочей зоне, можно найти опасные скорости ветра;
- параметры состояния условий труда сварщика необходимо связать с технологическими характеристиками того или иного вида сварки;
- необходимо разработать и предложить схему работы ПВА, уточнить параметры установки, рассмотреть возможность фильтрования и рециркуляции газов.

Данный комплекс мероприятий обеспечит снижение загазованности и удовлетворительные параметры микроклимата в рабочей зоне сварщика.

Литература.

1. Конечно-элементное моделирование процессов массопереноса загрязнений в производственной среде с учетом завихрений воздушных потоков/ Б.Ч. Месхи, А.Н. Соловьев, Ю.И. Булыгин, Д.А. Корончик// Вестник ДГТУ.-2012.- №6.
2. Рыкалин Н.Н. Расчёты тепловых процессов при сварке. – М.: Машиностроение, 1951, 296 с.

АВТОМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ОСВЕЩЕНИЯ ПЕРВОГО КОРПУСА ЮТИ ТПУ

С.В. Литовкин, ассистент, А.Г. Мальчик, к.т.н., доцент каф. БЖДЭиФВ
Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского Томского политехнического университета
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26
E-mail: Sergeylab@tpu.ru

Истощение природных ресурсов, загрязнение окружающей среды – таковы последствия бурного развития научно-технического прогресса. Уменьшение неблагоприятного воздействия на окружающую среду и на самого человека требует более рационального использования энергии и ресурсов.

В учебных заведения, да и в административных зданиях, очень много энергии расходуется на освещение учебных аудиторий. В данной статье будет рассмотрена возможность рационального и эффективного использования системы освещения в первом корпусе ЮТИ ТПУ. Учебный корпус был построен в послевоенные годы в качестве жилого помещения и в дальнейшем был переоборудован в учебные аудитории. Планировка не была рассчитана за ранее, в связи с чем имеется много темных

коридоров, с малым количеством, а то и с отсутствием окон для естественного освещения в дневное время суток. В таких коридорах приходится применять искусственное освещение, которое используется весь рабочий день. При этом в коридорах может ни кого и не быть, но освещение работает и учитывается счетчиками электрической энергии. Установка систем автоматического отключения освещения повысит эффективность его использовании и уменьшит счета за электроэнергию.

Для системы автоматического отключения и включения системы освещения существует три основных типа датчиков: инфракрасные, освещенности и акустические.

Инфракрасный датчик движение.

Принцип работы основан на отслеживании уровня ИК-излучения в поле зрения датчика. Сигнал на выходе датчика зависит от уровня ИК излучения; при появлении человека, на выходе датчика повышается напряжение. Для того чтобы определить, движется ли объект, в датчике используется оптическая система – линза Френеля. Через линзу формируется сигнал, обрабатывается и выдает команду на исполняющее устройство.

Датчик освещенности.

Датчик освещенности представляет собой устройство с встроенным сенсором освещенности и реле для включения нагрузки. Датчик освещенности не фиксирует передвижения людей, а предназначен для включения и выключения групп светильников по меняющейся степени освещенности внутри и снаружи зданий. Датчики освещенности применяют в основном для решения иного ряда задач, чем датчики движения или присутствия.

Акустический датчик.

Данный тип датчика работает за счет фиксации звуковых колебаний. Звуковые колебания которые издает человек при ходьбе или при открывании дверей фиксируются микрофоном. Дальше сигнал с микрофона поступает на микроконтроллер, который распознает и анализирует сигнал и дает команду на исполняющее устройство.

Существует много фирм, выпускающие эти датчики: Brennenstuhl, Coco, Elro, Glanzen, Iek, Ranex, Rev Ritter, Uniel, Комтех, Camelion и другие. Ценовая категория зависит от технических характеристик датчика, формы, системы крепления и установки, фирмы производителя и находится в диапазоне от 200 до 2000 рублей. Все типы датчиков выполнены на электронных компонентах, имеют большой срок службы, высокую отказоустойчивость и уровень наработки на отказ.

Монтаж датчика достаточно прост, но выполнять его должен электромонтера с группой допуска к электроустановкам до 1000 вольт. Выбор наиболее оптимального места установки датчика необходимо проводить с учетом особенностей его работы и угла обзора оптической системы.

Для первого корпуса ЮТИ ТПУ можно определить следующие места установки датчиков автоматического контроля освещения:

- Коридор входа в уборные и хозяйственный блок (аудитория 11);
- Уборные;
- Коридор возле аудиторий 9 и 8;
- Коридор в холле (левое крыло);
- Коридор возле аудиторий 10, 5, 6;
- Второй этаж (левое крыло аудит. 12 -16);
- Второй этаж (правое крыло аудит. 1-4).

Дальше необходимо определить какой тип датчика будет наиболее эффективно работать. Для этого проанализируем особенности работы как самих датчиков так и корпуса.

Акустические датчики. Данный тип датчиков наиболее дешевый, но в корпусе установка подобных датчиков будет не целесообразной. Это связано с тем, что помещения достаточно маленькие и даже не большой шум слышен в другой части корпуса, следовательно, при закрытии или открытии дверей есть вероятность ложного срабатывания датчиков. Хотя в уборные комнаты такие датчики вполне можно установить.

Датчики движения. Наиболее подходящий датчик. Позволяет четко контролировать необходимость освещения в присутствии людей. Ложное срабатывание возможно при наличии животных и массивных объектов, которые могут двигаться (декоративные растения, шторы).

Датчик освещенности. Как правило используется в системах уличного освещения. В корпусе один может быть установлен только для системы уличного освещения (декоративная подсветка стен корпуса, уличное освещение центрального входа (отсутствует)). В самом корпусе подобный датчик использовать не рационально.

Для корпуса один наиболее рационально будет использование ИК датчика движения и акустические датчики. Перечень мест и установка датчиков:

- Коридор входа в уборные и хозяйственный блок (аудитория 11) . Так как коридор проходной то требуется срабатывание датчика как при входе так и при выходе. Сами выходы расположены на противоположных концах коридора. Наиболее оптимальным будет поставить ИК датчик движения с углом обзора 360°;
- Уборные. В «мужской и женской комнатах», можно установить акустические датчики. Важно как можно точнее откалибровать уровень срабатывания датчика, дабы исключить ложные включения. Так же можно подобрать акустический датчик со встроенным датчиком освещенности, так как в уборной в дневное время суток достаточно много света и нет необходимости включать искусственное освещение;
- Коридор возле аудиторий 9 и 8. Датчик движение с углом обзора 120-180°;
- Коридор в холле (левое крыло). Коридор является проходным и требует установки ИК датчика с углом обзора 360°;
- Коридор возле аудиторий 10, 5, 6. Датчик движение с углом обзора 120-180°;
- Второй этаж (левое крыло аудит. 12 -16). Датчик движение с углом обзора 120-180°;
- Второй этаж (правое крыло аудит. 1-4). Датчик движение с углом обзора 120-180°;

При более детальном рассмотрении уже не посредственно в момент установки может выясниться, что в некоторых местах и вовсе нет необходимости устанавливать датчики. Например, коридор возле аудиторий 9, 8 и коридор в холле (левое крыло) могут быть объединены и задействованы на один датчик.

При установке датчиков автоматического контроля освещения следует особенно подойти к выбору типа источника освещение. Не рекомендуется использовать в таких системах люминесцентные лампы, причем как «трубчатого» типа (дневного света), так и компактные люминесцентные лампы. Это связано с особенностью работы данных ламп, не мгновенный выход на рабочий режим и быстрый выход из строя в результате частой коммутации. Лампы накаливания менее требовательны к частой коммутации, но и на этот тип ламп подобный режим работы не влияет благотворно. Для ламп накаливания можно использовать систему плавного пуска, но это сильно удорожает всю систему.

Наиболее подходящими источниками света являются светодиодные лампы. Частая коммутация не влияет на работу этих источников. Так же они очень экономичны и ресурсоемки. Единственный недостаток светодиодного освещения, это высокая цена таких ламп.

Еще один тип источника света, который тоже подойдет для освещения в режиме частой коммутации это индукционные лампы. Обладают такими же положительными характеристиками, что и светодиодные лампы, но еще с большим сроком службы 60-150 тыс. часов (светодиод 30-100 тыс. часов).

Выводы. Установка системы датчиков автоматического включения позволяет более рационально использовать энергию для освещения. Использования подобной системы позволяет уменьшить потреблении энергии на 10-15%, а установка еще и светодиодных источников освещения позволит увеличить этот показатель. Для покупки всего оборудования требуются капиталовложения и оценка сроков окупаемости. Но с учетом оплаты по коммерческим тарифам за электроэнергию сроки окупаемости должны быть не большие.

Литература.

1. Михайлов В.М., Файн В.Б., К вопросу об эффективности применения автоматически регулируемого совмещенного освещения // Вестник ЧГАА, 2010г., Том 57, С. 122-125.
2. Мишин Д.В., Оценка и сравнение экономической эффективности внедрения современных видов освещения в быту // Транспортное дело России, номер 12, 2011г., С. 9-11.
3. Казаринов Л.С., Вставская Е.В., Барбасова Т.А., Концепция повышения энергетической эффективности комплексов наружного освещения // Фундаментальные исследования, Номер: 12-3, 2011г., С. 553-558.
4. Сайт https://ru.wikipedia.org/
5. Рекомендации по проектированию автоматического управления освещением в зданиях с помощью датчиков присутствия, датчиков движения и датчиков освещения в проекторах систем освещения для экономии электроэнергии. Версия 1.0. Рекомендации разработаны Сассом Д.В., Москва 2012г. С.-38.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИРОДНОГО ЦЕОЛИТА В ПРОЦЕССЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ ФИЛЬТРАЦИИ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ

И. В. Мартемьянова, аспирант
Томский политехнический университет
634050, г. Томск, пр. Ленина, 30, тел. (3822)-60-61-14
E-mail: martemiv@yandex.ru

Введение

При использовании подземной воды возникает проблема очистки её от имеющихся в ней загрязнений [1-2]. Среди различных веществ загрязняющих подземные воды, железо занимает особое место [3-4]. Железо находится в подземной воде в двух валентном состоянии, а при взаимодействии с кислородом воздуха окисляется до трёх валентного состояния. Для очистки подземной воды от содержащегося в ней железа используют различные методы, такие как: отстаивание, каталитическое обезжелезивание, озонирование, сорбция. Одним из наиболее быстрых и эффективных способов для удаления железа из подземной воды, является применение различных сорбентов [5-6]. Для более эффективной очистки воды от железа содержащегося в подземных водах, создают всё новые виды сорбционных материалов, но при усложнении процесса подготовки сорбента, также возрастает его себестоимость. Поэтому может найти самое широкое применение использование более дешёвых природных минеральных сорбентов для очистки подземных вод от содержащегося в них железа [7-8]. В результате этого, является актуальной задачей получение сравнительных характеристик существующих синтетических сорбентов и природных минералов для извлечения ионов железа из водных сред.

В данной работе осуществляется сравнение полученных физико-химических и сорбционных характеристик известного синтетического наноструктурного материала и природного цеолита Чугуевского месторождения.

Материалы и методы исследования

В данной работе были исследованы синтетический и минеральный сорбенты: 1). Сорбент 1, по патенту (RU 2328341 C1, МПК B01J20/06) для очистки воды от ионов тяжёлых металлов, который состоит из измельчённого цеолита, оксогидроксида железа и нанофазного бемита; 2). Цеолит Чугуевский. В экспериментах применялись образцы синтетического и минерального сорбента с фракциями 0,1 – 0,5 мм.

Для оценки физико-химических характеристик исследуемых сорбционных материалов использовали метод тепловой десорбции азота. По данным измерения оценивали площадь удельной поверхности (Sуд) и значения удельного объема пор (P) образцов с использованием анализатора «СОРБТОМЕТР М».

С использованием исследуемых образцов сорбентов были проведены процессы динамической фильтрации из раствора, содержащего ионы Fe^{2+}. Модельный раствор готовился с использованием железа (II) сернокислого 7-водного, на водопроводной воде. Начальная концентрация модельного раствора составляла C = 5,02 мг/дм^3. Процесс динамической фильтрации проводился с использованием водоочистного комплекса, состоящего из: центробежного насоса, ёмкости для исходного раствора, фильтровального модуля (объём 120 см^3) и ёмкости для фильтрата. Все составные части водоочистного комплекса были соединены трубопроводами, на которых находились манометры и расходомер. Масса цеолита Чугуевского месторождения, помещённого в фильтровальный модуль составляла 134,8 г. Сорбент 1, загруженный в фильтровальный модуль, для дальнейших динамических испытаний, составлял по массе 122,1 г. Исходные и конечные концентрации ионов железа в растворах определяли методом фотоколориметрии.

Результаты и их обсуждение

Производили сравнительный анализ исследуемых образцов сорбционных материалов, при определении их структурных характеристик. В табл. 1 представлены некоторые физико-химические параметры представленных сорбентов: химический состав, удельная поверхность и удельный объём пор.

Таблица 1

Химический состав, удельная поверхность, удельный объём пор образцов сорбционных материалов

Образец	$S_{уд}$, м^2/г	P, см^3/г	Химический состав, %
Сорбент 1	77,2	0,13	FeOOH, AlOOH, (Na, K_2)O•Al_2O_3•10SiO_2•8H_2O
Цеолит Чугуевский	23,4	0,01	(Na, K_2)O•Al_2O_3•10SiO_2•8H_2O

Как видно из таблицы 1, наибольшей удельной поверхностью обладает образец сорбента 1. Примерно в два с половиной раза меньшую поверхность имеет цеолит Чугуевского месторождения. Гораздо больший удельный объём пор имеет сорбент 1, по сравнению с Чугуевским цеолитом.

В работе определена эффективность исследуемых сорбционных материалов при извлечении ионов Fe^{2+} из модельного раствора. На графике 1 представлены сорбционные свойства рассматриваемых сорбентов при проведении процесса динамической фильтрации.

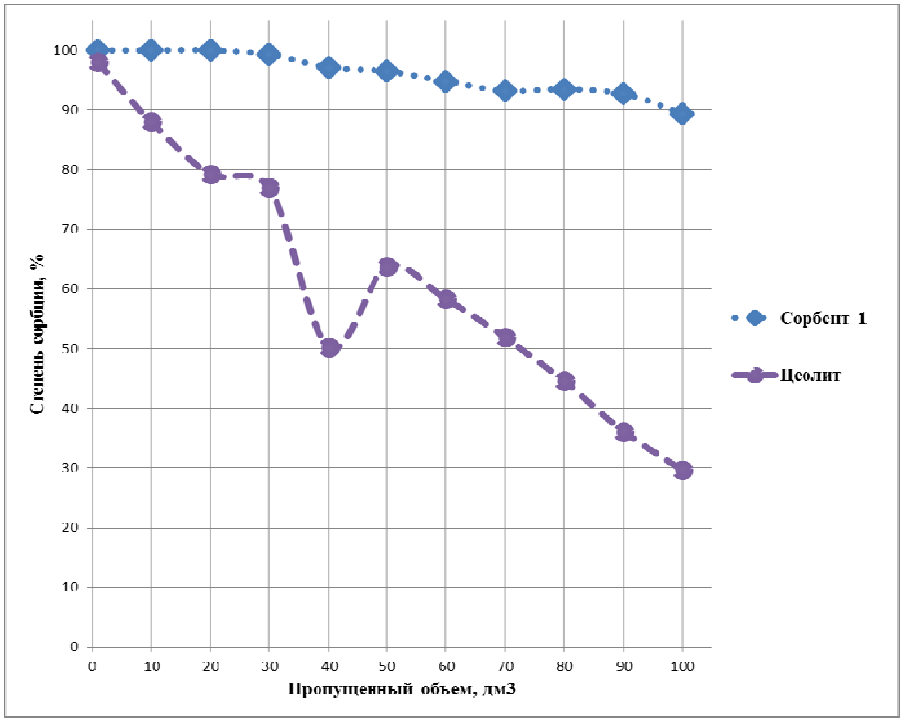


Рис. 1. Сравнение сорбционных характеристик синтетического сорбента и природного цеолита Чугуевского месторождения, при извлечении ионов Fe^{2+} из водных растворов в динамическом режиме

Как видно из графика 1, лучшей сорбционной способностью при извлечении ионов Fe^{2+} обладает синтетический сорбент. По результатам эксперимента динамической адсорбции, природный цеолит Чугуевского месторождения показал гораздо худшие сорбционные свойства при извлечении ионов Fe^{2+}, по сравнению с синтетическим сорбентом. Тем не менее, природный цеолит Чугуевского месторождения очищал модельный раствор от ионов Fe^{2+} при пропускании 100 дм^3 среды. Степень очистки снизилась с 97 % сорбции до 30 %. При пропускании раствора в диапазоне от 40 до 50 дм^3, наблюдается повышение сорбционной способности цеолита с 50 % до 65 %. Это можно объяснить тем, что железо из раствора, улавливаемое в слое загрузки, окисляясь, переходит из Fe^{2+} в Fe^{3+}, с образованием FeOOH (оксогидроксид железа). Оксогидроксид железа, находясь в слое цеолита, начинает сорбировать на себя фильтруемые ионы Fe^{2+}, привнося вклад в сорбционные возможности слоя цеолита.

Выводы

По итогам проведённых исследований определены сравнительные физико-химические характеристики представленных синтетического и минерального сорбентов. В результате проведения сорбционных процессов в динамических условиях выяснили, что минеральный сорбент цеолит Чугу-

евского месторождения обладает более худшими сорбционными свойствами при извлечении ионов Fe^{2+} из модельного раствора, по сравнению с синтетическим материалом. Минеральный сорбент, возможно применять при длительных процессах осадительной сорбции, так как при малом времени контакта с загрязнённым раствором, они практически не эффективны.

Литература.

1. Родионов А. И. Техника защиты окружающей среды: учебник для вузов / А. И. Родионов, В. Н. Клушин, Н. С. Торочешников. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Химия, 1989. – С. 512.
2. Мазур И. И., Молдаванов О. И., Шишов В. Н. Инженерная экология. Общий курс. Справоч. пособие/ Под ред. И. И. Мазура. – М.: Высш. школа, 1996. – Т.2. – 638 с.
3. Николадзе Г. И. Обезжелезивание природных и оборотных вод. – М.: Стройиздат, 1978.
4. Крайнов С. Р., Рыженко Б. Н., Швец А. М. Геохимия подземных вод. Теоретические, прикладные и экологические аспекты. М.: Наука, 2004. 677 с.
5. Жантуаров С. Р., Умирзаков А. Г., Мартемьянов Д. В. Определение сорбционных характеристик природных цеолитов различных месторождений, по извлечению ионов железа из водных сред // Перспективы развития фундаментальных наук: Тезисы докладов X Международной конференции студентов и молодых учёных. - Россия, Томск, 23–26 апреля 2013. - с. 312-314.
6. Смирнов А. Д. Сорбционная очистка воды /А. Д. Смирнов. – Л.: Химия, 1982. – 168 с.
7. Дубинин М. М., Ложкова Н. С. Особенности адсорбционных свойств клиноптилолита. В.кн.: Клиноптилолит. Тбилиси: Мацниереба, 1977. - С. 148-154.
8. Сухотина Е. А., Бузаева М. В., Халиуллин Ф. Ф., Худяков А. В., Климов Е. С. Очистка воды цеолитсодержащей породой // Естественные и технические науки. – 2010. – № 6. – С. 618 – 619.

ПРОФИЛАКТИКА ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ООО «ЗАВОД ТЕХНОНИКОЛЬ-СИБИРЬ»

Н.Ю. Луговцова, ассистент, Н.А. Ососова, студент

Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского Томского политехнического университета

652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел. (38451) 7-77-64

E-mail:lnyu-70583@bk.ru

Ни для кого не секрет, что пожары чаще всего происходят от беспечного отношения к огню самих людей. Пожары наносят громадный материальный ущерб и в ряде случаев сопровождаются гибелью людей. Проблема гибели людей при пожарах – это предмет особого беспокойства. Поэтому защита от пожаров является важнейшей обязанностью каждого члена общества и проводится в общегосударственном масштабе. Решение данной проблемы требует реализации комплекса научных, технических и организационных задач.

Противопожарная защита имеет своей целью изыскание наиболее эффективных, экономически целесообразных и технически обоснованных способов и средств предупреждения пожаров и их ликвидации с минимальным ущербом при наиболее рациональном использовании сил и технических средств тушения.

Пожарная безопасность – это состояние объекта, при котором исключается возможность пожара, а в случае его возникновения используются необходимые меры по устранению негативного влияния опасных факторов пожара на людей, сооружения и материальные ценности. Пожарная безопасность может быть обеспечена мерами пожарной профилактики и активной пожарной защиты. Пожарная профилактика включает комплекс мероприятий, направленных на предупреждение пожара или уменьшение его последствий. Активная пожарная защита – меры, обеспечивающие успешную борьбу с пожарами или взрывоопасной ситуацией.

Система обеспечения пожарной безопасности – это совокупность сил и средств, а также мер правового, организационного, экономического, социального и научно-технического характера, направленных на борьбу с пожарами.

Производственные объекты отличаются повышенной пожарной опасностью, так как характеризуются сложностью производственных процессов, наличием значительного количества сжиженных горючих газов, твердых сгораемых материалов, большой оснащенностью электрических установок и т.д.

Пожар может привести к очень неблагоприятным последствиям (потеря ценной информации, порча имущества, гибель людей и т.д.), поэтому на рабочем месте необходимо выявлять и устранять

все причины возникновения пожара, разрабатывать план мероприятий по ликвидации пожара в зданиях, иметь план эвакуации людей из здания.

Персональная ответственность за пожарную безопасность на предприятии ООО «Завод ТехноНИКОЛЬ-СИБИРЬ» возложена на руководителя предприятия.

Руководитель предприятия обязан обеспечить неукоснительное выполнение правил, норм, условий и ГОСТов пожарной безопасности при эксплуатации подчиненного ему объекта. Он обязан организовать пожарную охрану, добровольную пожарную дружину, пожарно-техническую комиссию и руководить ими; предусматривать ассигнования на меры пожарной безопасности, приобретение средств пожаротушения. Руководитель назначает лиц, ответственных за пожарную безопасность объектов и структурных подразделений, за проведение противопожарного инструктажа и т.д.

Руководитель предприятия имеет право налагать дисциплинарные взыскания на нарушителей противопожарного режима и ставить вопрос о привлечении виновных к судебной ответственности.

Инженерно-технические работники и административно-хозяйственный персонал предприятия должны следить на своих участках за соблюдением пожарной безопасности. Каждый из них должен знать степень пожарной опасности технологических процессов, применяемых веществ и материалов и выполнять правила и требования противопожарного режима.

Главный инженер, начальники цехов, мастера, заведующие складами, лабораториями полностью отвечают за пожарную безопасность при выполнении всех видов работ, и за безопасную эксплуатацию технологического и вспомогательного оборудования, систем вентиляции, отопления, освещения, электроустановок и др.

Все рабочие, ИТР и административно-хозяйственные работники при оформлении на работу проходят первичный инструктаж по пожарной безопасности и инструктаж по пожарной безопасности на рабочем месте. Лица, на которых возложено проведение инструктажа и порядок его проведения, утверждаются приказом руководителя предприятия.

Все случаи возгораний и пожаров независимо от их масштаба расследуются комиссией, состоящей из представителей администрации, общественных организаций предприятия и местных органов Госпожнадзора.

Изучение статистических материалов о возгораниях, пожарах и взрывах позволяет выявлять их причины и разрабатывать соответствующие меры их предупреждения.

Пожарная профилактика представляет собой комплекс организационных и технических мероприятий, направленных на обеспечение безопасности людей, на предотвращение пожара, ограничение его распространения, а также создание условий для успешного тушения пожара. Для профилактики пожара чрезвычайно важна правильная оценка пожароопасности здания, определение опасных факторов и обоснование способов и средств предупреждения пожара и защиты.

Одно из условий обеспечения пожарной безопасности – ликвидация возможных источников воспламенения.

На предприятии ООО «Завод ТехноНИКОЛЬ-СИБИРЬ» источниками воспламенения могут быть:

– нарушение технологического процесса;

– неосторожное обращение с огнем (курение в цехах, складах и других помещениях, где используются горючие материалы, ЛВЖ и ГЖ);

– использование паяльных ламп и факелов для разогревания труб, несоблюдение правил пожарной безопасности при электро- и газосварочных работах;

– неисправность электрооборудования, электросетей и электроаппаратуры (возгорание происходит в основном вследствие перегрузки электросети, коротких замыканий, загрязнения электрооборудования бумажной пылью и смазочными маслами, больших переходных сопротивлений);

– самовозгорание промасленных обтирочных материалов, бумажных обрезков, металлических и древесных опилок и т.п.;

– накопление горючей пыли на отопительных приборах и осветительной арматуре, складирование и сушка горючих материалов вблизи топок.

Для исключения возникновения пожара по этим причинам на предприятии вовремя выявляют и устраняют неисправности, проводят плановый осмотр и своевременно устраняют все неисправности. Для этого необходимо:

– своевременно проводить ремонт электроприборов;

– качественно исправлять поломки;

– не использовать неисправные электроприборы;

– не обогревать помещения электронагревательными приборами с открытыми нагревательными элементами, которые могут привести к пожару;

– для предотвращения короткого замыкания в электропроводке, необходимо, чтобы электропроводка была скрытой;

– для исключения попадания в здание в летний период во время грозы молнии необходимо проверять наличие на крыше здания молниеотвода;

– курение в помещении и несоблюдение мер пожарной безопасности также может привести к пожару. Курение разрешено только в строго отведенном для этого месте.

В целях предотвращения пожара на предприятии с персоналом проводится противопожарный инструктаж, на котором знакомят работников с правилами противопожарной безопасности, а также обучают правильному использованию первичных средств пожаротушения [1].

В ноябре 2012 года на предприятии ООО «Завод ТехноНИКОЛЬ-Сибирь» по существующей кровле над действующим производством осуществлен монтаж ленточных фонарей. В конструкцию ленточного фонаря интегрированы люки дымоудаления, обеспечивающие эффективный вывод дыма, ядовитых испарений и тепла из помещения. Использование люков позволяет сдерживать повышение температуры при возгорании и распространение продуктов горения внутри помещения, тем самым обеспечивая в экстремальной ситуации пожарным доступ к очагу возгорания для его быстрой локализации. При пожаре люки открываются автоматически (рис. 1) [2].

Рис. 1. Фонари, смонтированные в Юрге на заводе ООО «Завод ТехноНИКОЛЬ-Сибирь»

На ООО «Завод ТехноНИКОЛЬ–СИБИРЬ» 25 ноября 2014 проводили пожарно-тактические учения. По замыслу в цехе по производству рулонных материалов произошло загорание исходного битумного полотна. Причиной послужило нарушение технологического процесса. Создалась угроза распространения пожара по всей площади производственной линии и задымления помещений. Сработала пожарная сигнализация. Администрация объекта приступила к действиям, предусмотренным инструкцией на случай возникновения пожара. Пожарно-тактические учения позволили проверить правильность действий представителей объекта в случае пожара, готовность подразделений Юргинского гарнизона пожарной охраны к тушению пожаров на объекте по производству кровельных материалов, а также взаимодействие служб жизнеобеспечения города. Все участники учений с поставленными задачами справились.

На предприятии ООО «Завод ТехноНИКОЛЬ-СИБИРЬ» широко применяются легковоспламеняющиеся вещества, различного рода излучения, технологические процессы, зачастую сопровождающиеся значительными уровнями шума, вибрации, ультра- и инфразвука, жесткими и стабильными параметрами микроклимата, большинство операций производится в условиях высокого зрительного напряжения, запыленности и загазованности.

В то же время на предприятии используется высокомеханизированное и автоматическое оборудование, поточно-механизированные линии и другие современные станки и оборудование. В связи с этим увеличивается потенциальная опасность возникновения травмоопасных ситуаций, степень риска возникновения профессионального заболевания, существенного воздействия условий труда на состояние здоровья работающих.

Иными словами, все это разнообразие, сложность и новизна технологий определяют в свою очередь многообразие, сложность и новизну проблем безопасности, причем решать их часто приходится в сжатые сроки, не прерывая производство.

Сложность технологических процессов, высокие требования к точности технологических режимов в значительной мере исключают возможность непосредственного воздействия на технологические процессы для повышения безопасности, т. е. исключается «борьба в источнике».

Поэтому центр тяжести мероприятий переносится на создание новых технологий, а также устройств снижающих вредное влияние технологических процессов на обслуживающий персонал, на создание эффективных организационных и управленческих воздействий.

Таким образом, учитывая вышеизложенное, можно говорить об актуальности, необходимости и одновременно значительной методологической сложности изучения проблем производственной безопасности.

Литература.

1. «Завод ТехноНИКОЛЬ-СИБИРЬ», ООО // Кемеровская область» г.Юрга [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.rusprofile.ru/id/2554757. (Дата обращения: 25.03.2015).
2. «Leron» система безопасности, ООО // «ТД «Лерон» - производство зенитных фонарей [Электронный ресурс]. – Режим доступа:http://www.leronplast.ru/catalog/belt-lights.html. (Дата обращения: 25.03.2015).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФИЛЬТРОВАЛЬНОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ ВОДЫ С ЦЕЛЬЮ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ИОНОВ Fe^{2+} И Fe^{3+}

И. В. Мартемьянова, аспирант
Томский политехнический университет
634050, г. Томск, пр. Ленина, 30, тел. (3822)-60-61-14
E-mail: martemiv@yandex.ru

Введение

Проблема очистки воды от различных загрязнений имеет серьёзное значение в современной экологии [1-2]. Известно, что в воде присутствуют различные виды загрязнений, такие как: механические, химические, микробиологические [3-4]. Наиболее опасными примесями, находящимися в гидросфере, являются химические и микробиологические загрязнения. Одними из наиболее распространённых химических загрязнителей воды, являются соединения железа. Железо находится в воде в двух валентном состоянии, а при взаимодействии с кислородом воздуха окисляется до трёх валентного состояния. Одним из распространённых методов, по удалению из воды Fe^{2+} и Fe^{3+}, является применение различных сорбентов [5-6]. Для удаления микробиологических загрязнений из воды, возможно, применять фильтровальные материалы с модифицированным зарядом поверхности. Данные материалы способны эффективно удалять бактерии и вирусы из водных сред, в результате процесса электрокинетической адсорбции. Не зависимо от того, какие воды подвергаются очистке, природные, или сточные, в них могут находиться как соединения железа, так и микробиологические загрязнения. Поэтому представляет интерес работа по использованию известного микробиологического адсорбента, на основе целлюлозы модифицированной нановолокнами оксогидроксида алюминия, для извлечения из воды ионов Fe^{2+} и Fe^{3+} [7].

В данной работе осуществляется исследование физико-химических свойств и сорбционных характеристик известного фильтровального наноструктурного материала при извлечении ионов Fe^{2+} и Fe^{3+}.

Материалы и методы исследования

В работе был исследован наноструктурный фильтровальный материал на основе целлюлозы модифицированной наночастицами оксогидроксида алюминия.

Для оценки морфологии модифицированной поверхности у исследуемого образца фильтровального материала использовали метод просвечивающей электронной микроскопии (просвечивающий электронный микроскоп JEM-2100F (JEOL, Япония) с системой пробоподготовки EM-09100IS Ion Slicer. При взаимодействии электронного пучка с образцом фильтровального материала электроны, проходящие вблизи атомов вещества объекта, отклоняются в направлении, определяемом его свойствами. Этим главным образом и обусловлен видимый контраст изображения. Кроме того, электроны могут еще претерпеть неупругое рассеяние, связанное с изменением их энергии и направления, пройти через объект без взаимодействия или быть поглощенными объектом. При поглощении электронов веществом возникает световое или рентгеновское излучение либо выделяется тепло. Если образец достаточно тонок, то доля рассеянных электронов невелика. Конструкции современных микроскопов позволяют использовать для формирования изображения все эффекты, возникающие при взаимодействии электронного луча с объектом.

Исследуя величину удельной поверхности (Sуд) и удельный объём пор (Р) фильтровального материала, применяли метод тепловой десорбции азота (БЭТ), с использованием анализатора «СОРБТОМЕТР М». Прибор «СОРБТОМЕТР М» обеспечивает измерения удельной поверхности при различных парциальных давлениях газа-адсорбата по методу БЭТ в соответствии с ГОСТ 23401-90 и методу STSA, что позволяет дополнительно определять объем микропор и суммарный объем мезо- и макропор испытуемых образцов.

Проводились процессы сорбции в статических условиях с использованием магнитной мешалки. Для проведения эксперимента брали навеску исследуемого фильтровального материала массой 0,5 г, помещали её в стеклянный стакан объёмом 100 см^3 и заливали 50 см^3 модельного раствора. Процесс осадительной сорбции проводили при времени контакта: 1, 5, 15, 30, 60 и 150 минут. После проведения процесса сорбции, адсорбат отфильтровывали от сорбента на бумажном фильтре «синяя лента». Образцы фильтровального материала тестировались на модельных растворах содержащих ионы Fe^{2+} и Fe^{3+}. Модельный раствор содержащий ионы Fe^{2+} готовили с использованием железа (II) сернокислого 7-водного, а раствор с наличием ионов Fe^{3+} получали с применением ГСО состава раствора ионов железа. При приготовлении модельных растворов применяли дистиллированную воду. Начальная концентрация модельного раствора содержащего ионы Fe^{2+} составляла С = 15,58 мг/дм^3, а концентрация раствора с ионами Fe^{3+} была С = 11,3 мг/дм^3. Начальные и конечные концентрации ионов железа в растворах определяли методом фотоколориметрии.

Результаты и их обсуждение

На рисунке 1 представлена микрофотография исследуемого фильтровального материала на основе целлюлозы модифицированной нановолокнами оксогидроксида алюминия при увеличении в 58000 раз.

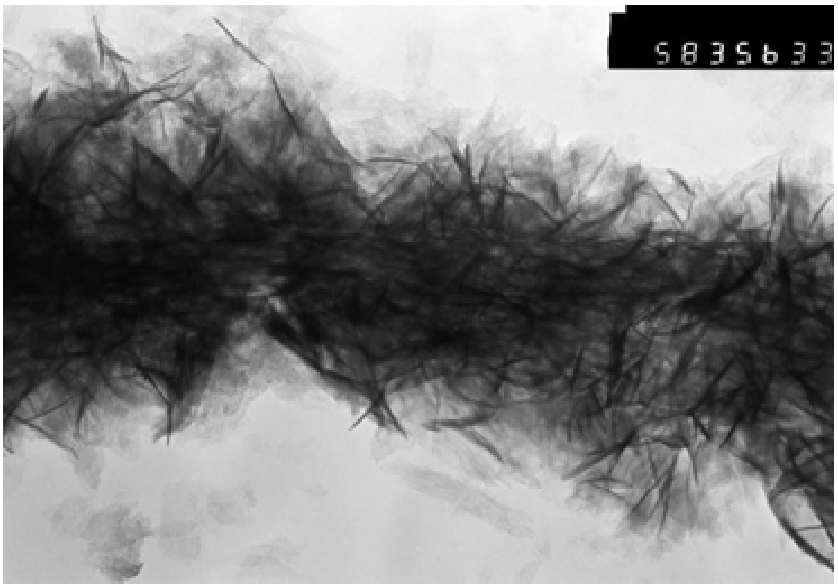


Рис. 1. Микрофотография фильтровального материала (увеличение в 58000 раз)

Электронная микроскопия показала, что образец исследуемого фильтровального материала, представляет собой волокна, равномерно покрытые несферическими (игольчатыми) образованиями оксогидроксида алюминия. Величина образований составляет до 150 - 200 нм.

Проводили исследования свойств образцов фильтровального материала. В таблице представлены некоторые физико-химические параметры исследуемого фильтровального материала: влажность, величина удельной поверхности и удельный объём пор.

Таблица

Влажность, удельная поверхность, удельный объём пор образцов наноструктурного фильтровального материала

Образец	Влажность, % масс	$S_{уд}$, м^2/г	Р, см^3/г
На целлюлозе	6 ± 2	62,3	0,027

Как видно из таблицы, у исследуемого образца фильтровального материала имеются небольшие значения по влажности и значительные величины удельной поверхности и удельного объёма пор.

В работе определена эффективность исследуемого фильтровального материала при извлечении ионов Fe^{2+} и Fe^{3+} из модельных растворов. На рисунке 2 представлены сорбционные свойства исследуемого фильтровального материала при извлечении ионов Fe^{2+} из модельного раствора.

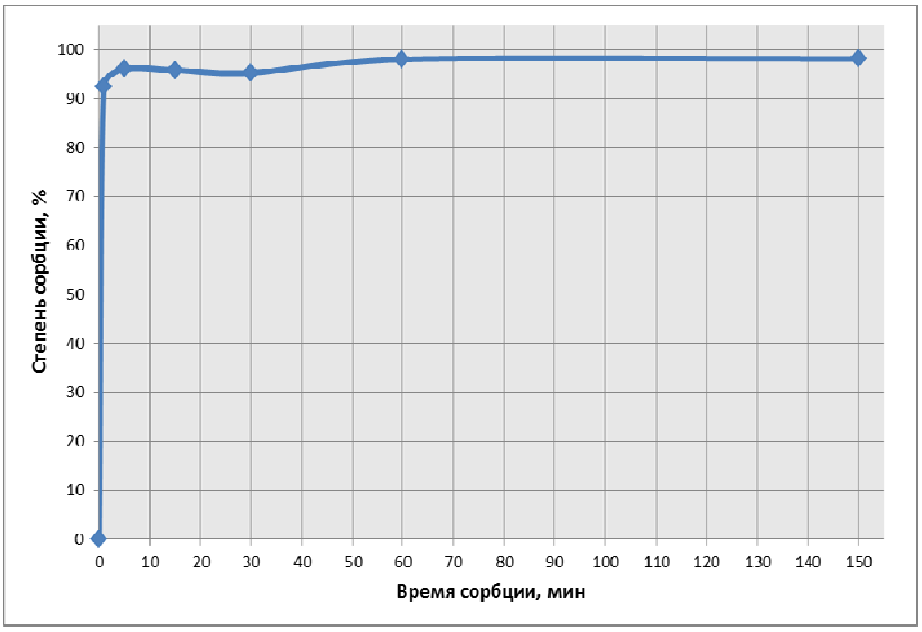


Рис. 2. Сорбционные свойства фильтровального материала при очистке модельного раствора от ионов Fe^{2+}

Как видно из рисунка 2, высокая сорбционная способность фильтровального материала проявляется уже на первой минуте процесса сорбции. При более длительном времени контакта наблюдается незначительное увеличение степени сорбции при извлечении ионов Fe^{2+} из модельного раствора.

На рисунке 3 представлен график зависимости сорбционной способности фильтровального материала при извлечении ионов Fe^{3+} из модельного раствора, при разном времени контакта сорбент-раствор.

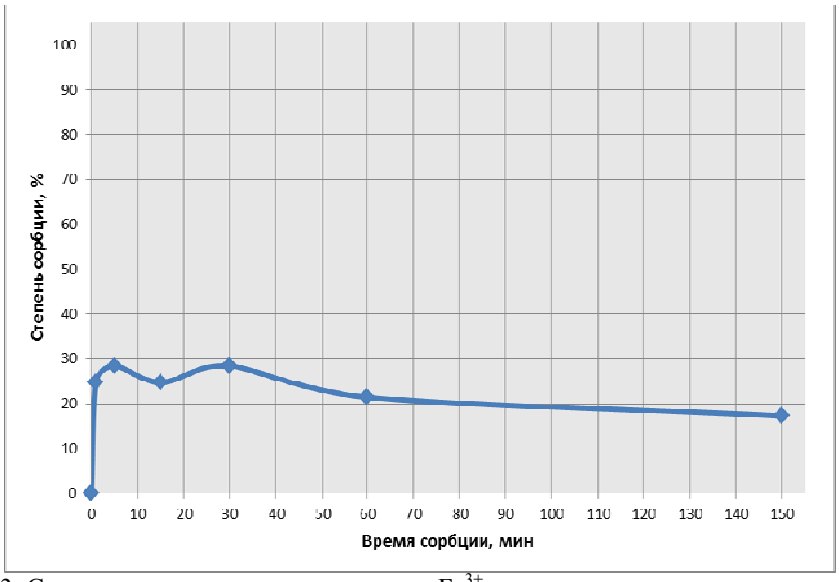


Рис. 3. Степень очистки раствора от ионов Fe^{3+} в зависимости от времени контакта

На графике видно, что максимальная сорбционная активность фильтровального материала при извлечении ионов Fe^{3+} наблюдается уже при 5 минутах процесса статической сорбции. Через 30 минут с начала эксперимента наблюдается некоторое снижение сорбционной активности фильтровального материала.

Выводы

При оценке морфологии модифицированной поверхности у фильтровального материала удалось определить, что исследуемый образец представляет собой волокна, равномерно покрытые несферическими (игольчатыми) образованиями оксогидроксида алюминия, с размером до 150 - 200 нм. По итогам проведённых исследований определена влажность, величина удельной поверхности и удельный объём пор исследуемого фильтровального материала. Получены сорбционные характеристики фильтровального материала при извлечении ионов Fe^{2+} и Fe^{3+} из модельных растворов. Доказана возможность использования исследуемого фильтровального материала для очистки водных сред от соединений железа.

Литература.

1. Родионов А. И. Техника защиты окружающей среды: учебник для вузов / А. И. Родионов, В. Н. Клушин, Н. С. Торочешников. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Химия, 1989. – С. 512.
2. Мазур И. И., Молдаванов О. И., Шишов В. Н. Инженерная экология. Общий курс. Справоч. пособие/ Под ред. И. И. Мазура. – М.: Высш. школа, 1996. – Т.2. – 638 с.
3. Очистка природных вод / Под ред. В. А. Клячков. – М.: Стройиздат. 1971. – 579 с.
4. Крайнов С. Р., Рыженко Б. Н., Швец А. М. Геохимия подземных вод. Теоретические, прикладные и экологические аспекты. М.: Наука, 2004. 677 с.
5. Смирнов А. Д. Сорбционная очистка воды /А. Д. Смирнов. – Л.: Химия, 1982. – 168 с.
6. Теория и практика сорбционных процессов / Под ред. Е. В. Веницианова . – Воронеж, 1998. – Вып. 23. – 24 с.
7. Лисецкий В. Н., Лисецкая Т. А., Репин В. Е., Пугачев В. Г. Сорбент и способ его получения // Описание изобретения к патенту. – Томск, 2004. – С. 1

ПЕРЕРАБОТКА КУРИНОГО ПОМЁТА С ЦЕЛЬЮ РЕШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ

А.Н. Никулин, к.т.н., доцент, О.А. Епифанцева, студентка группы З-17Г12*
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»
**Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского Томского политехнического университета*
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26
E-mail: nikulin-ruc@yandex.ru

В зависимости от почвенно-климатических условий местности расположения птицеводческого предприятия, предельная численность поголовья на 1 га сельскохозяйственных угодий для естественной утилизации влажного помета составляет 100. 133 гол./га. Высокая концентрация птицы на ограниченных площадях не позволяет использовать помет в качестве удобрения в местах его получения без значительных материальных затрат на дополнительную переработку и транспортировку влажного помета. Это приводит к накоплению больших неиспользуемых объемов помета на территориях птицеводческих хозяйств, оврагах, вблизи рек и населенных пунктов, создавая серьезную опасность для людей, животного и растительного мира. Таким образом, решение задачи эффективной переработки птичьего помета является одной из актуальных проблем птицеводства России в настоящее время.

Отечественный и мировой опыт доказывает, что экономически эффективным и энергорентабельным способом переработки помета в высококачественное топливо является его формование на шнековой машине. Использование прогрессивных технологий и новейшего оборудования показало, что помет становиться ценным и дешевым сырьем для получения продукции дающей значительную прибыль. При этом одновременно решаются задачи охраны окружающей среды.

Использование куриного помёта

Анализ методов и средств формования различных видов топлива, таких как торф, сапропель, отходы деревообработки, показывает, что наиболее рациональным способом для формования птичьего помёта является переработка в шнековой машине, обеспечивающей непрерывность процесса, обеспечивающего требуемое качество топливных гранул и хорошую плотность материала. Однако

высокая стоимость и энергоемкость применяемого способа сухого прессования и достаточно низкие физико-механические свойства получаемых гранул, а также существенные отличия физико-механических свойств сброженного птичьего помета от органических веществ (торф, сапропель, опилки), на которых ранее проводились исследования процесса гранулирования, не позволяет воспользоваться известными данными. В связи с этим в качестве объекта исследования выбран технологический процесс гранулирования сброженного птичьего помета способом влажного прессования на шнековом прессе с механизмом для нейтрализации вредных примесей. Нейтрализация вредных примесей сырья на основе птичьего помёта происходит прежде всего по причине применения инновационной конструкции шнекового исполнительного органа. Если все известные ранее шнековые машины формовали сырьё с нагревом внешнего корпуса машины с целью получения внешней «корочки», препятствующей проникновению влаги и поверхностно проводящей термическую обработку отходов, в нашем случае предлагается использовать нагревающиися шнек, «нагрев материала изнутри» с системой кондиционирования, для обработки материала непосредственно перед стадией формования и нейтрализации в нём вредных примесей, а также удаления специфического запаха птичьего помёта.

Применение избыточного количества птичьего помета может привести к вымыванию питательных веществ в почве и в местных грунтовых водах. Загрязнение воды отходами может происходить несколькими способами. Очевидными примерами загрязнения являются прямой сброс в поверхностные воды, предоставление животным прямого доступа к рекам и ручьям, сливание стоков из откормочных площадок и переполнение хранилища птичьего помета. Менее очевидными способами являются весеннее таяние снега содержащего птичий помет, таяние замороженного помета, просачивание в грунт чрезмерно высоких норм, используемых в качестве удобрения, утечки из лагун.

Содержащиеся в птичьем помете нитраты и фосфаты могут способствовать эвтрофикации, вследствие чего начинается быстрый рост водорослей. Избыточные питательные вещества содержащиеся на поверхности воды вызывают цветение водорослей, гибель рыбы и нарушение рыболовецкого промысла, возникновению запаха и уменьшение прозрачности воды. Бактерии, способствующие разложению помета, снижают уровень кислорода в воде. Если концентрация кислорода сильно снижена, больше не могут поддерживаться нормальная водная флора и фауна. В воде начинают активно размножаться болезнетворные бактерии, которые, вместе с выловленной рыбой, могут вызывать различные заболевания у животных и человека. Самым «безопасным» из них является диарея. Вследствие повышения концентрации азота в воде, она становится особенно опасной для здоровья детей, способна вызывать цианоз.

Свежий птичий помет сразу же начинает разлагаться. Принцип бактериального разложения состоит в том, что сложные молекулы птичьего помета разбиваются на более простые соединения. Зачатую этот процесс сопровождается выделением газов. Существует два способа разложения, если разложение проходит в присутствии кислорода, то разложение называется аэробным, если без кислорода — анаэробным.

Аэробное разложение проходит без выделения неприятных запахов, выделяются углекислых газ и вода. Этот способ разложения возможен в специальных условиях.

Анаэробное разложение сопровождается выделением сильных неприятных запахов. Анаэробный распад типичен для жидкого помета в выгребных ямах и лагунах. Он сопровождается выделением метана, угарного газа, углекислого газа, сероводорода и аммиака. Эти газы, в больших концентрациях, могут быть очень опасны для человека и животных. Большинство несчастных случаев связаны со скоплением этих газов в закрытых помещениях. Лишь углекислый газ не представляет серьёзной опасности. Он растворим в воде. Смерть в результате удушья углекислым газом происходит очень редко. Аммиак также хорошо растворим в воде, а в высоких концентрациях ещё и взрывоопасен. Раствор аммиака в воде (гидрат аммиака) токсичен, он имеет острый, едкий запах и действует как раздражитель даже в относительно низких концентрациях. Сероводород, выделяемый при анаэробном разложении, наиболее опасный из выделяемых газов. Он высокотоксичен, взрывоопасен и очень легко воспламеняется. Весьма высока вероятность взрыва смеси сероводорода и кислорода в закрытом помещении. Его легко определить по запаху – он напоминает запах протухших яиц.

Метан легче воздуха и не очень хорошо растворяется в воде, поэтому он не представляет серьёзной опасности для водоемов, но если метан скапливается в высоких концентрациях в закрытых помещениях вероятность взрыва высока, для предотвращения подобных ситуаций следует использовать взрывобезопасные электродвигатели и вентиляторы.

В результате анаэробного разложения птичьего помета, непосредственно, не выделяется окиси углерода, но угарный газ может выделятся во время переработки помета.

Оборудование для переработки куриного помёта

Исходя из размеров, используемого угольного топлива, можно сделать вывод, что диаметр ОТТ с учетом размеров отверстий в колосниковой решетке должен изменяться в диапазоне $6 \leq d \leq 25$ мм. После определения оптимального параметра пелеты, необходимо перейти к выбору самой матрицы [3] .

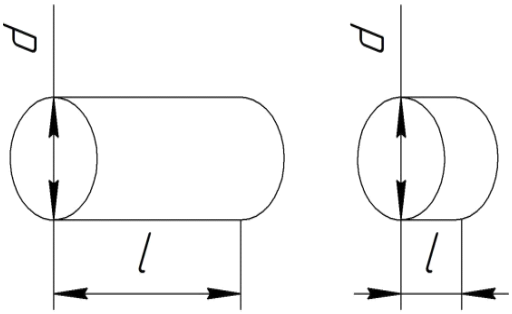


Рис. 1. Гранула биотоплива

Круглые матрицы изготавливают трех типоразмеров по высоте: 22, 28 и 60 мм.

Рисунок 2. Пример плоской неразъемной матрицы для формования гранулированных удобрений и сорбентов

Изготовление канала фильеры, по которому движется масса, осуществляется, как правило, на высокоточных электроэрозионных станках с программным управлением.

Внутренние поверхности канала полируются до Ra 0,05-0,2 мкм, это позволяет снизить адгезию массы к стенкам фильеры, а значит, увеличить скорость экструзии, снизить противодавление и ускорить чистку инструмента.

Рис. 3. Матрица шнековой машины ХОТ-31м

Рис. 4. Сменные матрицы машины Steele 25 – пример мобильности и быстрой переналадки [4]

В наших расчётах были были приняты три формы выполнения сужения входной части фильер (рис. 4).

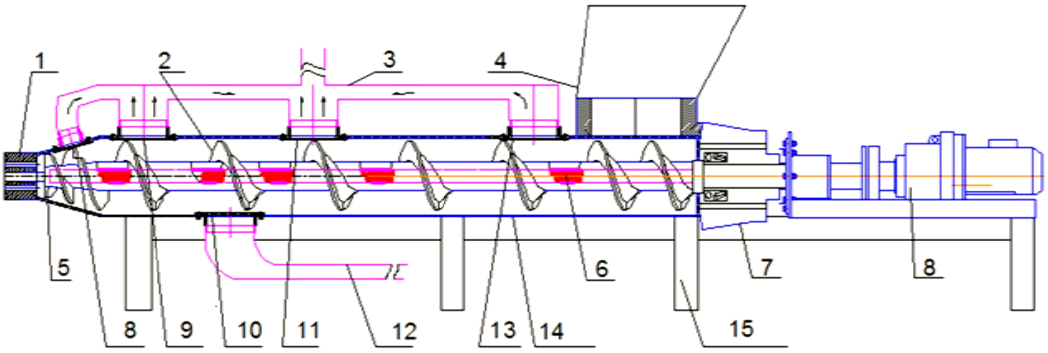


Рис. 5. Модель шнековой машины для формования топлива из птичьего помёта

Сущность устройства поясняется схемой устройства на Рисунке 5. Устройство состоит из следующих элементов: 1 – матрица с формующими отверстиями и каналами; 2 – шнеки; 3,13 – заборные шланги системы кондиционирования; 4 – загрузочный бункер; 5 – перерабатывающие ножи; 6 – нагревательный элемент (ТЭН); 7 – редуктор; 8 – двигатель; 9,10,11,12,14 – сетки системы кондиционирования; 15 – корпус; 16 – рама. Система кондиционирования состоит из сеток 9,10,11,12,14, установленных в корпусе 15 и заборных шлангов 3 и 13, которые соединены с системой вытяжки цеха.

Устройство работает следующим образом. Материал (предварительно подготовленная шихта), поступает в загрузочный бункер 4, затем шнеками 2 перерабатывается и перемещается к формующим отверстиям матрицы 1. За период перемещения формуемого материала по длине корпуса шнеком 2 из него удаляется влага и газовая составляющая и запах путём работы системы кондиционирования, состоящей из сеток 9,10,11,12,14, установленных в корпусе 15 и заборных шлангов 3 и 13, которые соединены с системой вытяжки цеха. Также на перерабатываемый материал воздействует импульс тепловой энергии, возникающей при нагревании шнека нагревательным элементом 6. Перед началом работы двигателя машины включается нагревательный элемент 6 в шнеке 2, который перед запуском предварительно нагревают в течение 10-15 минут.

Данные разработки по утилизации куриного помёта и превращения его в топливо нашли применения в Скандинавских странах. В России имеются лишь некоторые «смелые» идеи, которые постепенно претворятются в жизнь. Примером может служить участок гранулирования органических удобрений в технологическую линию по безотходной переработке птичьего помета на птицефабрике "Шпаковская" Ставропольского края. Основная стоимость линии по гранулированию будет исходить из стоимости изготовления шнековой машины с нагревающимся шнеком, а также обустройства склада готовой продукции, необходимой для последующей сушки гранул из куриного помёта. На начальных этапах инвестиции в проект должны составить не более 350 тыс. руб. на одну птицефабрику, с учётом льготных тарифов на энергообеспечение установок как установок, работающих для создания дополнительного резерва на котельной при отоплении птицефакбрики и позволяющих проводить

очистку площадей, занятых химически опасными отходами. Реализацию продукции планируется проводить в сельских территориях, со сниженной стоимостью данного вида биотоплива.

По предварительным подсчётам количество птицефабрик на территории и в пределе Кемеровской области – больше 10. Суммарные выбросы отходов и складирования птичьего помёта занимают значительные площади и вызывают значительный спектр аллергических реакций и кожный заболеваний у населения проживающего в населённых пунктах вблизи складирования, а также ухудшают качество грунтовых вод, использующихся жителями небольших населённых пунктов при пробуривании неглубоких скважин. Постоянно увеличивающиеся цены на природный газ и привозной уголь становятся следствием ухудшения благосостояния населения.

Создание линии по гранулированию птичьего помёта поможет создать от 3 до 7 рабочих мест на каждой птицефабрике и снизить общую экологическую напряжённость в фермерских хозяйствах Санкт-Петербурга.

В настоящее время рост цен на продукты питания становится вполне обоснованным в связи с истощением в некоторых регионах плодородных почв. Кроме того, большинство таких предприятий как птицефабрики, животноводческие фермы увеличивают складирование отходов производства, которое перерабатываются в очень незначительном объёме. Таким образом, уменьшение площадей плодородных почв приводит к нерешенным проблемам снабжения региона недорогими качесвенными продуктами, а также всё это постепенно перерастает в экологическую проблему, так как помётные полигоны являются источником загрязнения грунтовых вод и атмосферы.

Таблица1

Сравнение удобрений из куриного помёта с другими удобрениями

Элемент	Вид удобрений			
	Навоз КРС	Куриный помёт	Кемира Комби	Нитроамо фоска
N	0.41	2.8-4.17	14.0	17.0
P_2O_5	0.19	2.7-3.5	11.0	17.0
K_2O	0.41	1.5-1.7	25.0	17.0
Влажность	78.5	10.2	10.0	10.0
Mg	-	0.032	1.4	-
S	-	0.8	1.8	-
Fe	-	0.025	0.1	-
B	0.0005	0.01	0.02	-
Cu	0.0004	0.0059	0.01	-
Mn	0.005	0.5	0.1	-
Zn	0.002	0.03	0.01	-
Mo	0.00005	0.001	0.002	-
Co	0.00003	0.001	0.001	-
J	-	0.001	0.001	-
Cr	-	следы	0.001	-

Благодаря высоким показателям данных в курином помёте в почве повышается способность микроэлементов образовывать с органическими соединениями органоминеральные комплексы а это – большое значение в процессах внутриклеточного обмена.

Рис. 6. Пример упакованного куриного помёта

Одним из альтернативных возобновляемых видов удобрения являются отходы основного производства птицефабрик - куриный помет с подстилкой (КПП), который имеет IV класс опасности [2]. Теплота сгорания КПП составляет QpH = 2500±500 ккал / кг [1], таким образом этот отход находится на уровне других видов биотоплива (соломы, древесины и некоторых сортов угля). Сжигание 1 т КПП позволяет получить до 2 Гкал тепла в виде горячей воды или до 3 т пара на технологические нужды, замещая при этом до 270 м³ природного газа или до 240 кг жидкого топлива (мазут, печного топлива).

Литература.

1. Энергетическая стратегия России на период до 2030 года // Прил. к обществ.-дел. журн. "Энергетическая политика". – М.: ГУ ИЭС, 2010. – 184 с.
2. Басов Н.И., Брагинский В.А., Казанков Ю.В. Расчет и конструирование формующего инструмента для изготовления изделий из полимерных материалов: Учебник для вузов. - М.: Химия, 1991. - 352 с.
3. The STEELE 25A Series: Smaller machines designed for low volume, stiff extrusion of a wide range of products. URL:http://www.jcsteele.com/machinery/extrusion/extruders-and-pug-sealers/25-series/(дата обращения: 18.11.2011).
4. Yade is an extensible open-source framework URL: https://yade-dem.org/doc/introduction.html (дата доступа 12.01.12)
5. «Устройство для производства твёрдого топлива» патент №2475521 Рос. Федерация/ Никулин А.Н., Безруких В.Ю, Епифанцев К.В., Ковшов С.В.

АНАЛИЗ СПОСОБОВ ПО ПРЕДОТВРАЩЕНИЮ И ТУШЕНИЮ ЭНДОГЕННЫХ ПОЖАРОВ НА ПОРОДНЫХ ОТВАЛАХ

Е.С. Торосян, ст. преподаватель, А.В. Филонов, лаборант
Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского Томского политехнического университета
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел. (38451)-7-77-64
E-mail: torosyan@tpu.ru

Горение шахтных отвалов – неприятное явление. Горящие породные отвалы выделяют дым и ядовитые газы (CO, H_2S, SO_2, NO и другие) и создают тяжелые условия для работы и угрозу здоровью людей не только на поверхностном комплексе, но в горных выработках, когда газы проникают через воздухоподающие стволы, штольни и шурфы. Расчеты и замеры показали, что только один горящий породный отвал выбрасывает в атмосферу за один год более 150 т оксида углерода, более полторы тонны диоксида серы, более трех тонн сероводорода. Из такого количества диоксида серы в атмосфере образуется более двух с половиной тонн сернистой кислоты. Выделяющиеся газы способствуют развитию парникового эффекта, вызывают кислотные дожди, подавляют развитие флоры и фауны и т.п.

Тушение горящих породных отвалов часто бывает сопряжено с большими трудностями, чем ликвидация подземного эндогенного пожара. Пожары отвалов нередко отличаются большим «упорством» и большей склонностью к рецидивам, потому что породный отвал непрерывно растет, ежедневно получая из шахты все новые количества породы, принимающих через некоторое время участие в пожаре. Кроме того, отвал при пожаре почти непрерывно садится вследствие самоуплотнения и в связи с образованием внутри его пустот от выгорания пород и значительного при этом уменьшения первоначального объема материала, поступившего в отвал. Вследствие этого поверхность отвалов подвержена оседаниям с образованием трещин, устанавливающих сообщение раскаленного внутреннего ядра горящего отвала с наружным воздухом.

Профилактика эндогенных пожаров основана на подавлении и устранении физических условий самовозгорания. Для этого нужно уменьшить химическую активность угля, воспрепятствовать накоплению тепла и притоку воздуха.

Каждый из известных методов борьбы с пожаром характеризуется своими достоинствами и недостатками. Поэтому часто оптимально является использование комбинации различных методов, выбранных в зависимости от типа пород, условий протекания процессов горения и масштабов пожара.

Тушение водой производят заливкой водой из гидрантов поверхности нагретого участка отвала над пожарным очагом или нагнетанием воды по трубам через скважины непосредственно в очаг пожара. Данный способ может быть эффективным для небольших по объему отвалов. Достоинство его это относительно небольшие экономические затраты. Недостатками способа будут являться, во-первых, требуется большое количество воды. Вода стекает с отвала, часть ее испаряется, и водяные

пары образуют с сернистым газом, окисляясь, серную кислоту. Другая часть воды, вымывая вредные вещества, проникает в подземные горизонты, тем самым неся нагрузку на подземные воды. Во-вторых, на горящий породный отвал вода подается под давлением (напором), что в свою очередь приводит к вымыванию полостей, трещин и деформации отвалов. И в-третьих, смоченный углистый материал может легко вновь самовозгореться [1].

*Изоляция очагов пожара от доступа к ним воздуха*засыпкой поверхности над очагом пожара и около него сухими пылевидными материалами (зола из дымоходов, шлаковая пыль, песок) или же образование на поверхности отвала подушки из жирной трамбованной глины при условии, если толщина изолирующего покрова достаточно велика (не менее 0,5 м и иногда 1–1,5 м и более) и если производятся периодические подсыпки материала [2]. При использовании данного способа возможно механическое загрязнение атмосферы, воздушные потоки будут поднимать пылевидный материал и разносить на дальние расстояния.

Частичная или полная перевалка отвалов характеризуется наиболее высокими показателями эффективности тушения пожаров, но и требуют наиболее высоких затрат на выполнение работ [1]. Недостатком способа является большая трудоемкость, необходимость значительного количества бульдозерной и экскаваторной техники. Усложнений условий труда, повышенная травмоопасность (выбросы газов, угроза взрывов и др.). Дополнительная негативная нагрузка на окружающею среду. А также для пересыпки отвала требуются дополнительные площади земельных угодий.

Переработка отвальной породы и использование ее в производстве строительных материалов (например, кирпича). Данный способ снизит затраты на отвалообразование, на природоохранные мероприятия, на экологические платежи. Извлечение прибыли от реализации сырья. Минусом данного способа является большие затраты на строительство перерабатывающего производства, но при грамотном планировании предприятия затраты себя могут оправдать.

Заиливание очагов самовозгорания пульпой. Существуют различные взгляды на действие пульпы при заиливании. Одни авторы считают [3], что роль пульпы сводится лишь к изоляции угольных масс от доступа воздуха, т.е. к механической защите. По мнению других, пульпа обладает антиокислительными свойствами, третьи находят, что в зависимости от состава грунта, из которого готовится пульпа, она может либо оказывать антиокислительное действие на процесс окисления угля, либо увеличивать склонность угля к самовозгоранию [4]. Пульпа, подаваемая в очаг самонагревания, охлаждает уголь и создает на нем защитные пленки, препятствуя как выходу адсорбированных газов из углей, так и проникновению кислорода в уголь.

Большего эффективного действия, по мнению [2], можно ожидать при заиливании очага пожара суспензией $Ca(HCO_3)_2+CaCO_3+H_2O$, которая получается пропусканием через смесь молотого известняка и воды углекислого газа до насыщения. Когда суспензия такого состава попадает в очаг пожара, то все более крупные полости и куски заполняются и обволакиваются известковой пульпой, а раствор двууглекислого кальция проникает во все мельчайшие поры и полости горящей массы, в которые молотый известняк не может проникнуть. Раствор осаждается в этих порах и полостях в виде очень трудно растворимого углекислого кальция, образуя защитные пленки на их поверхности.

В последнее время для предупреждения самовозгорания угля все более широкое распространение получили методы с использованием различных веществ, называемых антипирогенами. Они активно тормозят процессы окисления и самовозгорания угля. Их применяют как для предварительной обработки целиков угля, так и для подавления очагов самовозгорания породных отвалов.

Термин «антипироген» введен академиком А.А. Скочинским для обозначения всех веществ, препятствующих самовозгоранию угля. Изучение влияния антипирогенов на процесс низкотемпературного окисления угля проведенного в Институте горючих ископаемых, установлено положительное действие растворов сернокислого, углекислого и хлористого аммония, хлористого натрия и кальция, бикарбоната кальция и показана принципиальная возможность использования этих веществ в качестве антиокислителей.

Предложено [5], что при обработке углей химическими антиоксидантами может наблюдаться:

1) химическое взаимодействие антиокислителя с кислородсодержащими группами, образующимися в процессе окисления;

2) прекращение процесса окисления угля в результате более легкой окисляемости антиокислителя;

3) избирательная адсорбция антиоксиданта на активных участках поверхности, затрудняющая доступ к ним кислорода.

Когда эти процессы происходят одновременно, антиокислители оказывают значительное действие.

Исследованные антиоксиданты можно разделить на две группы: неорганические и органические антипирогены. Характер действия неорганических соединений как антиокислителей процесса окисления углей изучен недостаточно. В литературе по этому вопросу имеются противоречивые данные. В.С. Веселовский считает, что неорганические антиоксиданты действуют только механическим путем, покрывая поверхность угля. А.И. Хрисанфова, В.Л. Литвинов предполагают, что отдельные неорганические соединения, например, хлориды, наряду с механическим, оказывают и химическое воздействие на уголь. По их мнению, механизм взаимодействия хлоридов с углем сводится к нескольким стадиям:

1) химическое взаимодействие ионов кальция с перекисными группами;

2) взаимодействие ионов кальция с карбоксильными группами с образованием кальциевых солей, воды и соляной кислоты;

3) взаимодействие соляной кислоты с поверхностными окислами, приводящее к прерыванию реакций автоокисления;

4) взаимодействие соляной кислоты с минеральными составляющими угля и гашение их каталитического действия на окисление.

Лабораторными исследованиями установлено, что раствор $CaCl_2$ является ингибитором низкотемпературного окисления угля при концентрации от 10 до 35%-ной [5].

Эффективность действия раствора$CaCl_2$ повышается при его применении с глинистой пульпой, которая уменьшает поверхность угля, взаимодействующего с кислородом 13. Хорошее ингибирующее действие оказывают комбинированные растворы: 10%-ный $CaCl_2$+ 5%-ныйNaCl; 5%-ный$Ca(OH)_2$ + 4%-ный $CaCl_2$ [6]. Процесс окисления угля тормозят 8–10%-ный раствор NH_4Cl 15 и 1–20%-ный раствор NaCl и KCl.

К антипирогенам процесса окисления угля относят карбонаты и бикарбонаты. Из карбонатных производных хороший ингибирующий эффект дают $Ca(HCO_3)_2$, $(NH_4)_2CO_3$, Na_2CO_3, суспензия $CaCO_3$ [7]. Эту суспензию добавляют в пульпу при тушении пожара.

Хорошим антиокислителем является 2–10 % -ный раствор жидкого стекла. Академик Н.Н. Семенов отмечал, что вопрос действия органических ингибиторов еще недостаточно изучен, но несомненно, в их состав входит слабосвязанный атом водорода. Реакция окисления угля протекает по радикально-цепному механизму, в ходе реакции образуется перекисный радикал RO_2, который легко отрывает этот атом водород от молекулы замедлителя. В результате радикалы ингибитора становятся малоактивными и не способны к продолжению цепи.

Тормозящее действие ингибиторов зависит от двух факторов [5]: активности радикалов ингибиторов и от скорости реакций молекул ингибитора с перекисными радикалами.

Многие ингибиторы легко реагируют с перекисями, разрушая их, и в связи с этим процесс автоокисления останавливается. При слабом инициировании (например, при низких температурах) ингибитор сильно тормозит реакцию и оказывает на нее слабое воздействие в случае достаточно сильного инициирования.

Ингибиторами, замедляющими окислительные процессы, являются ингибиторы фенольного типа: фенол и многоатомные фенолы (пирогаллол, резорцин, гидрохимин). Они применяются в щелочных растворах [8] Тормозящее действие этих веществ объясняется тем, что они легко отдают атом водорода, образуют при этом малоактивный радикал. Однако действие этих ингибиторов довольно слабое, они в состоянии лишь слегка замедлить реакцию окисления угля в результате образования нестабильных радикалов. Процесс окисления угля понижают сточные воды коксохимзаводов, содержащие феноловые и пиридиновые основания.

Установлено, что ингибиторами являются ароматические амины, высшие жирные кислоты и тяжелые углеводороды. В.М. Маевская для предупреждения самовозгорания в штабелях и породных отвалах рекомендовала фенол, анилин, фталевую кислоту, фурфурол, нафтеновую кислоту и метиланилин.

Процесс окисления угля понижают также растворы карболовой кислоты, β-нафтола и йодистого метила [9].

В последние годы ведутся работы с целью использования отходов промышленности в качестве ингибиторов-антипирогенов процесса окисления угля. В качестве ингибиторов испытаны отходы химических производств.

С целью поиска наиболее эффективного и недорогостоящего материала в качестве антипирогена В.М. Маевской приведены испытания отходов промышленности Кузбасса. Получено, что из отходов химической промышленности наилучшими антипирогенными свойствами обладают баро-

метрический конденсат, метанольная вода и отход цехов капролактама. Относительное снижение сорбции после обработки угля перечисленными растворами составило 0,64–0,65. В состав этих отходов входят аммонийные соединения, которые обладают высокими антипирогенными свойствами. Отходы цеха фенола снижают сорбционную способность угля к кислороду в 1,4 раза. В.М. Маевской при изучении отходов цветной и металлургической промышленности установлено, что наилучшими антипирогенными свойствами обладают доменный и мартеновский шлаки, воды олива хвостохранилища алюминиевого завода.

Из всего выше сказанного можно подытожить, что проведены обширные работы по нахождению эффективных ингибиторов-антипирогенов процесса окисления угля. Однако вследствие разных методов определения эффективности воздействия антипирогенов на химическую активность угля, исследователи часто приходят к противоречивым результатам. Так, исследования профессора В.С. Веселовского показали, что суспензии гашеной извести, в лучшем случае, являются нейтральными в отношении окисления углей, а в некоторых условиях могут быть катализаторами окисления. В то же время работами А.И. Хрисанфовой и В.М. Маевской установлено, что эти суспензии являются наиболее эффективными антипирогенами из числа дешевых и недефицитных материалов.

Лабораторные исследования существующими методами не отражают полностью условий и химизма естественного процесса окисления ископаемых углей. Эффективность действия антипирогенов зависит от величины их добавки и от физико-химических свойств угля.

Литература.

1. Твердов А.А., Яновский А.Б., Никишевич С.Б., Апель Г. Профилактика и ликвидация горения породных отвалов.– Уголь, февраль, 2010. – С. 3–6.
2. Скочинский А.А., Огиевский В.М. Рудничные пожары. 2-е изд., доп. и перераб. – М.: УГЛЕТЕХИЗДАТ, 1954. – 390 с.
3. Бессолицина Г.Г. Исследование действия пульпы при профилактике заиливания. – Техника и технология разработки полезных ископаемых. 1966. Вып. 5. С. 284–289.
4. Саранчук В.И., Баев Х.А. Теоретические основы самовозгорания угля. – М.: Недра, 1976. – 151 с.
5. Хрисанфова А.И., Шубников А.К., Захаров А.Н., Гусев Г.П. Ингибиторы для борьбы с окислением и самовозгоранием ископаемых углей. – М.: Изд-во АН СССР, 1959. – 138 с.
6. Маевская В.М. Изыскание антипирогенов для профилактики тушения эндогенных пожаров. – Техника безопасности, охрана труда и горноспасательное дело. 1968. № 7. С. 43–44.
7. Осипов С.Н. Пути повышения эффективности антипирогенов, применяемых для предупреждения эндогенных пожаров. – Уголь Украины, 1966. № 9. С. 39–40.
8. Шубников А.К., Хрисанфова А.И., Захаров А.И. и др. Ингибиторы, предотвращающие или замедляющие процесс окисления и самовозгорания углей. – В кн.: Окисление и хранение твердых горючих ископаемых. М.: Трансжелдориздат, 1958. С. 61–84.
9. Терпогосова Е.А. Ингибиторы низкотемпературного окисления углей. – Изв. АН СССР, ОТН, 1954. № 4. С. 147–151.

УТОЧНЕННЫЙ МЕТОД ОЦЕНКИ ВИБРОАКУСТИЧЕСКОГО ПОЛЯ В ЦЕХАХ ПРИ МОДЕРНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА

О.Н. Поболь, д.т.н., проф., Г.И.Фирсов, с.н.с.*
Московский государственный университет технологии и управления им. К.Г. Разумовского, г. Москва
**Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН, Москва*
101990, Москва, Малый Харитоньевский пер., 4, тел. (495) 624-00-72
E-mail: firsovgi@mail.ru

Производственный шум в цехах является в настоящее время основным экологическим фактором: превышение санитарных норм составляет 10-20 дБА, при этом большая часть оборудования имеет двадцати-сорокалетний срок службы. При модернизации промышленности закупку и оснащение новыми машинами, организацию производства и планирование шумозащиты необходимо выполнять с учетом соответствия шумовых характеристик машин требованиям санитарных норм. Для оценки воздействия шума машин на работающих в производстве и эффективности технических средств и организационных мероприятий по шумозащите необходимо знание характеристик шумового режима в цехах предприятий - октавных спектров уровней звукового давления и уровней звука на рабочих местах [1,2].

Шум в цехах по характеру в целом постоянный широкополосный, с равномерным распределением уровней по частотам. Превышение нормативных уровней наблюдается для всех производств и достигает наивысших значений в высокочастотном диапазоне (выше 500 Гц). При допустимом по нормам уровне звука 80 дБА средние значения уровней звука на рабочих местах колеблются в диапазоне 83-97 дБА. В основных производствах в настоящее время практически отсутствуют цеха, в которых уровни шума в пределах норм. Санитарные нормы из условий безопасности определяют допустимые уровни звукового давления (УЗД) на рабочих местах в цехе при работе всех машин, независимо от их типа и технологических режимов. При этом шум в значительной мере зависит от акустических характеристик производственных помещений (отраженный звук).

Возникает необходимость разработки методологии управления шумовым режимом в цехах, обеспечивающей экологически целесообразный выбор оборудования с учетом его шумовых характеристик, рациональную расстановку машин в производственных помещениях и изменение акустических характеристик производственных помещений. Принятие решений и оценка их эффективности целесообразно базировать на новом научном подходе - диффузионно-энергетической акустической теории, позволяющей учитывать совместно влияние соответствующих факторов на уровни звукового давления на рабочих местах в цехах [3]. В качестве базового контрольного параметра для оборудования примем основную шумовую характеристику машины - корректированный уровень звуковой мощности L_{PA} в дБА. В этом случае уровни звука на рабочих местах в цехе могут быть определены по кратко изложенной ниже методике, устанавливающей связь уровня звуковой мощности одной машины с шумовым режимом в производственном помещении, с учетом средней плотности установки машин, акустических характеристик помещения и характеристик рассеяния и поглощения шума машинами. Для контроля шумовых характеристик машин в условиях их производства и эксплуатации, а также для определения технического уровня и использования при работах по их шумозащите нормативными документами устанавливаются технические нормы шума для конкретных типов машин. Эти характеристики учитывают только прямое шумоизлучение машины.

Характеристики, регламентируемые техническими нормами из условия обеспечения требований санитарных норм для данного вида оборудования при типовой установке и эксплуатации, называются предельно допустимыми шумовыми характеристиками. Основной нормативной предельно допустимой шумовой характеристикой является предельно допустимый уровень звуковой мощности. Предельно допустимые шумовые характеристики определяются для отдельных типов машин с учетом условий их эксплуатации по соответствующим стандартам, где установлены нормативные параметры и методы их определения. Для целей акустического проектирования и предварительной оценки соответствия шумовых характеристик машин требованиям санитарных норм используются обобщенные предельно допустимые шумовые характеристики, которые задают предельно допустимые характеристики для близких по типу машин, объединенных в группы с учетом характерной плотности их установки и условий эксплуатации. В качестве нормативных принимаются следующие характеристики:

- допустимый корректированный уровень звуковой мощности машины $[L_{PA}]$ в дБА;
- допустимые уровни звуковой мощности машины в октавных полосах частот $[L_P]$ в дБ;
- допустимый уровень звука на расстоянии 1 м от контура машины $[L_{d1A}]$ в дБА;
- допустимый эквивалентный уровень звука $[L_A]$ в контрольных точках (на рабочем месте) в дБА.

Характеристика $[L_{PA}]$ является основной, а характеристики $[L_{d1A}]$ и $[L_A]$ назначаются для машин с колеблющимся во времени и импульсным шумом.

Величины обобщенных предельно допустимых шумовых характеристик находятся из уравнения:

$$[L_{PA}] = 80 + \tilde{X} + \tilde{Y},\ \ [L_P] = [L] + \tilde{X} + \tilde{Y},\ [L_{d1A}] = [L_{PA}] - 10\lg(\tilde{S} / S_0),$$

где $\tilde{X}, \tilde{Y}$ - средние значения параметра плотности установки машин X и параметра одновременности работы машин в цехе Y для рассматриваемой группы машин, $\tilde{S}$ - средняя площадь измерительной поверхности для машин группы, $S_0 = 1$ м^2 - базовое значение площади для расчета в дБ.

Технические нормы шума установлены для групп машин, сформированных по технологическим признакам. Исходным является выбор диапазона изменения габаритных размеров, плотности установки и коэффициента использования машин для группы, который обеспечивает колебания расчетных параметров относительно $[L_{PA}]$ и $[L_P]$ в пределах ÷ 1 дБ. В связи с этим ткацкие станки независимо от типа разделены по размерам и плотности установки на две группы, а прядильные и крутильные объединены в одну группу. Остальные машины составили по одной группе в пределах своих типоразмеров.

В таблице 1 приведены обобщенные предельно допустимые шумовые характеристики для основных типов текстильных машин.

Таблица 1

Обобщенные предельно допустимые шумовые характеристики
для основных типов текстильных машин

Виды машин и коэффициент использования $K_м$	Габариты $l_1;l_2;l_3$, м	Плотность установки q, шт/м^2	[L_{PA}], дБА	[L_P], дБ в октавных полосах в Гц							
				63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Ткацкие станки $K_м$ = 0,8-0,9	2,0 - 3,2 1,0 - 2,0 1,0 - 1,9	0,10 – 0,15	84	99	91	86	82	79	77	75	72
	3,2 - 5,2 1,0 - 3,5 1,2 - 1,8	0,03 – 0,10	90	105	97	92	88	85	83	81	79
Прядильные и крутильные машины $K_м$ = 0,9-1,0	10 - 20 0,6 - 1,3 1,6 - 2,4	0,01 – 0,04	90	105	97	92	88	85	83	81	79
Ленточные машины $K_м$ = 0,9-1,0	1,4 - 3,2 1,2 - 7,6 1,5 - 1,8	0,06 – 0,08	85	100	92	87	83	80	78	76	73
Трикотажные кругловязальные $K_м$ = 0,9-1,0	0,5 - 1,6 0,6 1,2 - 1,3	0,29 – 0,34	80	95	87	82	78	75	73	71	69
Промышленные швейные машины $K_м$ = 0,15-0,4	0,9 - 1,1 0,5 - 0,6 0,8	0,20 – 0,40	82	97	89	84	80	77	75	73	70

Такая методология технического нормирования разработана для однотипных машин, эксплуатируемых на стационарных скоростных режимах. Аналогичный подход целесообразно применить и для высоко шумного оборудования конкретных цехов отдельного предприятия: при проводимой в настоящее время модернизации предприятий и замене устаревшего оборудования новым становится возможным выбор и расстановка машин с учетом фактора шумности. Предельно допустимые уровни звука и уровни звуковой мощности в октавных полосах частот определяются для машин расчетным путем при различных вариантах их расстановки в цехе. При этом решается задача, обратная расчету шумового режима на рабочих местах при известных значениях уровней звуковой мощности машин. При модернизации промышленности закупку и оснащение новыми машинами, организацию производства и планирование шумозащиты необходимо выполнять с учетом соответствия шумовых характеристик машин требованиям санитарных норм. Возможны три способа управления шумовым режимом в цехах: выбор оборудования с учетом его шумовых характеристик; рациональная расстановка машин в производственных помещениях; изменение акустических характеристик производственных помещений.

Расчет шумового режима в цехах может выполняться при известных октавных уровнях звуковой мощности машин по двум различным методикам. Стандартная методика [4] универсальна, но достаточно сложна, однако применима для всех вариантах расположения источников шума и при расчете шумового режима использует последовательное суммирование от отдельных источников шума и не учитывает рассеяния и поглощения шума самими источниками, поскольку обычно этот фактор несущественен, а его учет традиционными методами затруднителен. Но для цехов текстильной и легкой промышленности с плотной расстановкой однотипного оборудования и наличием технологических звукопоглотителей такой подход некорректен и приводит к завышению расчетных уровней шума до 8 дБ, при этом расчетные зависимости достаточно сложны.. Поэтому для экспресс-контроля уровней шума в цехах с однотипным оборудованием разработана методика [5,6], учитывающая специфику производства, а также рассеяние и поглощение шума машинами.

По стандартной методике расчет уровней звукового давления на рабочих местах выполняется путем суммирования излучения отдельных локальных источников шума. Вторая методика предусматривает расчет шумового режима по оцененной средней плотности звуковой энергии в цехе при известной удельной акустической мощности установленного оборудования. Для производств отрасли характерно оснащение цехов однотипным оборудованием, установленным с постоянной средней плотностью. Звуковое поле в цехах характеризуется высокой равномерностью - даже в проходах между машинами шириной до 6 м колебания уровней не превышает 1,5-2 дБ. Предлагаемая методика базируется на диффузионно-энергетической акустической теории, позволяющей учитывать совмест-

но влияние соответствующих факторов на уровни звукового давления на рабочих местах в цехах. Это позволяет аналитически учитывать одновременно звуковую мощность машин, их плотность установки и коэффициент использования, рассеяние и поглощение шума машинами и ограждениями цеха. Полученные по описанной методике расчетные значения уровней звука на рабочих местах дают возможность объективно оценить шумовые характеристики машин применительно к конкретным условиям эксплуатации и осуществлять альтернативный выбор оборудования с учетом лимитирующего экологического фактора.

В основу расчета уровней звукового давления на рабочих местах по диффузионно-энергетической теории положено уравнение плотности звуковой энергии w в цилиндрической волне, распространяющейся в производственном помещении от элементарных источников с равномерно распределенной по поверхности пола звуковой мощностью P, равной сумме акустических мощностей всех установленных машин. При равномерном распределении звуковой мощности с плотностью P_1 (Вт/м^2) от m машин на поверхности пола S_n средняя интенсивность излучения в любой точке цеха в результате интегрирования выражения для w найдена равной $I = wc = 2P_1/(\alpha_1 + 2k\alpha_2)$, и тогда уровни звукового давления на рабочих местах в цехе определяется зависимостью

$$L = 10\lg\frac{I}{I_0} = 10\lg\frac{P}{P_0} + 10\lg\frac{2qS_0}{\alpha_1 + 2k\alpha_2}, \qquad (1)$$

где P - мощность звукоизлучения одной машины, Вт; $I_0 = cw_0 = 10^{-12}$ - стандартное пороговое значение интенсивности, Вт/м; $P_0 = cw_0S_0 = 10^{-12}$ - стандартное пороговое значение звуковой мощности, Вт; $S_0 = 1$ м^2 ; c - скорость звука, м/с; $q = m/S_n$ - плотность установки машин, шт/м^2 ; $k = \sum_{i=1}^{m_1} S_i / S'$ - относительная плотность тел рассеяния в поперечном сечении цеха для m_1 машин с площадью поперечного сечения S_1 при площади поперечного сечения цеха S'; α_1 и α_2 - средние значения коэффициентов звукопоглощения ограждений цеха и машин. Из уравнения (1) с учетом коэффициента одновременности работы машин K_M получено уравнение для расчета шумового режима $L = L_P - X - Y$, в котором где $X = -10\lg[2qS_0/(\alpha_1 + 2k\alpha_2)]$, $Y = -10\lg K_M$, где L_P - УЗМ машины, дБ; X - параметр плотности установки машин, дБ; Y - параметр одновременности работы машин в цехе, дБ. Отсюда при $\alpha_1 = 0{,}10 - 0{,}15$ и $\alpha_2 = 0{,}45 - 0{,}73$ параметр плотности установки машин найден равным $X = -6{,}6 - 10\lg(qS_0)$.

Уравнение (1) может быть использовано также при управлении шумовым режимом в цехах путем изменения акустических характеристик производственных помещений за счет установки звукопоглощающих облицовок и применения систем штучных звукопоглотителей (чаще всего кулисного типа, развешиваемых под потолком или непосредственно над машинами). В этом случае в уравнении (1) изменяется величина второго слагаемого за счет увеличения коэффициентов звукопоглощения α_1 и относительной плотности тел рассеяния звука $к$.

Исследования показали, что расчеты по классической диффузионной теории дают приемлемые результаты только на небольших расстояниях от источника менее 5 м, а на больших расстояниях расхождение с экспериментом достигает 10-12 дБ. Наилучшие совпадения дает диффузионно-энергетическая теория с учетом рассеяния и поглощения шума оборудования цеха: разница между расчетными и экспериментальными значениями уровней звукового давлениия на расстояниях до 25 м не превосходят 2 дБ. Проводилась оценка уровней шума в прядильном цехе с размерами 70х50х5 м с количеством машин - 80 с габаритами 1,5х0,8х2 м. Расчетные значения октавных уровней шума в цехе по методике [4] без учета рассеяния шума оборудованием значительно превосходит соответствующие расчетные значения по методике [5,6], наибольшая разница на частоте 250 Гц составляет 6,8 дБ. Таким образом, использование методики [4] для анализа шумового режима в цехах нецелесообразно вследствие неудовлетворительной точности получаемых результатов.

Расчеты уровней звука на рабочих местах в цехах предприятий текстильной и легкой промышленности, выполненные как для плоских, так и для соразмерных помещений, подтвердили высокую точность разработанной методики - при доверительной вероятности отклонения от измеренных значений уровней звука не превосходят 1,2 дБА. Полученные по описанной методике расчетные значения уровней звука на рабочих местах позволяют объективно оценить шумовые характеристики машин применительно к конкретным условиям эксплуатации и осуществлять альтернативный выбор отраслевого оборудования с учетом лимитирующего экологического фактора.

Строительно-архитектурные методы шумозащиты предполагают звукоизоляцию шумных машин от соседних малошумных строительными конструкциями, а также поглощение отраженного от ограждений шума в цехах путем установки на перекрытиях и стенах звукопоглощающих облицовок и применения штучных звукопоглотителей. Метод шумозащиты с помощью звукопоглощающих об-

лицовок может быть предусмотрен при проектировании фабрик, но его реализация осуществляется и на работающих предприятиях. Этот метод наиболее целесообразен для шумных цехов, поскольку при высокой эффективности удельные затраты в этом случае сравнительно невелики и быстро окупаются за счет повышения производительности труда при снижении шума. Эффективность применения звукопоглощающих облицовок зависит от акустических характеристик цеха и оборудования, расположения источников шума и размещения рабочих мест и для цехов с однотипными машинами с учетом поглощения и рассеяния шума оборудованием определяется по уравнению $\Delta L_{зпо} = 10\lg\frac{\alpha_1^* + \chi\alpha_2}{\alpha_1 + \chi\alpha_2}$, где α_i и α_i^* - средние значения коэффициентов звукопоглощения (КЗП) ограждений цеха в октавных полосах до и после установки облицовки, α_1 - для пола-потолка, α_2 - для машин; $\chi = \sum_{i=1}^{m_i} S_i / S'$ - относительная плотность тел рассеяния в поперечном сечении цеха для m_i машин с площадью поперечного сечения S_i при площади поперечного сечения цеха S'. Для основных цехов отрасли величина $\Delta L_{зпо}$ при характерном среднем коэффициенте звукопоглощения до установки облицовки α = 0,24 составляет: для КЗП α_i^* = 0,4 $\Delta L_{зпо}$ = 2,5 дБ; для КЗП α_i^* = 0,5 $\Delta L_{зпо}$ = 3,8 дБ; для КЗП α_i^* = 0,6 $\Delta L_{зпо}$ = 4,9 дБ; для КЗП α_i^* = 0,7 $\Delta L_{зпо}$ = 5,8 дБ; для КЗП α_i^* = 0,8 $\Delta L_{зпо}$ = 6,6 дБ; для КЗП α_i^* = 0,9 $\Delta L_{зпо}$ = 7,5 дБ.

Чаще всего в производственных помещениях применяются облицовки, состоящие из пористых волокнистых звукопоглощаюших материалов типа матов или мягких плит толщиной 50-100 мм, закрытых снаружи перфорированными экранами**.** Установка звукопоглощающих облицовок в основных цехах ряда предприятий текстильной и легкой промышленности обеспечивает снижение уровней шума на рабочих местах на 3-8 дБ во всем звуковом диапазоне [7]. Наиболее эффективным организационно-техническим методом шумозащиты на предприятиях является замена высокошумного оборудования новым, с улучшенными шумовыми характеристиками. Так, замена ткацких челночных станков типа АТ микрочелночными, рапирными, пневморапирными, пневматическими и гидравлическими обеспечила снижение уровней звука в цехах на 10 - 15 дБА. Замена кольцепрядильных и крутильных машин старых типов на новые, с оснащенными внутренней виброизоляцией веретенами и глушителями шума, а также пневмомеханические, аэромеханические, пневматические и самокруточные прядильные и крутильные машины позволила снизить уровни звука в прядильном производстве на 7 - 10 дБА. Аналогичный результат достигнут в предпрядильном производстве за счет замены старых типов ленточных машин на новые, со звукоизолированными головками и шумоглушителями на вентиляторах встроенных пневмосистем.

Литература.

1. Поболь О.Н., Фирсов Г.И. Техносфера, ноосфера и экологические проблемы современных техногенных систем // Вестник Тамбовского университета. Серия Естественные и технические науки. - 2013. - Т.18, вып. 3. - С. 1073-1076.
2. Поболь О.Н., Фирсов Г.И. Экология и техносфера: проблемы и перспективы. II. // Современные проблемы науки и образования. - 2006. - № 6. - С.75.
3. Поболь О.Н. Основы акустической экологии и шумозащита машин. - М.: ЗАО «Информ-Знание», 2002. - 272 с.
4. Защита от шума. СНиП 23-03-2003. - М.: Госстрой России, 2004. – 30 с.
5. Поболь О.Н., Фирсов Г.И. Оценка шумовых характеристик машин в цеховых условиях (на примере текстильной и легкой промышленности) // Вестник научно-технического развития. - 2010. - № 12(40). - С.12-20.
6. Поболь О.Н., Фирсов Г.И. Проблемы и методы оценки шумовых характеристик машин в цеховых условиях // Актуальные проблемы современного машиностроения. Сборник трудов. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – С. 427-432.
7. Поболь О.Н., Суслов Г.В., Фирсов Г.И. Проблемы акустического проектирования и конструктивно-технологические методы снижения акустической активности машин текстильной и легкой промышленности // Экология и безопасность в техносфере: современные проблемы и пути решения. Сборник трудов. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. - С.157-162.

ИЗУЧЕНИЕ СПОСОБОВ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩЕГО ПОЛУЧЕНИЯ МАГНИТНОЙ ЖИДКОСТИ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ ЕЕ В МАШИНОСТРОЕНИИ

М.С. Баглаева, студентка группы ХТб-131, А.Г. Ушаков, к.т.н., доц.
Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева
650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28, тел. (3842) 58-30-73
E-mail: Bagritas@mail.ru

В современном мире промышленность развивается стремительно быстро, создаются наноматериалы, одним из таких материалов является магнитная жидкость (МЖ). Ее уникальность заключается в способности подчиняться магнитному полю, оставаясь в жидком агрегатном состоянии. После снятия поля ее характеристики возвращаются в исходное состояние. Помимо этого магнитная жидкость практически не стареет и не подвергается распаду составляющих при нормальных условиях.

МЖ имеет широкую область применения, более актуальной областью является машиностроение, а именно: герметизация зазоров движущихся частей машины, снижение силы трения, улучшение возможности подвески автомобиля, замена обычных подшипников на подшипники из магнитной жидкости (вакуумная техника, уплотнения реакторов для биохимической технологии, редукторы, коробки передач, амортизаторы). Использование магнитной жидкости позволяет создать малый момент трения, что увеличивает срок службы деталей на 5-10 лет, так же происходит самовосстановление уплотняющей способностей при прорыве, отсутствие износа и возможность подпитки уплотняющего кольца жидкости без разбора конструкции узла [1].

Главной проблемой, из-за которой невозможно повсеместное применение магнитных жидкостей, является их высокая стоимость. Это связано с дорогостоящими компонентами, трудоемким производством и проблемной утилизацией образующихся сточных вод.

Магнитные жидкости (МЖ) – стабилизированные коллоидные растворы ферромагнетиков в некоторой жидкости – носителе, их магнитные свойства определяются содержанием твердой магнитной составляющей, которая может достигать 25 % об. МЖ представляют собой взвесь микрочастиц ферро- и ферримагнетиков в жидкой немагнитной среде (керосине, воде, толуоле, минеральных и кремнийорганических маслах и т. п.).

Главную составляющую МЖ – магнетит (Fe_3O_4), получают разными методами: диспергирования, конденсации: электролитической, вакуумной и химической. Метод химической конденсации заключается во взаимодействии солей Fe^{2+} и Fe^{3+} с гидроксидом аммония (NH_4OH) [2].

Известно, что соли Fe^{2+} и Fe^{3+} возможно получить из железосодержащих отходов (ЖСО) металлургии: пыль, шламы газоочистных сооружений агломерационных фабрик, сталеплавильных и доменных производств.

Поэтому целью работы является изучение железосодержащих отходов металлургических предприятий и переработки их в соли железа.

Выход ЖСО составляет 1% от массы сырья и полуфабрикатов или 7-8% конечного объема производства металлургических заводов. В твердых отходах доменного, агломерационного и сталеплавильного производств содержание железа составляет 33-70% . Помимо этого, в них имеется большое содержание оксидов цинка (1-20%), свинца и щелочных металлов. Утилизация такого рода материалов является огромной проблемой, т.к. присутствие примесей делает отходы непригодными к использованию в основном производстве без их предварительного удаления [3].

ЖСО можно классифицировать по различным признакам, но в данном случае актуальны следующие классификации: по фазовому составу и по содержанию железа. Под фазовым составом понимается: твердые ЖСО (пыли, шламы, шлаки), жидкие (растворы, эмульсии, суспензии), газообразные (оксиды углероды, азота, соединения серы и др). Содержание железа определяет такие ЖСО как богатые (55-67%) – пыль и шлам мартеновских печей и конвертеров, относительно богатые (40-55%) – шламы и пыли аглодоменного производства, бедные (30-40%) – шлам и пыль газоочисток электросталеплавильного производства [4].

Из литературных источников известен метод получения солей железа путем воздействия на пыль из электрофильтров металлургического производства соляной кислотой. После фильтрования добавляли полученный из отхода образованного травлением стальных листов на металлургическом производстве раствор 10 %-го сульфата железа. Далее при интенсивном перемешивании вводили гидроксид аммония и получали магнетит методом химической конденсации [5].

На кафедре химической технологии твердого топлива КузГТУ проводятся опыты по получению МЖ. МЖ была синтезирована следующим образом: получили магнетит посредством взаимодействия солей Fe^{+3} и Fe^{+2} с гидроксидом аммония (NH_4OH), полученную массу промывали водой до получения слабощелочной – нейтральной среды, отфильтровали магнетит, высушили в сушильном шкафу.

Далее готовили стабилизатор, состоящий из олеиновой кислоты и керосина. После окончания сушки синтезировали МЖ при температуре 80-90°С с последующим охлаждением до 50°С. Вследствие синтеза произошло расслоение воды от МЖ. Так как МЖ обладает меньшей плотностью, чем вода, H_2O удалили с помощью делительной воронки. На рис. 1 изображен один из образцов полученного продукта.

Рис. 1. Слева образец магнитной жидкости без действия магнитного поля, справа – под действием магнитного поля

Полученную МЖ анализировали. Гравиметрическим методом была определена массовая доля магнетита в стабилизаторе – 22 %. Вычислена плотность МЖ, ее значение определяли пикнометрическим способом при комнатной температуре следующим образом:

- определяли массу сухого пикнометра с помощью точных весов;
- наполняли пикнометр дистиллированной водой до метки;
- определяли массу пикнометра вместе с дистиллированной водой;
- выливали воду и высушивали пикнометр в сушильном шкафу;
- наливали исследуемую МЖ в пикнометр до метки;
- определяли массу пикнометра вместе с исследуемой МЖ.

По массе МЖ, объему пикнометра и плотности воды при заданной температуре, находили плотность МЖ, значение которой составило 0,97 г/мл.

Так же была определяли условную вязкость. Условная вязкость — величина, показывающая, во сколько раз время истечения МЖ из вискозиметра при температуре испытания больше времени истечения дистиллированной воды при 20 °С. Данный показатель определяли при помощи вискозиметра ВЗ-246 с диаметром сопла 4 мм по ГОСТ 6258-85. Устанавливали время непрерывного истечения в секундах определенного объема испытуемого материала через калиброванное сопло. Условная вязкость МЖ имеет значение 4,16.

ЖСО металлургических предприятий являются токсичными, они относятся ко второму-третьему классу опасности. Экологическая проблема становится острой в местах скапливания таких отходов. Помимо этого с утилизацией ЖСО пропадает большое количество ценных компонентов и сырья, которые можно было использовать во многих отраслях народного хозяйства. В связи с этим изучение способов переработки ЖСО и создание оптимального варианта получения солей Fe^{+3} и Fe^{+2} из отходов становится актуальным. Так же использование в качестве сырья ЖСО для получения МЖ позволяет удешевить данный продукт. Это способствует увеличению спроса потребителя, то есть сделает МЖ более доступной.

Литература.

1. Э. Я. Блум, А. О. Цеберс. МАГНИТНЫЕ ЖИДКОСТИ. – Москва: Знание, 1989. – 64 с. *53
2. Байбуртский Ф. С. Магнитные жидкости: способы получения и области применения. Электронный ресурс. // URL: http://maiineticliquid.narod.ru/ autoritv/008.htm (дата обращения: 15.04.2009).
3. Баркан М.Ш., Кабанов Е.И. Перспективы утилизации отходов горно-металлургических предприятий при добыче и переработке железорудного сырья. / Материалы межвузовской интернет-конференции «Экологические проблемы минерально-сырьевого комплекса». – СПб.: СПГГИ (ТУ), 2011.
4. Решетняк В., Санковский А., Соляник Д., Мареев И. Железосодержащие шламы металлургических предприятий. Электронный ресурс. // URL: http://www.bibliofond.ru/view.aspx?id=732383
5. Соловьѐва А. Н., Калаева С.З., Макаров В.М., Шипилин А.М., Захарова И.Н., Чеснокова А.А. Получение и применение магнитных сорбентов из отходов производства // Физико-химические аспекты синтеза новых магнитных нанодисперсных систем ISBN 978-5-00062-004-5 © ФГБОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина», 2014. – С 10.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ ВЕРХОВЫХ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОТИВОПОЖАРНОГО РАЗРЫВА С ПОМОЩЬЮ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

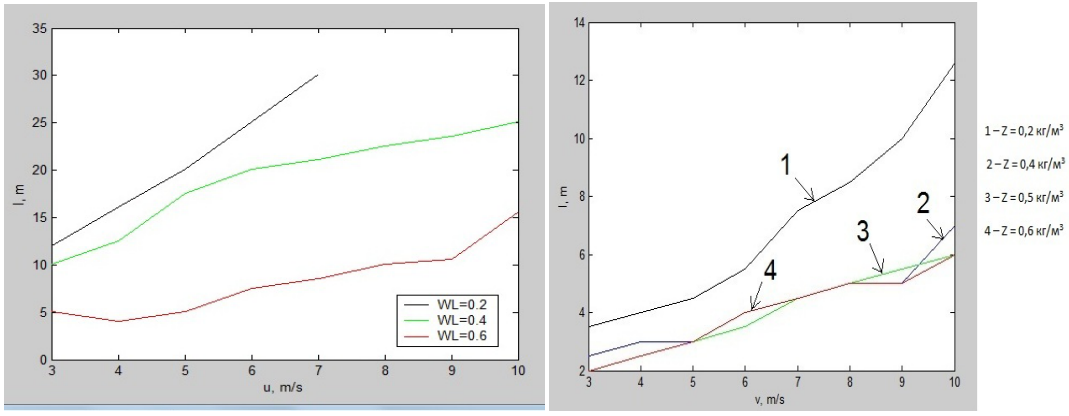
К.О. Фрянова, студент, Д.П. Гербель, студент
Научный руководитель: Перминов В.А., д. ф.-м. н., профессор
Томский политехнический университет, г.Томск
634050, г.Томск, пр.Ленина, 30, тел. (3822)-56-36-98,
E-mail: kof1@tpu.ru

На настоящий момент до конца не выяснены механизмы и условия возникновения различных видов лесных пожаров. Тушение лесных пожаров требует больших затрат сил и средств, и, в подавляющем большинстве случаев, малоэффективно или невозможно. Экспериментальные методы изучения лесных пожаров являются дорогостоящими и не позволяют проводить полное физическое моделирование данного явления, представляют интерес теоретические методы исследования. [3]

Поэтому изучение поведения верховых лесных пожаров с помощью метода математического моделирования помогает разработать профилактические меры по предотвращению и определению возможности возникновения лесных пожаров, ведь математическая модель — это приближенное описание объекта моделирования, выраженное с помощью математической символики.

В данной работе приводятся результаты расчетов возникновения и распространения верхового лесного пожара по осредненной по высоте полога леса в двухмерной постановке, полученной на основе общей математической модели пожаров [1-3] в зависимости от влияния скорости ветра, влагосодержания и запаса лесных горючих материалов (ЛГМ) на конечные параметры противопожарного разрыва для верховых лесных пожаров. Исследование проведено с помощью метода математического моделирования физических процессов. Данный метод основан на численном решении трехмерных уравнений Рейнольдса для турбулентного течения с учетом уравнений диффузии для химических компонентов и уравнений сохранения энергии для газовой и конденсированной фаз и уравнения состояния. Для получения дискретных аналогов использовался метод контрольных объемов [5].

На основе изложенной математической модели проводились численные расчеты по определению картины процесса возникновения верхового лесного пожара в результате зажигания полога леса от заданного очага горения. В результате численного интегрирования получены поля массовых концентраций компонентов газовой фазы, температур, объемных долей компонентов твердой фазы.

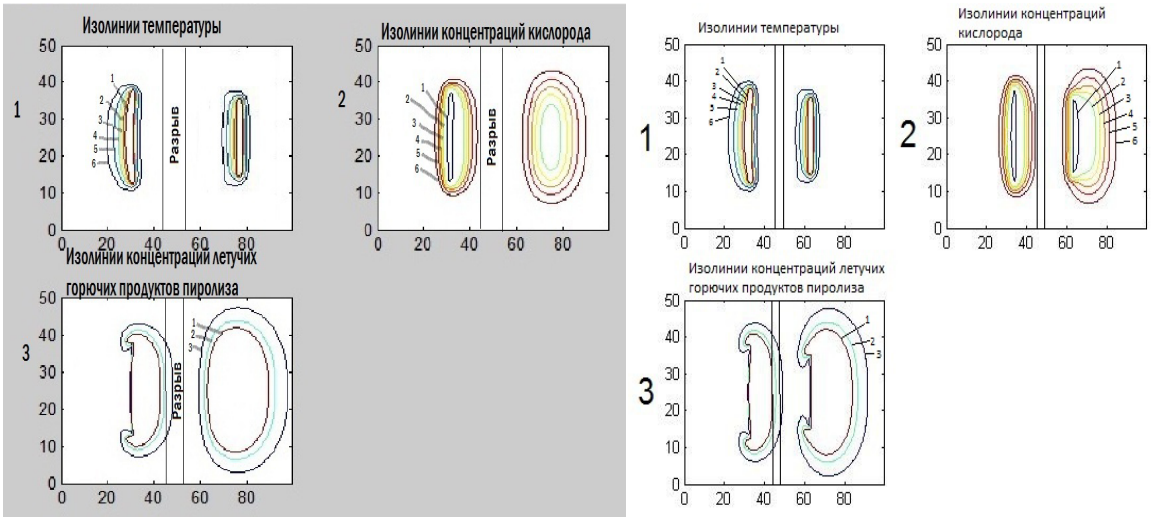


а) б)

Рис. 1. Зависимость минимальной ширины разрыва от скорости ветра и
а) влагосодержания ЛГМ; б) запасов ЛГМ

В ходе многочисленных исследований, была получена зависимость минимальной ширины противопожарного разрыва от скорости ветра, запасов и влагосодержания лесных горючих материалов.

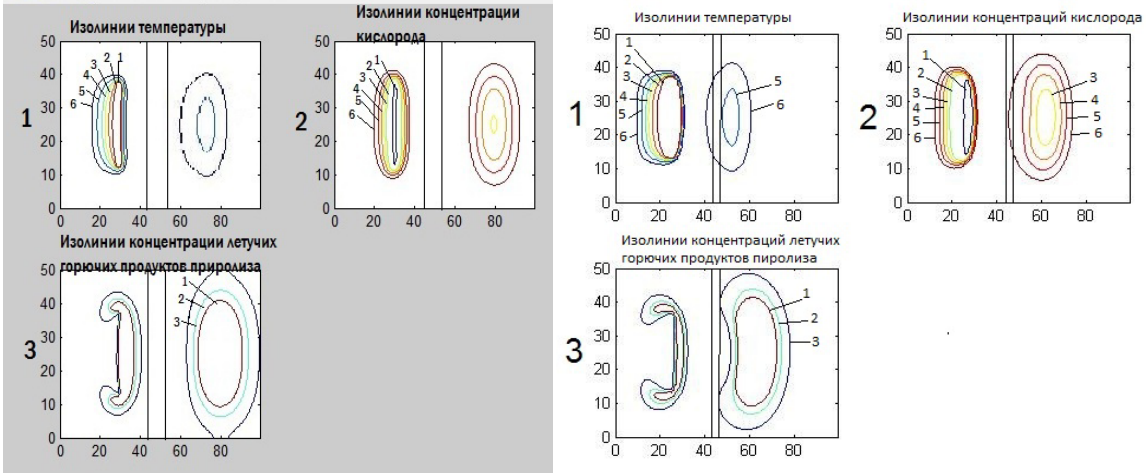
Ниже представлены распределения основных функций для двух случаев преодоления разрывов.



а) б)

Рис. 2. Распределения линий равного уровня (изолиний) температуры, концентраций кислорода и летучих горючих продуктов пиролиза: а) зависимость от влагосодержания ЛГМ, б) зависимость от запасов ЛГМ

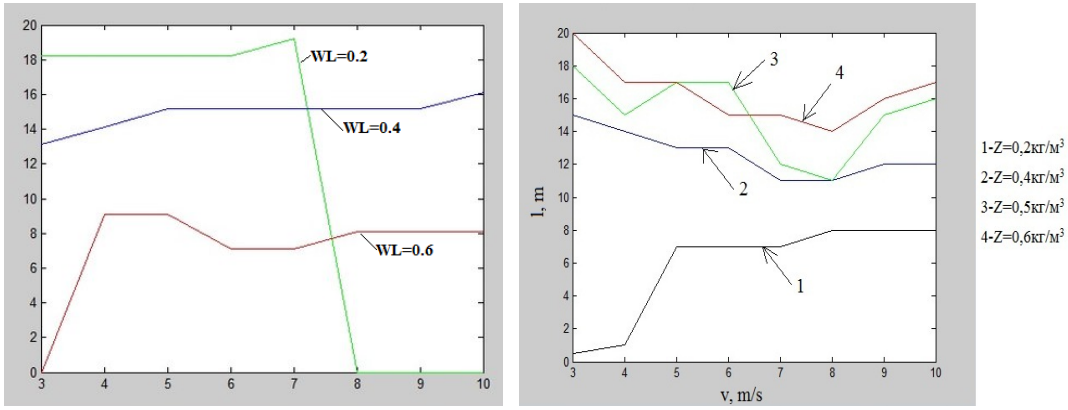
Из графиков видно, что в результате нагрева ЛГМ выделяются летучие продукты пиролиза, которые в дальнейшем могут воспламеняться, повышать температуру горения, и, следовательно, способствовать увеличению интенсивности распространения пожара.



а) б)

Рис. 3. Распределения линий равного уровня (изолиний) температуры, концентраций кислорода и летучих горючих продуктов пиролиза
а) зависимость от влагосодержания ЛГМ, б) зависимость от запасов ЛГМ

Далее нами была предпринята попытка определения геометрических параметров противопожарного разрыва конечной формы. Для этого, проводились численные расчеты по определению картины процесса возникновения верхового лесного пожара в результате зажигания полога леса от заданного очага горения. В результате численного интегрирования получены новые поля массовых концентраций компонентов газовой фазы, температур, объемных долей компонентов твердой фазы. Получены значения параметров минимальных разрывов между участками леса (полян), которые зависят от скорости ветра, запаса и влагосодержания ЛГМ.

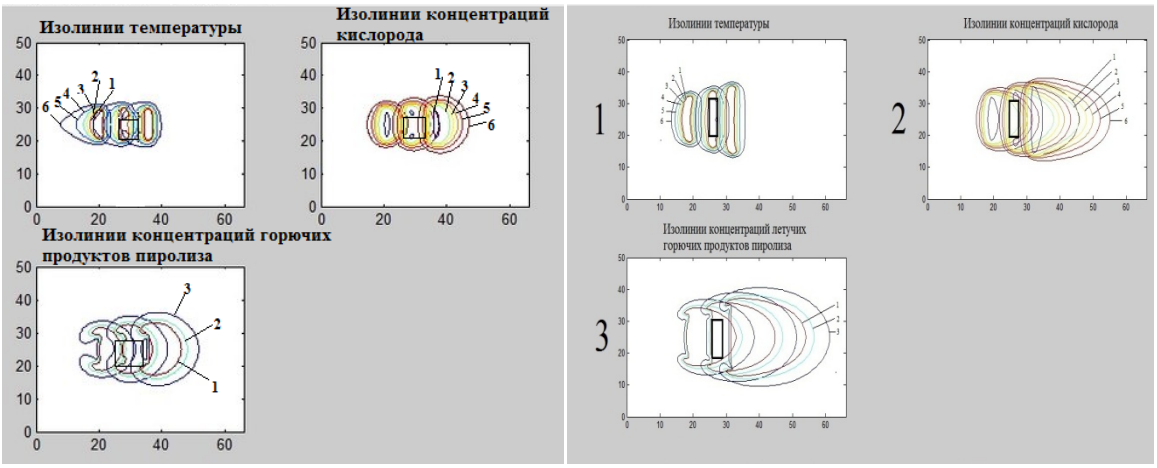


а) б)

Рис. 4. Зависимость минимальной длины разрыва от скорости ветра, ширины разрыва и:
а) влагосодержания ЛГМ, б) запасов ЛГМ

По графикам можно сказать, что проследить четкую зависимость длины противопожарного разрыва весьма проблематично. Проводя аналогию с ранее полученными результатами, можно сделать вывод, что наибольшее влияние на преодоление верховым лесным пожаром противопожарный разрыв оказывает параметр ширины просеки.

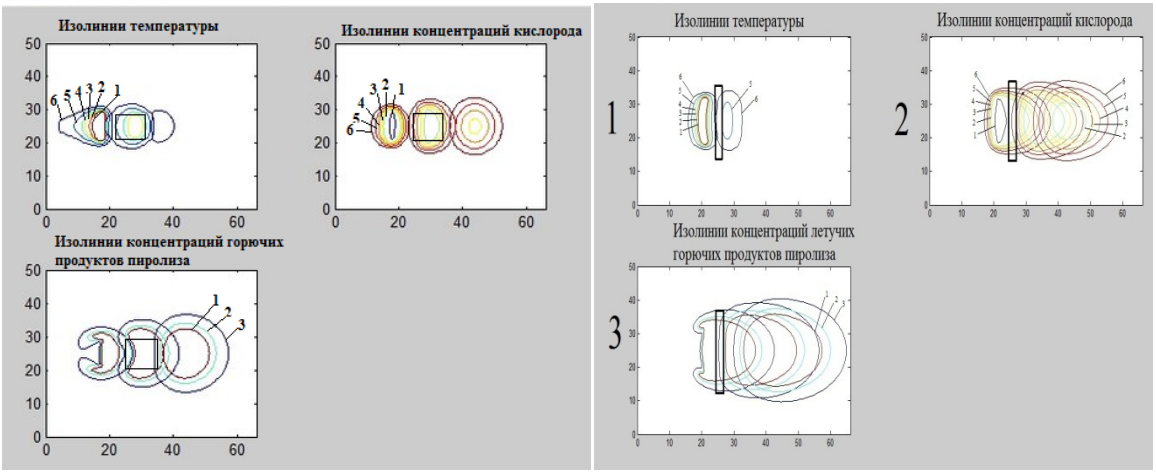
Аналогично первой части работы нами были построены графики распределения линий равного уровня (изолиний) температуры, концентраций кислорода и летучих горючих продуктов пиролиза для распределений функций при подходе к разрыву, переходе через него и дальнейшем распространении. А также случай, когда пожар подходит к разрыву, но не переходит через него.



а) б)

Рис. 5. Распределения линий равного уровня (изолиний) температуры, концентраций кислорода и летучих горючих продуктов пиролиза: а) зависимость от влагосодержания ЛГМ,
б) зависимость от запасов ЛГМ

Из графиков видно, что в результате нагрева ЛГМ выделяются летучие продукты пиролиза, которые в дальнейшем могут воспламеняться, повышать температуру горения, и, следовательно, способствовать увеличению интенсивности распространения пожара.



а) б)

Рис. 6. Распределения линий равного уровня (изолиний) температуры, концентраций кислорода и летучих горючих продуктов пиролиза: а) зависимость от влагосодержания ЛГМ, б) зависимость от запасов ЛГМ

На основе изложенной математической модели проводились численные расчеты по определению картины процесса возникновения верхового лесного пожара в результате зажигания полога леса от заданного очага горения. В результате численного интегрирования получены поля массовых концентраций компонент газовой фазы, температур, объемных долей компонентов твердой фазы. Из рисунков следует, что формируется фронт горения, который распространяется по лесному массиву.

При выполнении расчетов в данной работе изучалось влияние определенных факторов на процесс распространения верхового лесного пожара. Полученные результаты позволяют получить критические условия распространения верхового лесного пожара при заданных размерах разрыва, то есть зависимость скорости распространения от скорости ветра, запасов и влагосодержания лесных горючих материалов (ЛГМ), что, в свою очередь, дает возможность применять такой метод расчетов для профилактики и разработки новых методик тушения лесных пожаров и предотвращения их.

Когда происходит уменьшение влагосодержания лесных горючих материалов, растет скорость распространения верхового лесного пожара. И соответственно, скорость распространения верхового лесного пожара увеличивается, если увеличивается скорость ветра (скорость движения воздушных масс).

Кроме этого, нами был определен второй критический параметр противопожарного разрывы, что на практике приведет не только к меньшим временным и материальным затратам, но и исключит возможность вырубки лишнего лесного массива, что является положительным фактором в тенденции озеленения нашей планеты.

Литература.

1. Гришин А.М. Математические модели лесных пожаров и новые способы борьбы с ними. – Новосибирск: Наука, 1992, 408 с.
2. Гришин А.М.. Грузин А.Д., Зверев В.Г. Математическая теория верховых лесных пожаров // Теплофизика лесных пожаров. - Новосибирск: ИТФ СО АН СССР. 1984. - С.38-75.
3. Perminov V. Numerical Solution of Reynolds equations for Forest Fire Spread // Lecture Notes in Computer Science. - 2002. -V.2329. -P.823-832.
4. Патанкар С.В. Численные метода решения задач теплообмена и динамики жидкости. - М.: Энергоатомиздат, 1984. - 152 с.
5. Щетинский Е.А. Тушение лесных пожаров: Пособие для лесных пожарных. Изд.3-е, перераб. и доп. – М.:ВНИИЛМ, 2002. 104 с.
6. Патанкар С. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости. - М.: ЭНЕРГОАТОМИЗДАТ, 1984. 124 с.
7. Ануфриев И.Е., Смирнов А.Б., Смирнова Е.Н. MATLAB 7.-СПб.: БХВ-Петербург, 2005.-1104с.: ил.

ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТРОНЦИЯ-90 И ЦЕЗИЯ-137 В ПОЧВЕ

И.А. Заяц, аспирант, С.А. Федорова, к.п.н.
Институт ядерной энергии и промышленности
Севастопольский государственный университет
299015, Крым, г. Севастополь, ул. Курчатова, 7, тел. (8692)-71-00-43
E-mail: chemist2007@ukr.net

Работа ядерного объекта в нормальном технологическом режиме сопровождается различными сбросами и выбросами вредных веществ. В окружающую среду попадает большое количество ДЖН. Радионуклиды оказывают негативное влияние на окружающую среду и человека. Поэтому немаловажно проводить мониторинг вокруг загрязняющих объектов, определять содержание радионуклидов ^{90}Sr и ^{137}Cs.

Содержание в земной коре стронция составляет $3{,}4\cdot10^{-2}$ % по массе, цезия $3{,}7\cdot10^{-4}$ %. Природный стронций имеет 4 изотопа с атомными массами 84,86,87,88, когда как цезий – всего лишь 1 ^{133}Cs [1, 2]. Искусственным путем были получены другие изотопы. Так, при работе любого ядерного объекта в окружающую среду поступает значительное количество долгоживущих радионуклидов (ДЖН). В результате деления ядерного топлива урана, образуется ^{90}Sr $T_{1/2}$=28,9 лет и ^{137}Cs $T_{1/2}$=30,17 лет. [3].

Рассеиваясь в воздухе радионуклиды, осаждаются на поверхности почвы, тем самым происходит их накопление в растениях. Они способны длительное время прочно удерживаться в организме и медленно выводится из него, внося вклад в дозу облучения населения [4].

Из-за того что большинство радионуклидов содержаться в природных объектах в очень малых количествах, необходимо уделять особое внимание чувствительности метода. Самыми чувствительными методами являются радиометрические, их чувствительность может достигать 10^{-18}–10^{-20} г. Применяются малофоновые установки – УМФ.

Определение ^{90}Sr и ^{137}Cs основано на выделении щелочных элементов классическими аналитическими методами: осаждение, сорбция, экстракция.

Методом осаждения возможно совместное определение данных радионуклидов (рис. 1). Навески почвы переводят в раствор. Для этой цели используют соляную [5,6] или азотную [6,7] кислоты. При большом содержании в почве нитратов применение азотной кислоты недопустимо [8].

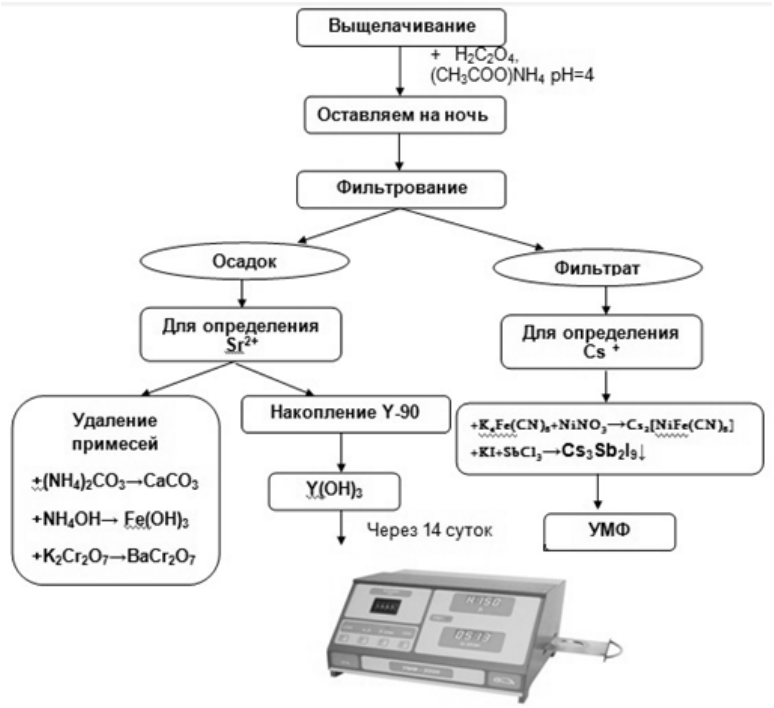


Рис.1. Определение стронции-90 и цезия-137 методом осаждения

После процесса выщелачивания вносят носители определяемых радионуклидов. для образования осадка в раствор добавляют реагенты, содержащие оксалатную $C_2O_4^{2-}$, карбонатную CO_3^{2-}, или др.

[9]. Осадок оставляют на ночь для созревания [6]. После, осадок отделяют от раствора и используют в дальнейшем для определения Sr, а сам раствор – для нахождения Cs. ^{90}Sr определяют по его дочернему радионуклиду ^{90}Y ($T_{1/2}$= 2,67 сут, E_{max}=2284 кэВ) [1]. Осаждая последний в виде оксалатов или гидроксида. Момент достижения равновесия между стронцием и иттрием происходит через 14 суток.

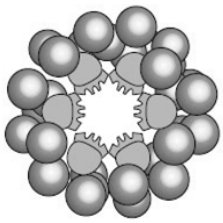
^{137}Cs выделяют при осаждении висмут йодида ($Cs_3Bi_2I_9$) или стибиат йодида цезия ($Cs_3Sb_2I_9$), причем в последнем случае, возможно выделить Cs в радиохимическом чистом виде из небольших по объему растворов. Оценка содержания радионуклидов производиться по удельной активности на малофоновой установки – УМФ.

Преимуществами метода осаждения заключается в возможности разделения радионуклидов друг от друга и от примесей. В процессе оксалатного осаждения возможно очистить ^{90}Sr от примесей.

Недостаток данного метода – время проведения анализа, может достигать до двух недель [9].

Сорбция ^{90}Sr и ^{137}Cs производиться из кислых растворов. В качестве сорбентов могут выступать краун-эфиры, фосфоромолибдат аммония [8], ионно-обменный материал Анфеж (рис. 2).

Краун-эфиры [10] способны захватывать и удерживать радионуклид определенного размера. Фосфоромолибдат аммония сорбирует радионуклид непосредственно на поверхности кристаллов. Достаточно новый сорбент Анфеж представляет собой композиционным неорганическим ионообменным материалом на основе ферроцианида железа-калия и обладает свойством избирательно извлекать цезий-137 [11].



Краун-эфир

Фосфоромолибдат аммония

Анфеж

Рис. 2. Сорбенты применяемые для извлечения ^{90}Sr и ^{137}Cs

Для нахождения химических форм стронция и цезия применяется экстракционный метод Тессье. В зависимости от формы нахождения используются различного рода экстрагенты (вода, раствор гидроксиламина с уксусной кислотой, перекись и др) [12]. Применение данного подхода позволяет избежать явления повторной адсорбции.

Последнее время, популярны экспресс методы – экстракционно-хроматографический с применением краун эфиров [13]. Преимущество заключается в быстроте и эффективности, что приводит к увеличению производительности.

При выборе метода определения радионуклидов необходимо обращать внимание на возможность их определениях в присутствии других элементов. Поэтому все же наиболее актуальным остается метод осаждения.

Заключение.

Особую роль в получении информации о нахождении ДЖН, относят к этапу отбора проб почвы. От правильности пробоподготовки также зависят и результаты радиохимического анализа. Для обнаружения стронция-90 и цезия-137 рассмотрены три основных метода. При выборе того или иного метода, необходимо обращать внимание на возможность определениях ^{90}Sr и ^{137}Cs в присутствии других элементов, чистоту выделяемых нуклидов.

Литература.

1. Полуэктов Н.С., Мищенко В.Т., Кононенко Л.И. и др. Аналитическая химия стронция, М: Наука 1978.
2. Плющев В.Е., Степин Б.Д. Аналитическая химия рубидия и цезия – М.: Наука, 1975.
3. Радиоактивность окружающей среды. Теория и практика / Ю.А.Сапожников, Р.А. Алиев, С.Н.Калмыков – М: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006.
4. Баженов В.А., Булдаков Л.А., Василенков И.Я. Вредные химические вещества. Радиоактивные вещества – Л.: Химия, 1990.
5. ГОСТ Р 54041-2010 Почвы. Метод определения стронция-90.
6. Лаврухина А.К., Малышева Т.В., Павлоцкая Ф.И. Радиохимический анализ – М.: Академия наук СССР, 1963.

7. Методика радиохимического определения стронция-90 в пробах почвы и растительных материалов // Рослесхоз, утв. от 5.09.1994 №192
8. Венедиктова Р.В, Ильинская Т.А., Чернышева Л.П. Определение радиоактивных изотопов стронция // Сборник статей. Радиохимический анализ продуктов деления, 1960 г., с.63-67.
9. Методические рекомендации по санитарному контролю за содержанием радиоактивных веществ в объектах внешней среды // утв. Главным государственным санитарным врачом СССР 03.12.1979.
10. Бежин Н.А., Довгий И.И., Ляпунов А.Ю. Селективность сорбции стронция новым сорбентом на основе эндорецептора дибензо-18-краун-6 // Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського, випуск 2 (73), 2012 г., с. 197-199.
11. Ремез и др. Сорбционные и хроматографические процессы, выпуск 5, том 9, 2009 г., с.627-632.
12. Сарасенко Е.Г., Дегтярева Е.И. Химические методы определения форм нахождения радионуклидов в почвах разных типов // Веснік МДПУ імя І. П. Шамякіна, выпуск 1 (34), 2012 г., с.37-42.
13. Воронина А.В., Семенищев В.С., Недобух Т.А. и др. Применение экстракционно-хроматографических смол компании Трискем для выделения стронция-90 и свинца-210 из пробы почвы и воды // Тезисы докладов встречи пользователей TrisKem International «Использование экстракционной хроматографии в радиохимическом анализе» г. Москва, 16 мая 2013 г. с.9-12.

ВЛИЯНИЕ ПЕСТИЦИДОВ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ И ИНДЕКС ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЕ КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

С.И. Рудакова, к.с-х.н, Л.В. Куркина, к.м.н., зав. кафедрой физического воспитания,*
ФГБОУ ВПО «Кемеровский государственный сельскохозяйственный институт»
650023, г. Кемерово, Кемеровская область, ул. Марковцева, д.5, тел. 8(3842)-73-53-49
*E-mail.ru: s.rudakova57@mail.ru, *kurkina71@mail.ru, *kurkina71@yandex.ru,*

Введение

Из-за загрязнения окружающей среды Кемеровской области происходит снижение плодородия почв, гибель растительного и животного мира, ухудшение качества атмосферного воздуха, поверхностных и подземных вод, что сказывается на здоровье населения и продолжительности жизни людей. В результате хозяйственной деятельности человека в атмосфере отмечают: оксиды углерода, серы, азота, углеводороды, соединения свинца, пыль и т.д., которые оказывают различное токсическое воздействие на организм человека.

Источниками загрязнения почвы служат сельскохозяйственные и промышленные предприятия, в результате в почву поступают химические (в том числе и весьма вредные для здоровья: свинец, ртуть, мышьяк и их соединения), а также органические соединения. Из почвы вредные вещества проникают в грунтовые воды, затем поглощаются растениями, после чего через молоко и мясо попадают в организм человека. В условиях сегодняшней реальности 60,2 % респондентов оценили свое здоровье как удовлетворительное и плохое, среди отклонений отмечены: заболевания органов пищеварения (34,0 %); глаз (28,7 %); сердечно - сосудистой системы (21,8 %); гинекологические заболевания (16,8 %); аллергические (14,4 %); костно-мышечной системы (12,8 %); нервной (11,7 %); мочеполовой (10,1 %); органов дыхания (9,6 %), онкологические заболевания (7,9%). Каждый третий опрошенный имеет 2-3 заболевания [6].

Картофель – наиболее важная культура, которая снабжает продовольствием более половины населения земного шара. Повреждение растений вредителями приводит к потере урожая до 30,0 % [3]. В связи с высоким повреждением посевов картофеля вредителями, в частности колорадским жуком использование пестицидов (инсектицидов) необходимо рассматривать как способ оперативного управления вредоносностью вредителей в агроценозе. Нельзя забывать, что инсектициды являются биологически активными веществами, в связи с чем, их применение требует систематического контроля. Для снижения загрязнения окружающей среды необходим комплексный выбор пестицидов, что регламентирует уровень пестицидной нагрузки [2].

В связи с этим, целью наших исследований явилось изучение влияния пестицидов на объекты окружающей среды и индекс здоровья населения Кемеровской области, для чего необходимо было решить следующие задачи: изучить численность вредителей до обработки инсектицидами, и после обработки; изучить биологическую эффективность инсектицидов против вредителей; изучить зависимость урожайности от использования инсектицидов на посевах картофеля; изучить влияние пестицидов на окружающую среду и индекс здоровье населения Кемеровской области.

Объекты исследований

Объектами явились: почва, пищевые продукты, индекс здоровья населения Крапивинского района Кемеровской области. Токсическое влияние на индекс здоровья населения изучалось через продукты питания и миграцию пестицидов в биосферу. В наших исследованиях использованы пестициды: инсектициды Аркан, Танрек, Искра золотая. Определялись биологическая эффективность пестицидов в посевах картофеля против колорадского жука, влияние пестицидов на урожайность культуры и изменение индекса здоровья населения Крапивинского района Кемеровской области в зависимости от их применения, так как основной пищей для населения является картофель.

Результаты исследований

Исследования проводились в 2012-2014 гг. на полях ООО «Красная Нива» Крапивинского района Кемеровской области. В качестве исследуемых объектов были использованы инсектициды Аркан, Танрек, Искра золотая, а также районированный сорт картофеля Невский, относящийся к группе среднеранних сортов. В опыте контрольный вариант обработан водой, а опытные делянки обработаны инсектицидами. Расход рабочей жидкости пестицидов – 200 л/га. Инсектициды применяли при превышении экономического порога вредоносности (всех фаз развития колорадского жука). Опрыскивание посевов картофеля против личинок вредителя проводили, когда ими были заселены более 5 % растений с количеством 10-15 особей на одно растение (рис. 1, 2).

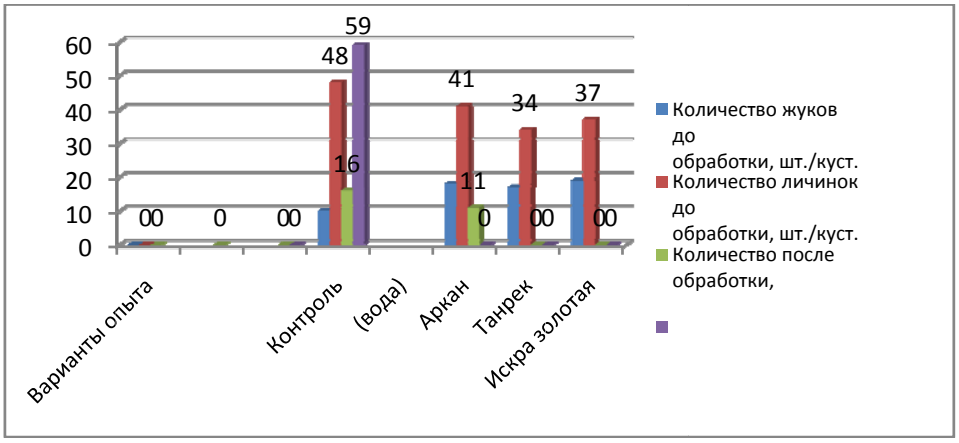


Рис. 1 Численность колорадского жука до обработки и после обработки посевов картофеля инсектицидами, шт./куст

Изучение фитосанитарного состояния посевов картофеля показало, что после обработки опытных делянок инсектицидами Танрек и Искра золотая через 41 день погибли жуки и личинки всех возрастов колорадского жука.

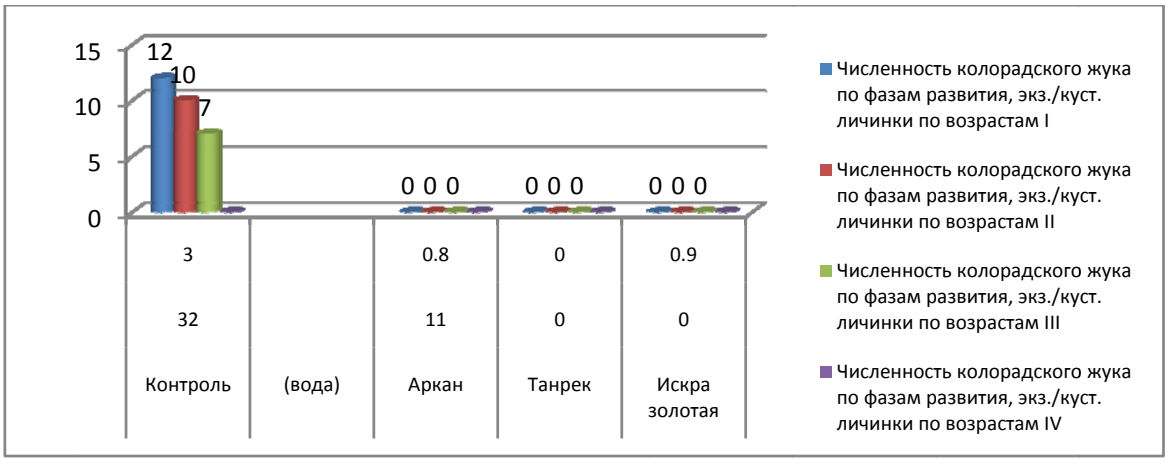


Рис. 2. Численность колорадского жука в соответствии с фазами развития (через 41 день после обработки), экз./куст.

Результаты изучения фитосанитарного состояния посевов картофеля показали, что численность колорадского жука через 41 день после обработки инсектицидами по вариантам опыта снизилась: имаго до 0-11 экз./куст, яйцекладки до 0-0,9 шт./куст, личинки всех возрастов полностью погибли.

Биологическая эффективность применения инсектицидов определялась процентом гибели колорадского жука от проведения химических мероприятий по защите картофеля. Эффективность применения инсектицидов Танрек и Искра золотая достаточно высокая – 100,0 % соответственно. Хорошие результаты показал и инсектицид Аркан, где после обработки численность личинок колорадского жука снизилась до 4 шт./куст (рис. 3).

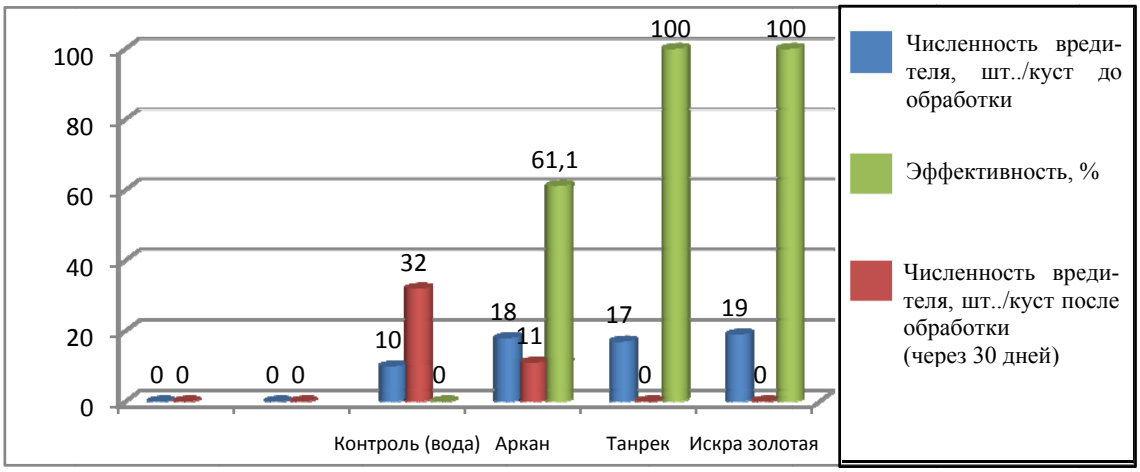


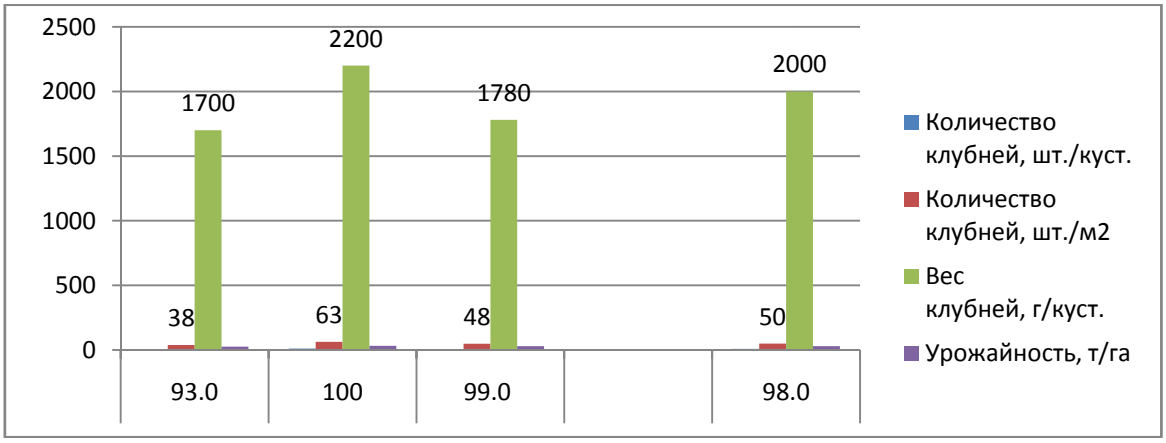
Рис. 3 Биологическая эффективность инсектицидов в посевах картофеля, %

Результаты исследований показали, что биологическая эффективность максимальна при использовании инсектицидов Танрек и Искра золотая, она составляет 100,0 % соответственно, при этом погибают все жуки и личинки колорадского жука на каждом кусте картофеля.

Урожай картофеля по вариантам опыта напрямую зависит от почвенно-климатических условий и применения инсектицидов нового поколения.

Анализ элементов структуры урожая проводили, с целью выявления вариантов с высокими показателями урожайности в зависимости от биологической эффективности применения инсектицидов в посевах картофеля против колорадского жука (рис. 4).

Результаты исследований показали, что урожайность картофеля на контрольном варианте составила 26,5 т/га. Максимальная урожайность отмечена при применении инсектицида Танрек – 32,0 т/га, что больше контрольного варианта на 5,5 т/га . Хорошая урожайность была получена при применении инсектицида Искра золотая – 30 т/га, что больше контрольного варианта на 3,5 т/га.



$НСР_{05}$ 5,8

Рис. 4 Урожайность картофеля, ООО «Красная Нива», Крапивинский район, Кемеровская область

Все химические соединения, попадающие на объекты окружающей среды различными путями, как потенциальные загрязнители менее опасны, чем пестициды. Пестициды характеризуются непредотвратимостью их циркуляции в биосфере. Циркуляция всех химических соединений в окружающей среде протекает по взаимосвязанной схеме: атмосфера–гидросфера–литосфера–биосфера[5].

Особенно напряженная экологическая ситуация складывается в последние годы в промышленных городах и районах Кемеровской области (рис. 5).

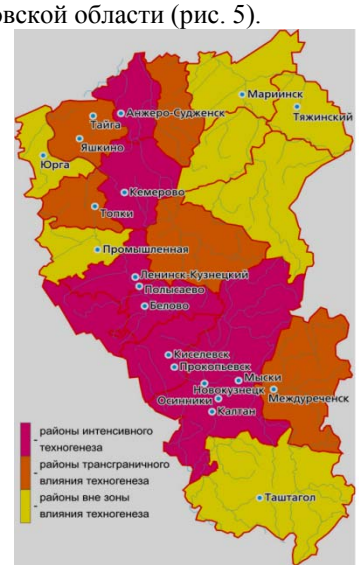


Рис. 5 Карта техногенного загрязнения Кемеровской области [4]

Анализируя состояние окружающей среды Крапивинского района Кемеровской области, следует отметить, что по критериям степени напряженности эколого-гигиенической ситуации её территорию селитебного освоения можно отнести к категории напряженной. В настоящее время идет интенсивное загрязнение земель сельскохозяйственного пользования солями тяжелых металлов и пестицидами. Данный фактор выходит на первый план по опасности для индекса здоровья, как коренного населения, так и мигрантов. Негативная экологическая обстановка региона влияет на индекс здоровья населения и, в частности, демографический потенциал населения (коренного и мигрантов). На демографический потенциал оказывают влияние высокий уровень и тенденция к росту числа абортов на 1000 женщин фертильного возраста (рис. 6).

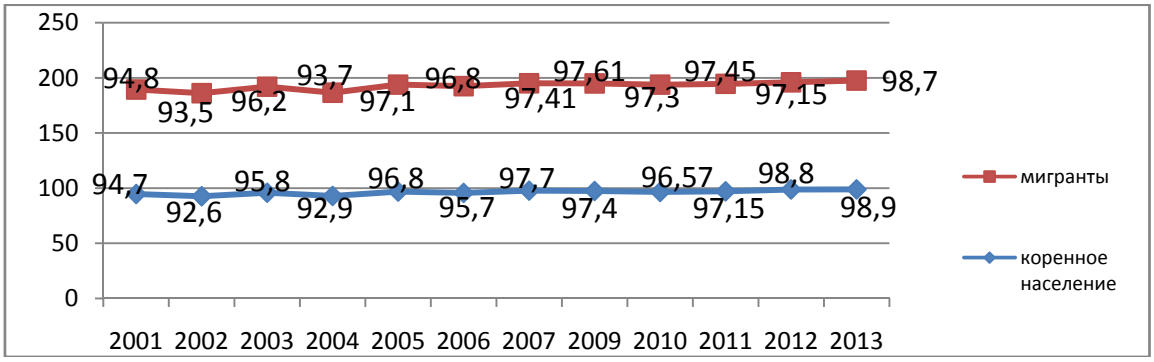


Рис. 6. Уровень числа абортов среди женщин фертильного возраста

В том числе вызывает тревогу высокий уровень естественных абортов среди мигранток. Так, например, в 2013 г. среди коренных женщин фертильного возраста из общего числа абортов (99,5±0,3‰), на долю искусственных приходилось 65,0 % (64,7±0,3‰) и только 35,0 % составляли естественные (32,6‰). Среди мигранток в этот же год из общего показателя абортов (98,1±0,3‰), искусственные составили только 4,0 % (3,1±0,3‰), а доля естественных абортов достигла 96,0 % (95,1 случаев на 1000 женщин фертильного возраста). Установленное трехкратное превышение уровня естественных абортов среди мигрантов (над показателем у коренного населения) позволяет при-

нять во внимание негативное влияние факторов окружающей среды и условий миграции на вынашивание плода и требует повышенного внимания со стороны системы здравоохранения и социального обеспечения к мигранткам в состоянии беременности.

Помимо этого, определяется одинаковый уровень заболеваемости по обращаемости (в среднем за 1999-2013 гг. наблюдения), как среди коренного населения (788,47 случаев на 1000 соответствующего населения), так и среди мигрантов (799,41‰).

В то же время установлена более выраженная интенсивность проявления в среде мигрантов таких классов заболеваний, как болезни системы кровообращения; болезни органов пищеварения; болезни кожи и подкожной клетчатки и болезни мочеполовой системы (рис. 7).

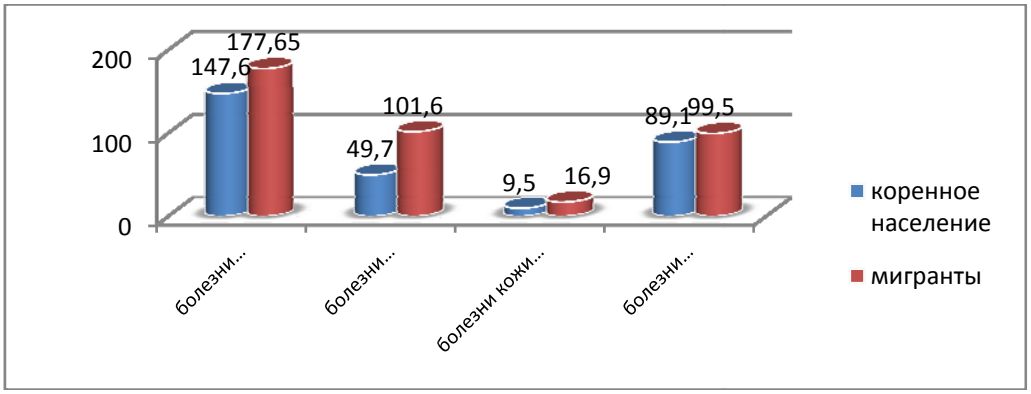


Рис. 7 Интенсивный показатель по классам болезней среди населения Крапивинского района Кемеровской области за период с 2004 по 2013 гг.

По классу болезней органов дыхания обращает на себя внимание низкий уровень заболеваемости по обращаемости мигрантов (коренное население – 184,4±0,1‰; мигранты – 133,9±0,1‰) на фоне высокого уровня смертности (коренное население – 4,8‰; мигранты – 29,5‰), что позволяет предполагать скрытую потребность в медицинской помощи и требует выработки набора профилактических и лечебно-оздоровительных мероприятий в отношении адаптации системы органов дыхания к новым климатическим условиям.

Выводы

1. Биологическая эффективность максимальна при использовании в посевах картофеля инсектицидов Танрек и Искра золотая, она составила 100,0 % соответственно, при этом, на каждом кусте картофеля погибают все личинки и взрослые насекомые, но не все яйцекладки колорадского жука, что связано с высокой токсичностью препарата по отношению к вредителю;

2. Урожайность картофеля на контрольном варианте составила 26,5 т/га. Максимальная урожайность отмечена при применении инсектицида Танрек – 32,0 т/га, что больше контрольного варианта на 5,5 т/га. Хорошая урожайность была получена при применении инсектицида Искра золотая – 30 т/га, что больше контрольного варианта на 3,5 т/га.

3. Пестициды не только загрязняют объекты окружающей среды, но и негативно сказались на индексе здоровья населения Крапивинского района Кемеровской области, что привело к увеличению заболеваемости системы кровообращения (1,2 раза), органов пищеварения (2,04 раза), кожи и подкожной клетчатки (1,8 раз), а также мочеполовой системы (1,11 раз).

Литература.

1. Merging Pollution Prevention Into Quality POJASEK ROBERT B[1] [1] Geographic Place: United States; US // Environmental Quality Management Издательство: Proquest ABI/INFORM ISSN: 1088-1913, Тип: статья в журнале Язык: английский Том: 11 Номер: 3 Год: 2002 Страницы: 85 Цит. в РИНЦ®: 0
2. Современные средства защиты растений и технология их применения / под общ. ред. В.В. Немченко. – Куртамыш, 2006. – 200 с.
3. Фитосанитарная оптимизация растениеводства в Сибири / В.А. Чулкина, В.М. Медведчиков, Е.Ю.Торопова и др. // 3. Технические культуры: Учеб. пособие; Под ред. акад. РАСХН П.Л. Гончарова. – Новосибирск, 2001. –196 с.
4. http://maps-rf.ru/kemerovskaja-oblast
5. green-dom.info›экология/vozdejstvie…na…cheloveka
6. http://www.kuzdrav.ru/statist/vewdok/doklad3.htm

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ЗАТРАТЫ КАК ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ИНДИКАТОР ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОГО ДЕМОГРАФИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Т.В. Лешуков, аспирант, Ю.В. Лесин, д.т.н., профессор
Кемеровский государственный университет, г. Кемерово
650043, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел. (384-2) 58-01-66
E-mail: Timkin-9000@mail.ru

В литературе демографическую безопасность рассматривают в контексте части национальной, наряду с экономической, военной, политической, экологической безопасности страны или отдельного региона [1]. Демографическая безопасность является важнейшей составляющей частью общенациональной безопасности страны. Изучение демографических процессов на региональном уровне имеет важное значение, так как при изучении частных проблем можно судить об общей демографической безопасности страны. Без обеспечения экологической и экономической безопасности региона невозможно обеспечить нормальное развитие демографической системы.

Независимо от конкретных теоретических подходов к оценке демографической безопасности, многие из них сходны в следующем – это наличие реальных демографических угроз, связанных с воспроизводством населения, изменения демографической структуры населения, изменением отношений к институту семьи, снижение качества жизни в отдельных регионах, коим и является Кемеровская область.

Наиболее интересный подход к оценке демографической безопасности мы видим в работе Уральского отделения РАН «Социально-демографическая безопасность России» [2]. В этой работе представлены синтетические индикативные показатели, по которым предлагается проводить оценку социально-демографической безопасности России». Авторами для оценки ситуации предлагаются следующие синтетические индикативные показатели:

1) Синтетический индикативный показатель естественного прироста населения.
2) Синтетический индикативный показатель рождаемости.
3) Синтетический индикативный показатель смертности населения.
4) Синтетический индикативный показатель социальной защищенности материнства и младенчества.

Такой подход дает достаточно полную характеристику демографических процессов, но требует конкретизацию определяющих изменения этих процессов. Мы видим индикаторами демографической безопасности показатели, которые являются угрозами для оптимального существования эколого-экономической системы в рамках концепции перехода к устойчивому развитию территории. Индикаторы будут отнесены к следующим группам (блокам):

1) количественно-качественные показатели демографических процессов;
2) уровень благосостояния и социальной защищенности населения;
3) социально-экономическое положение региона;
4) эколого-климатическая характеристика места проживания.

Особенностью человеческой популяции является то, что она регулируется тремя факторами: биологическим, социально-экономическим, экологическим. Биологический фактор формировался в процессе эволюции человеческой особи, увеличивая устойчивость популяции к внешним угрозам. После демографического и эпидемиологического переходов, продолжительность жизни приближается к своим возможным пороговым значениям. Согласно исследованиям ОВОЗ здоровье, как интегральный показатель качества жизни зависит в большей степени (на 50%) от образа жизни [3].

В настоящее время демографическая система, по нашему мнению, регулируется социально-экономическими и экологическими факторами. Социальный фактор регулирует человеческую популяцию исходя из общественных укладов, обычаев, традиций, религии, главным образом воздействуя на показатель рождаемости. Экономический фактор определяет возможности функционирования института семьи, и финансового обеспечения будущих поколений. Экологический фактор регулирует медико-демографические условия проживания человека, и детерминирует его репродуктивные функции и продолжительность жизни, а также влияет на миграционную активность. При экстенсивном способе хозяйствования, противоречащего концепции устойчивого развития, популяция человека начинает регулироваться внешними факторами (экзогенными факторами). Это выражается в снижении качества окружающей среды, загрязнении атмосферного воздуха, поверхностных и подземных вод, почв и т. д.

Кемеровская область является регионом с кризисной степенью состояния окружающей среды [4], из-за большого количества выбросов в атмосферу от стационарных и нестационарных источников, снижением качества экологических функций литосферы.

В настоящей статье пойдет речь об эколого-климатической характеристике места проживания, как о важнейшем индикаторе демографической безопасности. Предлагаемые индикаторы и возможное воздействие на демографическую систему представлены в табл. 1.

Таблица 1

Индикаторы оценки демографической безопасности

Блок. Эколого-климатическая характеристика места проживания	**Ожидаемый эффект на демографические показатели**
Показатель урбанизации, (%)	Рост продолжительности жизни, снижение рождаемости, снижение смертности, повышение заболеваемости.
Плотность населения (чел. / кв. км)	Повышение заболеваемости
Климатическая характеристика района проживания	
1. Средняя температура января и июля, °С	Увеличение эмиграции из региона, в поисках более благоприятных климатических условий для жизни
2. Среднегодовая температура, °С	
3. Количество осадков за год, мм	
Техногенная характеристика района проживания	
1. Количество выбросов в атмосферу от стационарных источников, (тыс. тонн)	В эпоху информационных технологий осведомленность населения об отрицательном воздействии загрязненной окружающей среды возрастает, что ожидаемо должно вызвать эмиграцию из Кемеровской области.
2. Количество средств затраченных на охрану окружающей среды, (тыс. руб.)	
3. Процентное соотношение нарушенных земель, (%)	
4. Количество сброшенных загрязненных сточных вод, (м3 в год)	

Результатом исследования демографической системы Кемеровской области должны стать демографические модели. Демографические модели используются для описания состояния населения или отдельных процессов рождаемости, смертности, миграции и других. Эти модели могут описывать явления, происходящие в определенных демографических группах. Значимостью построения демографических моделей для этого региона определяется особенностью его социально-экономической системы, глубокой специализаций на горнопромышленном производстве, и степенью загрязнения окружающей среды.

Актуальность проблемы деградации окружающей среды Кемеровской области трудно переоценить, поскольку экологические угрозы носят повсеместный характер, выражающийся в экологическом ухудшении среды обитания биоты, и человека в частности. В настоящее время проблема экономического развития сталкивается с проблемой экологической безопасности среды обитания. Специализация Кемеровской области на горнопромышленном секторе создал проблему повсеместного техногенного изменения окружающей среды, в частности ландшафтов, загрязнение воды, атмосферного воздуха и других ее частей. По мнению авторов статьи, важной составляющей предотвращения деградации окружающей среды является финансовые затраты на природоохранные мероприятия.

Кемеровская область это экономически развивающийся регион, в котором экономика построена на добыче полезных ископаемых, производстве металлургической и химической продукции. В свою очередь эти отрасли экономики изменяют и загрязняют окружающую среду. Отрасли промышленности выбрасывают в атмосферу такие вещества как: взвешенные вещества (пыль, сажа и др.), диоксид серы, оксиды углерода, диоксид азота (NO2), и прочие соединения. В водные объекты попадают нефтепродукты, фенолы, соединения азота, марганца, цинка, железа, меди, взвешенные вещества, органические соединения. Для того чтобы сохранить окружающую среду требуются не только замена техники и технологий на более современные, но и большие объемы капиталовложений на организацию природоохранных мероприятий различного рода, поскольку окружающая среда уже имеет аккумулированный вред.

В Кемеровской области основная нагрузка на окружающую среду связана с большими, по своему объему выбросами вредных соединений в атмосферу, сброса загрязненных сточных вод, а также техно-

генное преобразование ландшафтов и деградация земельных ресурсов. Колоссальные техногенные нагрузки на окружающую среду требуют больших экономических затрат на ее восстановление.

По нашим подсчетам [5], в Кемеровской области ВРП с 2006 по 2011 год вырос на 123,15 %. Рост ВРП наблюдался практически во все представленные годы, кроме 2009 года, в котором экономика Кемеровской области пострадала от прошедшего экономического кризиса. Ранее рост ВРП региона увеличивается, причем ВРП по отраслям, которые вносят наибольший вклад в загрязнение окружающей среды, также увеличивается. Общий объем роста ВРП по отраслям, которые детерминируют техногенную трансформацию окружающей среды с 2006 по 2010 гг. составляет 90,06 %. Если взять в расчет рост общего ВРП региона и рост ВРП главных отраслей загрязнителей с 2006 по 2010 год, то выходит ВРП общее 280302,4 млн. рублей, а ВРП главных загрязнителей 158984 млн. рублей. Увеличение ВРП загрязняющих отраслей составило 56,72 % от общего ВРП региона.

Для того чтобы оценить затраты нами были взяты основные компоненты окружающей среды подверженные техногенной трансформации и загрязнению. Объем затрат на сохранение окружающей среды в Кемеровской области составляет в 2009 - 2,66 %, в 2010 - 2,21 %, а в 2011 – 1,66 % от общего ВРП. Объем затрат с учетом ВРП на 2011 год снизился по отношению к 2010 году на 25 %, к 2009 году на 38 %. Общая сумма средств затраченных в 2011 году на природоохранные мероприятия некоторых компонентов окружающей среды составляет 92,1 % от 2010 года и 92,94 % от 2009 года. Таким образом, увеличивая свой ВРП Кемеровская область одновременно не увеличивает общий объем затраченных средств на охрану окружающей среды, что не может благоприятно сказываться на экологической обстановке в регионе.

Объемы затрат на сохранение окружающей среды уменьшаются, согласно расчетам с 2009 по 2011 год. Общий объем затрат от общего ВРП на 2011 год составлял 1,66 %, что значительно ниже уровня, при котором, по мнению западных специалистов, окружающая среда не будет деградировать. Снижение этого показателя произошло в основном за счет увеличения общего объема ВРП, и частичного снижения общих затрат на различные природоохранные мероприятия, наиболее подверженных деградации, компонентов окружающей среды.

По нашему мнению большую долю затрат должны нести предприятия угольной промышленности, металлургическая и химическая промышленность, и теплоэнергетика, т.к. они в наибольшей степени оказывают влияние на ухудшение экологических условий окружающей среды. Затраты этих предприятий должны увеличиваться согласно роста объема ВРП в регионе от данных предприятий. Для изменения экологической ситуации в регионе необходимы активные меры Администрации Кемеровской области и Правительства РФ, направленные на повышение платежей и затрат государства, частных предприятий на сохранение окружающей среды. Реализация этих мер приведет к снижению деградации окружающей среды и создаст условия для последующего ее улучшения.

Литература.

1. Рыбаковский, Л. Л. Демографическая безопасность / Л. Л. Рыбаковский // Безопасность Евразии. – 2003. – № 3. – С. 154-186.
2. Социально-демографическая безопасность России / Под.ред. В. А. Черешнева, А. И. Татаркина. – Екатеринбург: Институт экономики Уро РАН, 2008. – 864 с.
3. Величковский, Б. Т. Здоровье человека и окружающая среда: учебное пособие / Б. Т. Величковский. – М.: Наука, 1997. – 240 с.
4. Хорошилова, Л. С. Влияние экологической ситуации на заболеваемость и демографические показатели Кузбасса / Л. С. Хорошилова, Л. М. Табакаева, И. В. Трофимова // Вестник Кемеровского государственного университета. – 2010. – № 2 (42). – С. 150-154.
5. Лесин, Ю. В. Экономические затраты на природоохранную деятельность в Кемеровской области / Ю. В. Лесин, Т. В. Лешуков // Вестн. Кузбас. гос. техн. ун-та. – 2013. – № 4. – С. 73-74.

МЕРОПРИЯТИЯ ПО СБОРУ, ИСПОЛЬЗОВАНИЮ, ОБЕЗВРЕЖИВАНИЮ, ТРАНСПОРТИРОВКЕ И РАЗМЕЩЕНИЮ ОПАСНЫХ ОТХОДОВ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Ю.Р. Петькова, ассистент, К. Н. Орлова, к.т.н., доц.
Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского Томского политехнического университета
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26
E-mail: yuliapetkova89@gmail.com

Одним из критериев Государственного контроля деятельности в области обращения с отходами является - контроль выполнения мероприятий, которые позволяют уменьшить количество отходов также вовлечение их в хозяйственный оборот в качестве дополнительных источников сырья.

Ежегодно, на предприятиях ведется государственный учет отходов по форме государственного статистического отчета 2-тп (отходы). Отчет должен сдаваться не позднее 3 февраля в управление Ростехнадзора также в органы государственной статистики (п.2 ст. 19 Федерального закона «Об отходах производства и потребления» 24 июня 1998 года № 89-ФЗ) [1].

В результате складирования отходов производства и потребления возникает масс проблем, таких как: отвод значительных площадей, загрязнение вредными газообразными веществами, пылью, загрязнение поверхностных и подземных вод. В связи с этим предприятие должно осуществлять свою деятельность, направленную на сокращение объемов образования отходов, преобразование отходов во вторичное сырье или получение из них какой-либо продукции, сведение к минимуму образования отходов, не подлежащих дальнейшей переработке, и захоронение их в соответствии с действующим законодательством.

Любые виды отходов требуют соответствующего обращения и не должны подвергаться несанкционированной утилизации. На каждом промышленном предприятии вне зависимости от отрасли, технологического процесса, образуется, накапливается за смену, сутки определенное количество промышленных отходов. В зависимости от класса опасности отходы помещаются в тару - в стальные баллоны - особо опасные отходы (I класса опасности); в полиэтиленовые мешки – II класс опасности; в бумажные мешки - III класс. При заполнении, отходы взвешиваются, вносятся в журнал учета, затем доставляются на промышленную площадку и оставляются на отведенном месте для дальнейшей, переработки, утилизации или транспортировки на полигон захоронения [2].

При эксплуатации объекта (за пример взят Агрегат аммиака на ОАО «Акрон») возможно образование следующих видов отходов производства и потребления, имеющие I -V классы опасности:

- отходы катализаторов и контактных масс,
- отходы активированного угля, незагрязненного опасными веществами;
- алюмогель, отработанный при осушке воздуха и газов;
- обтирочный материал с содержанием масла менее 15%;
- песок, загрязненный маслами (содержание масел менее 15 %);
- отходы песка (песок, загрязненный полиэтиленгликолем);
- масла турбинные отработанные;
- отходы синтетических и минеральных масел;
- осадок с ЛОС (шламовая вода при периодической чистке насосной станции водооборотных циклов и чаш градирен);
- отходы полипропилена в виде лома и литников (полиэтиленовые мешки из-под химреагентов);
- отходы упаковочной бумаги незагрязненные (бумажные мешки из-под химреагентов);
- остатки и огарки стальных сварочных электрод;
- лом черных металлов несортированный (стружка углеродистых металлов);
- абразивная пыль и порошок от шлифования черных металлов (с содержанием металла менее 50%);
- смазочно-охлаждающие масла для механической обработки отработанные;
- ртутные лампы, люминесцентные ртутьсодержащие трубки отработанные и брак;
- электрические лампы накаливания отработанные и брак;
- прочие твердые минеральные отходы (отработанные элементы воздушных фильтров, азотная установка;
- уголь активированный, загрязненный минеральными маслами (содержание масла менее 15%) (отработанные элементы воздушных фильтров, азотная установка);

- отходы затвердевших полиамидов (отработанные элементы мембранных модулей азотной установки и установки деминерализации воды);
- отходы затвердевшего полипропилена;
- резиноасбестовые отходы (отработанные материалы торцевых уплотнений, прокладок);
- ионообменные смолы для водоподготовки, потерявшие потребительские свойства;
- мусор от бытовых помещений организаций, несортированный (исключая крупногабаритный;
- отходы потребления на производстве, подобные коммунальным (смет с территории);
- пищевые отходы кухонь и организаций общественного питания несортированные [3].

Определение класса опасности отходов выполняется в соответствии с Федеральным классификационным каталогом отходов [4].

Класс опасности для отходов, не вошедших в Федеральный каталог (отработанные катализаторы, отработанные элементы воздушных фильтров на основе стекловолокна), определялся расчетным методом на основании нормативного документа «Критерии отнесения опасных отходов к классу опасности для окружающей природной среды» [5].

На территории предприятия предусматриваются специально оборудованные места для селективного сбора и временного хранения (накопления) отходов производства и потребления. По мере накопления образующиеся отходы передаются специализированным организациям для переработки, использования, обезвреживания или захоронения согласно действующим договорам.

Места временного хранения (накопления) отходов оборудованы с учетом класса опасности, физико-химических свойств и реакционной способности размещаемых отходов, а также с учетом требований соответствующих санитарных правил и норм.

Периодичность вывозов определяется вместимостью контейнеров для временного хранения отходов, нормами предельного накопления отходов, санитарными нормами, техникой безопасности, взрыво-пожаробезопасностью отходов, а также грузоподъемностью транспортных средств, осуществляющих вывоз отходов.

На предприятии могут иметь место следующие способы обращения с отходами:

- размещение отходов на собственных объектах (полигон твердых бытовых и подобных им промышленных отходов, полигон для захоронения малотоксичных отходов, мелоотвал, хранилище твердых отходов цехов, щламонакопитель станции нейтрализации цехов);
- обезвреживание на муниципальных биологических очистных сооружениях;
- передача отходов в другие организации с целью размещения, утилизации, обезвреживания.

Несанкционированных свалок и полигонов для захоронения отходов на предприятиях не должно быть.

Свою деятельность по обращению с опасными отходами все предприятия осуществляют на основании лицензий, а также разрешительной документации.

В соответствии со статьей 9 «Об отходах производства и потребления» деятельность по обращению с опасными отходами подлежит лицензированию. Обязательным условием лицензирования деятельности по обращению с опасными отходами является соблюдение требований охраны здоровья человека и охраны окружающей среды. Порядок лицензирования деятельности по обращению с опасными отходами определяет Правительство Российской Федерации [6].

Существующая на предприятиях система сбора и утилизации отходов должна позволять избегать негативного влияния их на соответствующие компоненты окружающей среды. Свою деятельность по обращению с опасными отходами все предприятия должны осуществлять на основании лицензий, а также разрешительной документации.

В заключении предложены мероприятия по сбору, использованию, обезвреживанию, транспортировке и размещению опасных отходов, в сочетании с действующими порядками на предприятии:

Отработанные катализаторы затариваются в 200 литровые металлические бочки и передаются специализированным организациям на переработку. Данный вид отхода обязан передаваться по договору в соответствующие организации, которые имеют лицензию для осуществления сбора, использования, обезвреживания, транспортировке и размещению опасных отходов.

Отходы активированного угля, незагрязненного опасными веществами; ***уголь активированный, загрязненный минеральными маслами*** (содержание масла менее 15%); ***алюмогель***, отработанный при осушке воздуха и газов; ***обтирочный материал с содержанием масла менее 15%; песок, загрязненный маслами (содержание масел менее 15 %); отходы песка*** (песок, загрязненный

полиалкиленгликолем; ***осадок с ЛОС***; ***отходы затвердевших полиамидов***; ***отходы затвердевшего полипропилена***; резиноасбестовые отходы (в т. ч. изделия отработанные и брак); ***ионообменные смолы*** для водоподготовки, потерявшие потребительские свойства; ***прочие твердые минеральные отходы***; ***отходы пропилена в виде лома и литников***; ***отходы упаковочной бумаги незагрязненные***; ***абразивная пыль и порошок от шлифования черных металлов*** (с содержанием металла менее 50%); мусор от бытовых помещений организаций, несортированный (исключая крупногабаритный); ***электрические лампы накаливания отработанные и брак***; ***пищевые отходы кухонь и организаций общественного питания несортированные*** собираются в герметичной таре и вывозятся на полигон твердых бытовых и подобных им промышленных отходов для захоронения, также имеющие лицензию для подобного обращения с отходами.

Масла турбинные отработанные – 3 класс опасности, в автоцистернах или бочках могут направляется в отделение регенерации цеха аммиачной воды, жидкой углекислоты, заполнения баллонов. Отработанное масло, не подлежащее регенерации, направляется по трубопроводу в котельную цеха пароснабжения для использования в качестве дополнительного топлива.

Отходы синтетических и минеральных масел – 3 класс опасности, может использоваться в качестве дополнительного топлива в котельной.

Остатки и огарки сварочных электродов – 5 класс опасности, должны передаются специализированным предприятиям на переработку.

Лом черных металлов несортированный – 5 класс опасности, передается специализированным организациям на переработку.

Смазочно-охлаждающие масла для механической обработки отработанные – 3 класс опасности, передаются специализированным предприятиям на обезвреживание.

Ртутные лампы, люминесцентные ртутьсодержащие трубки отработанные и брак **- 1 класс опасности,** хранятся в заводской упаковке в закрытой герметичной таре отдельно от других отходов и, по мере накопления, передаются специализированным организациям на демеркуризацию. Организации обязаны иметь лицензию по обращению с данными видами отходов.

Отходы потребления на производстве, подобные коммунальным (смет с территории) – 5 класс опасности, собираются в контейнер и вывозятся на полигон твердых бытовых и подобных им промышленных отходов, они могут применяться в качестве изолирующего материала.

Литература.

1. Экологический экспресс-аудит. [Электронный ресурс]. URL: http://kvaminspektor.ru/index.php?page=obraschenie-s-othodami-proizvodstva-i-potrebleniya (дата обращения 25.02.2015.)
2. «ПЕТРОЭКОЛОГИЯ Северо Запад»/ Контроль в области обращения с отходами производства и потребления. [Электронный ресурс]. URL: http://www.petroeco.ru/info/control/
3. Насибулина, Б. М. Отходы как источник загрязнения окружающей среды: монография / Б. М. Насибулина, Т. Ф. Курочкина, А. А. Ис- телюева. – Астрахань: Издательский дом «Астраханский университет», 2009. – 110 с.
4. Федеральный Классификационный Каталог Отходов. ФККО/ Утвержденным приказом МПР России от 02.12.2002 № 786 и дополнением к нему от 30.07.2003 № 663.
5. Критерии отнесения опасных отходов к классу опасности для окружающей природной среды/ Утвержденного приказом МПР РФ от 15.06.2001 г. № 511
6. Федеральный Закон Российской Федерации № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления»/ Утвержденного приказом МПР РФ от 24.06.1998
7. Постановление Правительства РФ № 340 «Об утверждении положения о лицензировании деятельности по обращению с опасными отходами»/ Утвержденного Постановлением Правительства от 23 мая 2002
8. Постановление Правительства РФ № 524 «Положение о лицензировании деятельности по сбору, использованию, обезвреживанию, транспортировке, размещению отходов 1-4 класса опасности»/ Утвержденного Постановлением Правительства от 26.08.2006г.

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ МЕСТО СПЕЦИАЛИСТА В ОБЛАСТИ СПЕЦИАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ УСЛОВИЙ ТРУДА НА ПРИМЕРЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ «ЭЛЕКТРОННОЕ РАБОЧЕЕ МЕСТО ИНЖЕНЕРА ПО ОХРАНЕ ТРУДА»

К.О. Фрянова, студент
Научный руководитель: Е.В. Ларионова, к.х.н., доцент
Томский политехнический университет
634050, г. Томск пр. Ленина, 30, тел. (3822)-12-34-56
E-mail: kof1@tpu.ru

Аттестация рабочих мест по условиям труда как установленная нормативными актами процедура является основным средством для получения объективной оценки состояния условий труда работников, занятых на работах с опасными и вредными условиями труда.

Целью данного исследования стал анализ автоматизированного места специалиста в области аттестации рабочих мест.

При выполнении работы были выявлены существующие на настоящее время автоматизированные программы для аттестации рабочих мест, и дана подробная оценка программы «Электронное рабочее место специалиста по охране труда».

В связи с этим была создана и развивается наука о безопасности труда и жизнедеятельности человека (БЖД). БЖД – это комплекс мероприятий, направленных на обеспечение безопасности человека в среде обитания, сохранение его здоровья, разработку методов и средств защиты путем снижения влияния вредных и опасных факторов до допустимых значений, выработку мер по ограничению ущерба в ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций мирного и военного времени.

Круг практических задач БЖД прежде всего обусловлен выбором принципов защиты, разработкой и рациональным использованием средств защиты человека и природной среды от воздействия техногенных источников и стихийных явлений, а также средств, обеспечивающих комфортное состояние среды жизнедеятельности.

Вместе с тем анализ статистических данных и результатов работы государственных инспекций труда свидетельствует, что в целом состояние условий труда во многих организациях и отраслях экономики Российской Федерации следует квалифицировать как неудовлетворительное.

Анализ данных свидетельствует, что с 2004 г. в организациях, охваченных статистическим наблюдением, произошло увеличение относительной численности работников, занятых в условиях, не отвечающих санитарно-гигиеническим нормам, которая к началу 2011 г. достигла 29% от общей численности работающих.

Подтверждением неудовлетворительного состояния условий и охраны труда в хозяйствующих субъектах Российской Федерации являются данные государственных инспекций труда. В частности, по сведениям госинспекций труда, в 2008–2011 гг. в соответствии с установленным Минздравсоцразвития России порядком работодателями были представлены в государственные инспекции труда сведения о проведении аттестации рабочих мест. При этом условия труда на 2,1 млн. рабочих мест были квалифицированы как вредные и (или) опасные либо не соответствующие установленным требованиям по травмобезопасности или обеспеченности средствами индивидуальной защиты.

Следует отметить также, что, по данным Росстата, к началу 2011 г. в сравнении с 2004 г. в организациях, охваченных статистическим наблюдением, относительная численность работников, которым фактически установлен хотя бы один вид гарантий и компенсаций, увеличилась и составила в целом по России 41,7% от общего числа работающих в указанных организациях. При этом следует отметить, что в последние годы относительная численность работников, которым установлен хотя бы один вид компенсаций, существенно превышает относительную численность работников, занятых во вредных и (или) опасных условиях труда.

Аттестация рабочих мест по условиям труда — это оценка условий труда на рабочих местах в целях выявления вредных и (или) опасных производственных факторов и осуществления мероприятий по приведению условий труда в соответствие с государственными нормативными требованиями (ст. 209 ТК РФ).

Аттестация проводится в порядке, установленном федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере труда[3].

Не проведение аттестации является нарушением законодательства о труде и об охране труда и влечет административную ответственность по ст. 5.27 Кодекса РФ об административных правонарушениях в виде наложения административного штрафа на должностных лиц.

Порядок проведения аттестации рабочих мест по условиям труда[7] раскрывает общие положения и основные понятия данного процесса, а также регламентирует: подготовку к проведению аттестации рабочих мест по условиям труда; гигиеническую оценку условий труда; оценку травмобезопасности рабочих мест; оценку обеспеченности работников средствами индивидуальной защиты; оценку фактического состояния условий труда на рабочих местах и оформление результатов аттестации рабочих мест по условиям труда.

Аттестации рабочих мест по условиям труда подлежат все имеющиеся в организации рабочие места.

С 1 января 2014 года вступил в силу Федеральный закон Российской Федерации от 28 декабря 2013 г. N 426-ФЗ «О специальной оценке условий труда». В связи с чем произошла замена аттестации рабочих мест (АРМ) специальной оценкой условий труда (СОУТ).

Специальная оценка условий труда является единым комплексом последовательно осуществляемых мероприятий по идентификации вредных и (или) опасных факторов производственной среды и трудового процесса и оценке уровня их воздействия на работника с учетом отклонения их фактических значений от установленных уполномоченным Правительством Российской Федерации федеральным органом исполнительной власти нормативов (гигиенических нормативов) условий труда и применения средств индивидуальной и коллективной защиты работников.

В настоящее время существуют программные комплексы, позволяющие автоматизировать работу специалиста в области охраны труда:

1. Программа «Охрана труда» для 1С:Предприятия 8 – это учетная система, предназначенная для автоматизации деятельности службы охраны труда. Программа позволяет экономить время, снижать расходы на ОТ, управлять безопасностью персонала и бизнеса, основываясь на ключевые показатели.

2. АРМ «ОТ» – автоматизированное рабочее место «охрана труда» – Программа является автоматизированным рабочим местом инженера по охране труда. Предназначена для информационной поддержки деятельности инженера (специалиста) по охране труда, актуализации и анализа информации, касающейся вопросов охраны труда на предприятии.

3. Наглядная безопасность и охрана труда – обучающие программы с использованием средств мультимедиа (большого количества рисунков, фотографий, схем, анимаций, фрагментов видеофильмов и звука, включая речевое сопровождение).

4. Электронное рабочее место специалиста по охране труда.

Создание автоматизированного рабочего места специалиста по кадрам на производстве позволит сократить время на обработку информации; произойдет сокращение затрат на обработку информации; уменьшатся затраты времени на поиск необходимой информации; улучшится качества контроля и учета обрабатываемой информации; повысится эффективность работы не только кадровика, но и остальных подразделений фирмы [6].

Из существующих программ наиболее информативной и результативной по нашему мнению оказалась программа «Электронное рабочее место инженера по охране труда», кроме того, она является наиболее выгодной с экономической точки зрения.

Автоматизированное место специалиста в области аттестации рабочих мест согласно данному программному обеспечению включает в себя график и журнал проведения аттестации рабочих мест, а так же автоматические напоминания. Позволяет проводить контроль процесса проведения аттестации рабочих мест, создавать и проводить настройки рабочих мест в соответствии с требованиями приказа Минздравсоцразвития 302н от 12.04.2011года.

Раздел «Аттестация рабочих мест» включает в себя следующие пункты:

1. Органайзер (имеет возможность отображать дела за разные временные промежутки, например, сегодня, на этой неделе, в этом месяце, в этом году, все, а так же функцию «показывать только незавершенные дела»; интерфейс включает в себя графы «дата», «выполнено», «дело»);
2. Справочник «Аттестация рабочих мест» (включает разделы: организация, подразделение, рабочее место, дата предыдущей аттестации, период проведения (в годах), плановая дата проведения, допустимая длительность проведения (в днях), ответственный);
3. График проведения аттестации рабочих мест (имеет подразделы плановая дата, организация, подразделение, рабочее место, ответственный);
4. Документы (подраздел «все документы» делится на «документы модуля», к которым относятся аттестация РМ, перечень рабочих мест, Приказ Минздрава №569 Порядок проведения аттестации рабочих мест и «документы пользователя», которые можно хранить в папках, например, мои документы и избранное);
5. Журнал проведения аттестации рабочих мест (с подразделами «фактическая дата», «плановая дата», «организация», подразделение», «рабочее место», «ответственный», «должность ответственного», «номер протокола», «дата протокола», «примечание»);
6. Настройки модуля (благодаря настройкам модуля можно провести следующие изменения: информировать о желтом значении KPI вкл/выкл, информировать о красном значении KPI вкл/выкл, допустимый срок превышения плановой даты завершения аттестации выбирается вручную, срок напоминания о приближении плановой даты проведения аттестации выбирается вручную, вычислять следующую плановую дату от фактической даты вкл/выкл).

Модуль «Аттестация рабочих мест» позволяет планировать и контролировать проведение аттестаций рабочих мест, в автоматическом режиме вести журнал проведения аттестации рабочих мест, а так же напоминать о предстоящих аттестациях.

Основным направлением государственной политики в области охраны труда является обеспечение приоритета сохранения жизни и здоровья работников. Государственными нормативными требованиями охраны труда, содержащимися в федеральных законах и иных нормативных правовых актах Российской Федерации, устанавливаются правила, процедуры и критерии, направленные на сохранение жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности.

Каждый работник имеет право на рабочее место, соответствующее требованиям охраны труда. Поэтому, согласно действующему законодательству, для получения объективной оценки состояния условий труда работников, занятых на работах с опасными и вредными условиями труда проводится аттестация рабочих мест по условиям труда. Каждый работодатель обязан обеспечить проведение аттестации рабочих мест по условиям труда с последующей сертификацией работ по охране труда.

При написании данной работы были раскрыты основные понятия аттестации рабочих мест, изучены основные функции специалиста по охране труда на предприятии, проведено ознакомление с основными нормативно-правовыми документами в области охраны труда, установлены существующие на настоящее время автоматизированные программы для аттестации рабочих мест, выявлены их основные характеристики.

После анализа существующих автоматизированных программ нами было определено наиболее оптимальное программное обеспечение – Электронное рабочее место инженера по охране труда. Изучен отдельный модуль данной программы «Аттестация рабочих мест»

В последние годы возникает концепция распределенных систем управления народным хозяйством, где предусматривается локальная обработка информации. Для реализации идеи распределенного управления необходимо создание для каждого уровня управления и каждой предметной области автоматизированных рабочих мест (АРМ) на базе профессиональных персональных ЭВМ.

Анализируя сущность АРМ, специалисты определяют их чаще всего как профессионально-ориентированные малые вычислительные системы расположенные непосредственно на рабочих местах специалистов и предназначенные для автоматизации их работ.

Для каждого объекта управления нужно предусмотреть автоматизированные рабочие места соответствующие их функциональному назначению. Однако принципы создания АРМ должны быть общими: системность гибкость устойчивость эффективность.

Согласно принципу системности АРМ следует рассматривать как системы, структура которых определяется функциональным назначением.

Принцип гибкости означает приспособляемость системы к возможным перестройкам благодаря модульности построения всех подсистем и стандартизации их элементов.

Принцип устойчивости заключается в том, что система АРМ должна выполнять основные функции независимо от воздействия на нее внутренних и внешних возможных факторов. Это значит, что неполадки в отдельных ее частях должны быть легко устранимы, а работоспособность системы - быстро восстановима.

Эффективность АРМ следует рассматривать как интегральный показатель уровня реализации приведенных выше принципов отнесенного к затратам по созданию и эксплуатации системы

Литература.

1. Зурабов. М. Ю.Российская энциклопедия по охране труда: В 3 т./ Рук. проекта М. Ю. Зурабов; Отв. ред. А. Л. Сафонов. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: НЦ ЭНАС, 2007. — ISBN 978-5-93196-767-7.
2. Инженер по охране труда [Электронный ресурс]. – режим доступа: http://www.ot-ingener.narod.ru/objaz.htm 11.12.2014
3. Кантарь И. Л. «Автоматизированные рабочие места управленческого аппарата» М.: Наука, 1998- 320 с
4. Информационный портал «ОХРАНА ТРУДА В РОССИИ» [Электронный ресурс]. – режим доступа: http://ohranatruda.ru/ot_soft/. 21.12.2014.
5. Нормативные документы по охране труда в организации [Электронный ресурс]. – режим доступа: http://www.dvkuot.ru/index.php/artikul/409-normakt. 20.12.2014
6. Минько В.М. Аттестация рабочих мест как основа для оптимального планирования улучшения условий и охраны труда; журнал «Безопасность труда в промышленности» №7, 2001, с. 19.
7. Справочно-правовая система Консультант Плюс
8. Официальный сайт издательства «Форум» [Электронный ресурс]. – режим доступа: http://www.forum-media.ru/ 21.12.2014

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ НА ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ РИСКИ ВРЕМЕННОГО ФАКТОРА ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПЛАМЕННОГО ГОРЕНИЯ ТВЕРДОФАЗНЫХ МАТЕРИАЛОВ

К.О. Фрянова, студент
Научный руководитель: Сечин А.И., д.т.н., профессор
Томский политехнический университет, г.Томск
634050, г.Томск, пр.Ленина, 30, тел.(3822)701777
E-mail: kof1@tpu.ru

Трудности, вызванные обеспечением безопасности хранения и транспортирования веществ и материалов в химической отрасли являются одними из приоритетных в технологических процессах. При протекании крупных аварий в этой технологической фазе выходит из строя дорогостоящее оборудование, гибнут люди, наконец, возникают крупномасштабные чрезвычайные ситуации техногенного характера.

В ходе функционирования химико-фармацевтического предприятия в технологических объемах осаждаются пылеобразующие частицы, которые способные к самовозгоранию, что может привести к негативным последствиям. Именно поэтому определение технолого-производственного риска процесса, обеспечение его безопасности, создание надежных расчетных методов в данной отрасли является весьма актуальным.

Цель работы – определение влияния на технолого-производственные риски временного фактора возникновения пламенного горения твердофазных материалов.

Для достижения поставленной перед собой цели необходимо было решить следующие задачи:

- выявить достоинства и недостатки существующих в настоящее время методик для определения видов, функций и технологий определения технолого-производственного риска;
- ознакомиться с расчетно-аналитическим методом изучения термической стабильности полупродуктов и реакционных масс в изотермических условиях;

- провести анализ преимуществ и недостатков «Методики определения условий теплового самовозгорания материалов на основании расчета критических условий»;
- на основе уравнения материального баланса предложить математическую модель для определения времени индукции появления взрывоопасных концентраций пылеобразующих частиц внутри технологического оборудования.

Производственный риск – это вероятность несения предприятием дополнительных издержек или убытков, которые связанны со сбоями в технологическом процессе или остановкой производства, несоблюдением технологического процесса при выполнении операций или деятельности персонала, использованием сырья ненадлежащего качества и т.п. [1]

Производственные риски, в первую очередь, связаны с производством продукции, услуг и товаров, а также с осуществлением различных видов производственной деятельности, в процессе которой руководство предприятия сталкивается с проблемами нерационального использования сырья, увеличения потерь рабочего времени, роста себестоимости конечного товара, использования новых методов производства, а так же с возникновением непредвиденных ситуаций аварийного характрера.

Процесс технологического производства включает в себя несколько различных этапов, на каждом из которых существует вероятность, что предприятие может понести потери в связи с непредвиденными событиями, к которым можно отнести ошибочные действия руководства или негативное воздействие внешней среды [2]. При реализации производственной деятельности стоит учитывать вероятность возникновения различного вида рисков на каждой ступени производственного процесса, начиная от закупки сырья и заканчивая реализацией конечной продукции.

Основные риски, возникающие в процессе производственной деятельности:

- риск в производственной деятельности
- риск кооперационный
- риск невостребованной произведенной продукции
- риск усиления конкуренции
- риск усиления конъюнктуры рынка
- риск возникновения непредвиденных затрат и снижения доходов
- форс-мажорные обстоятельства

Согласно проведенному в работе анализу к технолого-производственным рискам предприятия относятся на стадии готовой продукции и ее реализации. Недостатком этого является отсутствие, как анализа, так и методологии определения технологических рисков, рисков выхода оборудования из состояния устойчивого функционирования, что является предшествующим фактором при развитии ЧС.

В данной работе, большее внимание уделено риску развития чрезвычайной ситуации – воспламенения перерабатываемого материала и, как следствие этого, развитие пожара.

При ознакомлении с существующими расчетно-аналитическими методами изучения термической стабильности полупродуктов и реакционных масс в изотермических условиях было выявлено, что в настоящее время существует два вида термического анализа:

- количественный;
- качественный.

Качественный термический анализ является идентификацией исследуемого образца, основанной на данных о температурах его термических превращений.

Целью количественного анализа является определение количественного состояния исследуемого образца или характеристик данного образца и процесса.

В России наиболее популярным является определение термической стабильности по Методике определения условий теплового самовозгорания веществ и материалов.

Прибегая к данным расчетно-аналитическим методам изучения термической стабильности веществ и материалов в изотермических условиях, можно получить достоверную информацию о способности сохранять целевое вещество.

Сложность проблемы заключается в том, что критерии, которые позволяют оценить термическую устойчивость органического соединения, до сих пор не определены.

Для определения условий теплового самовозгорания материалов, необходимо построение дерева событий.

Данный метод позволяет проследить развитие возможных аварийных ситуаций и аварий, возникающих вследствие реализации событий, инициирующих аварийную ситуацию.

Главное преимущество дерева событий (по сравнению с другими методами) заключается в том, что анализ ограничивается выявлением только тех элементов системы и событий, которые приводят к определенному отказу системы или аварии.

Данный метод позволяет выявить слабые места в технолого-производственном процессе, а так же получить более полное представление о поведении самой системы в моменты выхода оборудования из устойчивого функционирования.

Определение пожаровзрывобезопасных условий переработки, транспортирования и хранения веществ, склонных к самовозгоранию возможно при успешной реализации расчетно-аналитического метода изучения термической стабильности полупродуктов и реакционных масс в изотермических условиях.

Анализируя представленное дерево событий (Рис.1) можно сделать следующее заключение. Критическую температуру отложений на нагретой поверхности оборудования возможно получить если вещество или материал имеет достаточную изученность, а большинство полупродуктов абсолютно не изучены. Таким образом, мы можем получить расчетные данные только для небольшого перечня веществ и материалов. Во всех других случаях необходимо проведение комплекса исследований. Это особенно проблемно для химико-фармацевтической промышленности: большое количество продуктов, полупродуктов и сырья и их малая изученность.

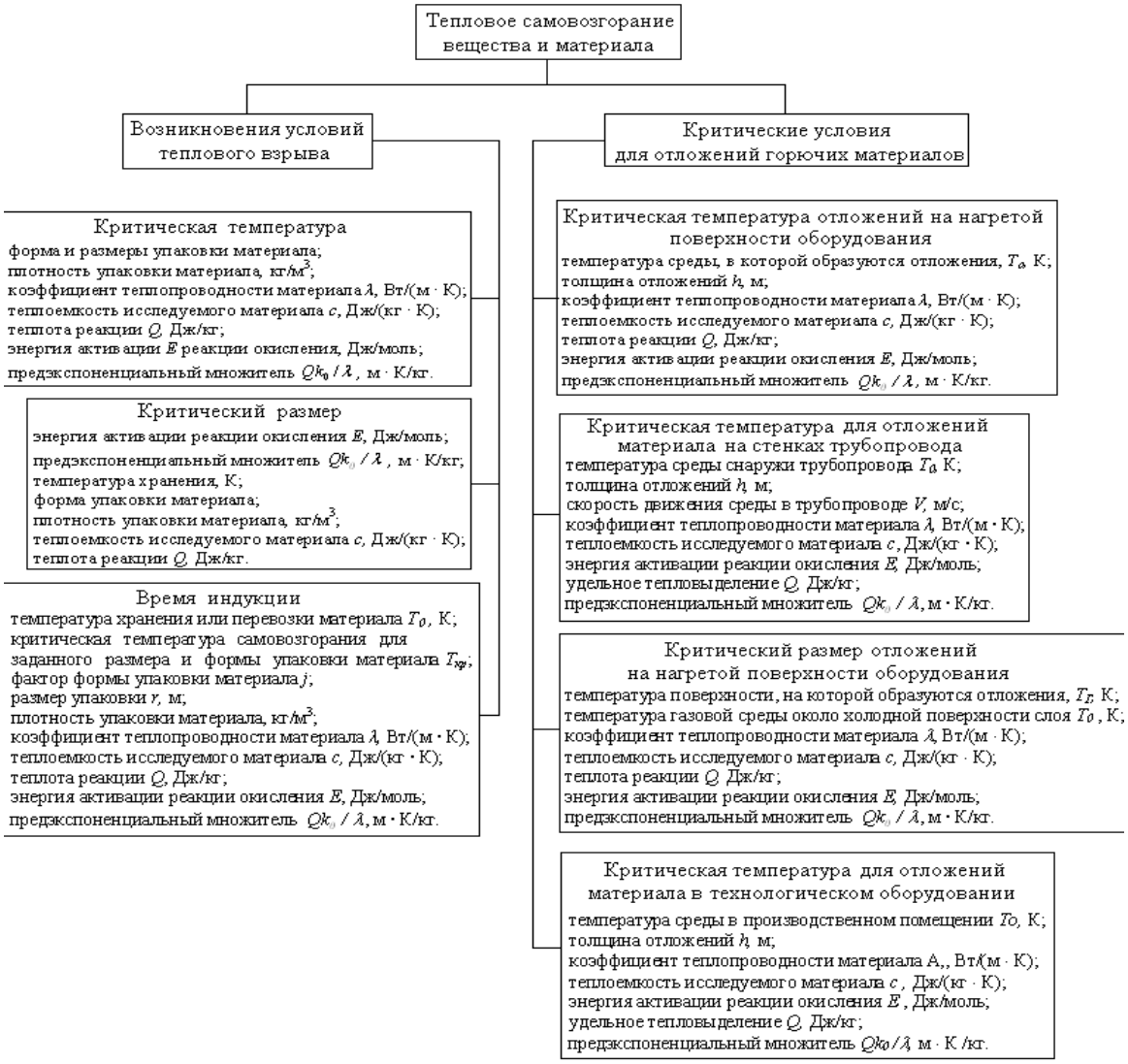


Рис. 1. Дерево событий «Тепловое самовозгорание вещества и материала», основанное на «Методике определения условий теплового самовозгорания веществ и материалов»

В лучшем случае изучены пожаровзрывоопасные характеристики, но по ним осуществлять расчеты весьма проблематично.

Поэтому необходима разработка некоторого метода приближенного определения времени индукции теплового самовозгорания на основе имеющихся пожаровзрывоопасных характеристик.

Для этого, на основе уравнения материального баланса нами предложена математическая модель для определения времени индукции появления взрывоопасных концентраций внутри технологического оборудования, благодаря которой возможно рассчитать время достижения ПДК взрывоопасной пыли в воздухе, время ведения аварийных работ, время развития аварийной ситуации, когда среда будет готова к взрыву.

Математическая модель определения времени индукции появления взрывоопасных концентраций внутри технологического оборудования

Если известна скорость поступления пара или газа в производственное помещение при повреждении или аварии аппарата, то можно определить тот промежуток времени, в течение которого концентрация горючего вещества в помещениях достигнет взрывоопасных пределов.

Естественно, что минимальный промежуток времени образования взрывоопасных концентраций при всех прочих равных условиях будет соответствовать концентрации шара или газа, Равной нижнему пределу воспламенения $C_{НПВ}$ с учетом коэффициента запаса α.

В общем виде длительность нарастания взрывоопасной концентрации будет зависеть, кроме СНПВ и а, от объема помещения *V*, воздухообмена *n* и интенсивности поступления газа *f, w*, т. е.

$$\tau = F(C_{НПВ}, a, V, n, f, w) \qquad (1)$$

Рассмотрим более конкретно эту функциональную зависимость.

При отсутствии воздухообмена в помещении. Когда производственное помещение не имеет принудительной вентиляции или вентиляция не надежна (отсутствует резервный вентилятор, не осуществлено питание электродвигателей от двух независимых фидеров), создаются наиболее благоприятные условия для образования взрывоопасных концентраций при повреждениях и авариях производственного оборудования или трубопроводов.

В этом случае количество горючего вещества, выходящего наружу из оборудования за промежуток времени dτ, должно быть равно приращению количества горючего вещества в воздухе помещения за тот же промежуток времени *dτ*, или

$$qd\tau = VdC \qquad (2)$$

где *q* — количество вещества, выходящего наружу в единицу времени;

V — объем помещения;

dC ~ приращение концентрации горючего вещества за время *dτ*.

Проинтегрировав уравнение (2), получим:

$$q\int_0^{\tau} d\tau = V\int_0^{C_{НПВ}} dC,$$

$$q\tau = VC_{НПВ}.$$

Учитывая коэффициент неравномерности распределения концентрации или коэффициент запаса, равный 0,5, окончательно будем иметь

$$\tau = \frac{0{,}5C_{НПВ}V}{q}, \qquad (3)$$

Если концентрация нижнего предела воспламенения $C_{НПВ}$ берется в объемных долях, то интенсивность поступления горючего вещества должна быть взята в $м^3 \cdot с^{-1}$, а $\tau_{взр}$ будет в сек.

Таким образом, мы получили выражение по которому можно определить время за которое в рассматриваемом помещении накапливается концентрация горючего вещества до величины концентрационного предела взрываемости.

В результате выполненной работы можно сделать следующие выводы:

- влияние на технолого-производственные риски временного фактора возникновения горения твердофазных материалов весьма велико;
- предложен алгоритм определения времени индукции появления взрывоопасных концентраций внутри технологического оборудования;
- в работе обозначена проблема определения условий теплового самовозгорания веществ и материалов.

В процессе исследования проводились:

- анализ достоинств и недостатков существующих методов определения производственных рисков;
- ознакомление с расчетно-аналитическим методом изучения термической стабильности полупродуктов и реакционных масс;
- проанализирована «Методика определения условий теплового самовозгорания материалов на основании расчета критических условий»;
- обоснована необходимость создания универсального метода для определения времени достижения пожаровзрывоопасной концентрации пыли в воздухе рабочей зоны и внутри технологического оборудования.

В результате исследования была предложена математическая модель для определения времени индукции появления взрывоопасных концентраций внутри технологического оборудования.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: при помощи данного метода определение технолого-производственного риска процесса, обеспечение его безопасности, создание надежных расчетных методов расчета становится более доступным.

Данные, полученные в результате этого исследования применимы для химико-фармацевтической промышленности.

Литература.

1. Управление рисками предприятия: учебное пособие / В.Н. Уродовских. – М.: Вузовский учебник, ИНФРА – М, 2011год. – 168с.
2. Анализ и оценка рисков предприятий производственной сферы в процессе инвестиционного проектирования / Г.В. Прибыткова. – Вестник МГТУ, 2005 год. – том 8. - №2. – 300-305с.
3. Управление рисками промышленного предприятия: опыт и рекомендации / Р.Н.Федосова, О.Г.Крюкова. – М.: ЗАО «Издательство «Экономика», 2008год. – 125 с.
4. Исследование подходов к оценке рисков НИОКР / И.Б.Гусева, О.В.Кудряшова. – Наука в центральной России, 2013 год. – № 4. – 94-96 с.
5. Термические методы анализа: учебное пособие / В.И.Альмяшев, В.В.Гусаров. – СПб, СПбГЭТУ (ЛЭТИ), 1999 год. – 40с.
6. Лекции по пожарной безопасности технологических процессов [Электронный ресурс] URL: http://lib.rushkolnik.ru/text/24502/index-1.html?page=5#1

СЕКЦИЯ 5

Передовые технологии и техника для агропромышленного комплекса и разработки недр

К ВОПРОСУ НОРМИРОВАНИЯ ПОТЕРЬ УГЛЯ ПРИ ОТКРЫТОЙ РАЗРАБОТКЕ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ В ЗОНАХ ТЕКТОНИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ

*В.В. Битюков, Е.А. Гарина**
Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева
ООО «СИГД»
650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28
*E-mail: vbityukov@yandex.ru, *garina_e@mail.ru*

После принятия постановления Правительства РФ от 03.02.2012 г. №82 «О внесении изменений в правила утверждения нормативов потерь» [1] обязанность утверждать нормы потерь, за которую ранее отвечала ФНС, перешла к самим недропользователям. Таким образом, становится важным ориентироваться на актуальные условия рыночной экономики, требования действующих нормативно-правовых актов и возникает необходимость разобраться в этом вопросе более подробно.

«Конституция» недропользователей (Федеральный Закон «О недрах») [2] требует рационального использования недр. Официально это трактуется (пункт 5 статьи 23, раздел 3) как «обеспечение наиболее полного извлечения из недр запасов основных и совместно с ними залегающих полезных ископаемых и попутных компонентов». Казалось бы, минимизация потерь должна быть выгодна как государству, так и предпринимателю, ведущему добычу. Но известно, что стоимость 1 т полезного ископаемого для государства и недропользователя разная: государству потери обходятся намного дороже. Это связано с тем, что убытки государства от потерь включают прямой ущерб от потерь и упущенную выгоду от снижения налоговых поступлений. Делая ставку на простую минимизацию потерь, государство порождает конфликт интересов своих и недропользователя. Поэтому необходимо ответственно подходить к оценке потерь при разработке месторождения.

Прежде чем искать удовлетворяющий всех вариант учета потерь и предлагать какие-то новые «методики» и «алгоритмы», необходимо совершить краткий экскурс в историю нормирования потерь на открытых горных работах.

История документов по нормированию начинается с 1969 года. Например, А.М. Кочергин и А.А. Ашихмин [3] разделяют эту историю на три этапа. Всего же было принято 10 нормативных документов и с 2012 года под эгидой Института проблем комплексного освоения недр (ИПКОН) разрабатывается одиннадцатый проект методических указаний. С течением времени, по словам авторов, качество документов падало (новый проект еще не учитывается). Так или иначе, все эти документы по-разному трактуют эксплуатационные потери.

В 2010 году Е.И. Панфилов публикует основные положения [4], в которых предлагает выделить отдельно в группе эксплуатационных потерь «класс потерь в целиках у геологических нарушений», уровень которых подлежат нормированию через специальные «технические нормативы». Но, по его словам, принятые нормы «могут корректироваться в случае существенного изменения горно-геологических условий». При этом существенные условия вводятся в проект обязательно и представляют собой суммарное влияние факторов, которое необходимо учитывать при корректировке.

Для расчета потерь при составлении проекта трудно произвести всеобъемлющую оценку горно-геологических условий, поэтому необходимо разработать определенные рекомендации или алгоритм, позволяющий без труда оценить влияние на уровень потерь тех или иных тектонических нарушений и степень их существенности.

Потери при отработке зон тектонических нарушений связаны с разными факторами и принимают разные значения. Так, например, значительное влияние оказывает амплитуда смещения при дизъюнктивных нарушениях. Согласно классификации К.В. Миронова [5] разрывные нарушения делятся на пять классов (табл. 1).

Таблица 1

Классификация тектонических структур по размерам (по К.В. Миронову)

Класс	Размер	Разрывные	
		Протяженность сместителя	Стратиграфическая амплитуда
Первый	Очень крупные	Около 100 км и более	Около 1000 м и более
Второй	Крупные	10 – 100 км	Сотни метров и более
Третий	Средние	1 – 10 км	Десятки метров и более
Четвертый	Мелкие	Сотни метров – 1 км	3-25 м
Пятый	Очень мелкие	Десятки метров – 100 м	Десятые доли метра – 3 м

Для расчета потерь при добыче угля открытым способом данная классификация не показательна (подземный способ добычи [6], равно как и отработка открытым способом, например, месторождений строительных материалов [7] в силу своей специфики с такими проблемами не сталкиваются). В современных условиях широкого выбора горной техники появляется возможность за счет изменения типа лопаты, емкости ковша, рабочих параметров экскаватора по-разному отрабатывать те или иные зоны тектонических нарушений (дизъюнктивов), стремясь уменьшить потери при добыче. Учитывая, что высота забоя непосредственно зависит от максимальной высоты (для обратных гидравлических лопат – глубины) черпания, на наш взгляд, необходимо выделять классы согласно наиболее распространенным параметрам. Также следует учитывать стремительное увеличение использования таких экскаваторов, как обратная (и прямая) гидравлическая лопата, обладающие более широким диапазоном режимов черпания по сравнению с механическими лопатами.

Сегодня все большую популярность в использовании на добыче угля набирают обратные гидравлические лопаты с малым объемом ковша [8], причем, как правило, преобладают экскаваторы с вместимостью ковша до 8, максимум 10 м^3. Эта тенденция вызвана необходимостью добывать с наименьшими потерями как полезное ископаемое, так и полезный компонент. Такие экскаваторы справляются с поставленной задачей лучше, нежели прямая механическая или гидравлическая лопаты.

В таблице 2 приведены основные используемые марки экскаваторов ведущих мировых компаний и их вместимость ковша.

Таблица 2

Характеристика наиболее популярных обратных лопат

Фирма	Марка	Вместимость ковша, м^3
Hitachi	ZX670-5G	2,5-3,5
	EX1200-6	5,2-6,7
Komatsu	PC400/LC-7	1,3 – 2,2
	PC750-7	2,8-3,4
	PC750-7	3,4-5,2
Liebherr	R 9100	7,0
	R 984 C	7,0
	R 9150	8,3
Caterpillar	6015/6015FS	7,0
Volvo	EC460	2,3

Конструкция стрелы и рабочие параметры обратных гидравлических лопат позволяют разрабатывать породоугольные панели [9] высотой до 15 м послойно. В работе [10] приводятся основные положения разработки схем забоев обратных гидравлических лопат для проходки траншей и отработки заходок, но необходимо отметить, что при несомненной актуальности и важности этой работы схемы забоев разработаны только для простых условий, т.е. для отработки ненарушенного угольного пласта. Схемы для отработки породоугольных панелей в зонах разрывных нарушений не разрабатывались.

В дополнение к классификации [5] стоит отметить, что помимо амплитуды смещения, на величину потерь в количественном выражении оказывают влияние такие факторы, как угол падения сместителя, его положение относительно пласта, а также его протяженность.

К качественным же потерям, то есть к снижению полезного компонента в добытой горной массе («разубоживанию» [4]), приводят не только тектонические структуры пятого класса, которые образовывают сложные для разработки породные междупластья, но и сами разрывы. По опыту натурного изучения ведения добычных работ на разрезах Кузбасса в местах дизъюнктивных нарушений происходит многократное «смятие», «перегибание» пласта, что приводит к интенсивному примешиванию породы в полезное ископаемое.

Так или иначе, при разработке классификации весьма сложно оценить все горно-геологические условия, учет влияния которых позволил бы свести данную процедуру к типовому расчету.

Предпосылки, представленные в данной работе, позволяют выделить примерный круг первоочередных задач по созданию классификации и в последующем нормативных документов по нормированию потерь в сложных горно-геологических условиях. Необходимо исследовать влияние используемого оборудования на потери, установить тип связи и выработать универсальный коэффициент, позволяющий определять размеры потерь математическим методом, а также проанализировать

степень влияния других факторов и выработать совокупный показатель для составления итогового алгоритма расчета потерь в местах тектонических нарушений.

Литература.

1. Постановление Правительства РФ от 03.02.2012 г. №82 «О внесении изменений в правила утверждения нормативов потерь».
2. Федеральный закон «О недрах». (В редакции Федерального закона от 3 марта 1995 года № 27-ФЗ с изменениями на 31 декабря 2014 года)
3. Кочергин, А.М. Экономические аспекты нормирования потерь угля при добыче открытым способом / А.М. Кочергин, А.А. Ашихмин // Рациональное освоение недр. – М.: НИИЦ «Недра-XXI». – 2012. – №3. – С. 14-23.
4. Панфилов, Е.И. О развитии методологии определения и оценки полноты и качества разработки месторождений твердых полезных ископаемых (основные положения) / Рациональное освоение недр. – 2010. – № 2. – С. 7-16.
5. Миронов, К.В. Справочник геолога-угольщика. / М.: Недра. – 1982. – 311 с.
6. Хорешок, А.А. Опыт эксплуатации рабочего инструмента исполнительных органов горных машин на шахтах Кузбасса / А.А. Хорешок, А.М. Цехин, В.В. Кузнецов, А.Ю. Борисов, П.Д. Крестовоздвиженский // Горное оборудование и электромеханика. –2011. – № 4. – С. 8-11.
7. Герике, Б.Л. Промышленная апробация рабочего органа машины для поверхностного фрезерования крепких горных пород / Б.Л. Герике, П.Б. Герике // Кемерово. – Вестник КузГТУ. – 2005. – № 4.1. – С. 16-20.
8. Стрельников, А.В. Опыт применения обратных гидравлических лопат на разрезах ОАО «УК «Кузбассразрезуголь» / А.В. Стрельников, М.А. Тюленев // Кемерово. – Вестник КузГТУ. – 2011. – № 2. – С. 8-12.
9. Тюленев, М.А. Определение числа слоев при разработке породоугольных панелей обратными гидравлическими лопатами / М.А. Тюленев, В.Г. Проноза, А.В. Стрельников // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – М.: Горная книга. – 2012. – № S7. – С. 112-118.
10. Тюленев, М.А. Разработка схем забоев для послойной проходки траншей и отработки заходок обратными гидравлическими лопатами / М.А. Тюленев, В.Г. Проноза, А.В. Стрельников // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – М.: Горная книга. – 2011. – № S10. – С. 23-33.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ И ДЕФОРМАЦИЙ В СОПРЯГАЕМЫХ ЭЛЕМЕНТАХ ДИСКОВЫХ ИНСТРУМЕНТОВ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ ОРГАНОВ ПРОХОДЧЕСКИХ КОМБАЙНОВ

А.А. Хорешок, д.т.н., проф., Л.Е. Маметьев*, д.т.н., проф., А.Ю. Борисов*,ст. преп., А.В. Воробьев**, к.т.н, доц.*
** Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева*
650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28
, Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского Томского политехнического университета*
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26
E-mail: haa.omit@kuzstu.ru, bau.asp@rambler.ru, vorob@tpu.ru

Введение

В мировой практике проведения подземных горных выработок значительное распространение получили резцовые, дисковые и шарошечные инструменты для оснащения рабочих органов проходческих комбайнов, щитовых проходческих комплексов и агрегатов [1–10]. На кафедре горных машин и комплексов КузГТУ им. Т.Ф. Горбачева совместно с кафедрой горно-шахтного оборудования ЮТИ (филиал) НИ ТПУ проводятся исследования, направленные на разработку конструктивных модулей узлов крепления дискового инструмента, обеспечивающего расширение области применения исполнительных органов проходческих комбайнов избирательного действия на разрушение структурно-неоднородных углепородных забойных массивов. Оценка эффективности разрабатываемых технических решений осуществляется по результатам моделирования напряженно-деформированного состояния с использованием метода конечных элементов.

Распределение эквивалентных напряжений в сопряженных конструктивных элементах узлов крепления дискового инструмента к многогранным призмам. При моделировании напряженного состояния конструкций трехгранных призм с узлами крепления по трем вариантам (рис. 1, а, б, в) и четырехгранных призм (рис. 1, г, д) использованы четыре конструкции дискового инструмента диаметром D = 160 мм (три биконических с углами заострения: 1 – $\varphi = \varphi_1+\varphi_2 = 5°+25° = 30°$; 2 – 10°+20° = 30°; 3 – 15°+15° = 30° и один конический 4 – $\varphi = 0°+30°$). Следует отметить, что угол заострения φ_1 биконического дискового инструмента обращен к поверхности обнажения забоя проходческой выработки.

В табл. 1 и на рис. 2 представлены зависимости распределения эквивалентных напряжений $\sigma_{экв}$ от диаметров D сопряженных конструктивных элементов узлов крепления дискового инструмента к трехгранным призмам для прогнозируемого разрушения забойного массива горных пород с $\sigma_{сж}$ = 70 МПа. При этом характерные сечения проходят через кромку диска и пересекают следующие сопрягаемые элементы: - для первого варианта на рис. 1, а (1 – диск, 2 – ось-цапфа), - для второго и третьего вариантов на рис. 1, б, в (1 – диск, 2 – цапфа, 3 – ось с упорным буртиком).

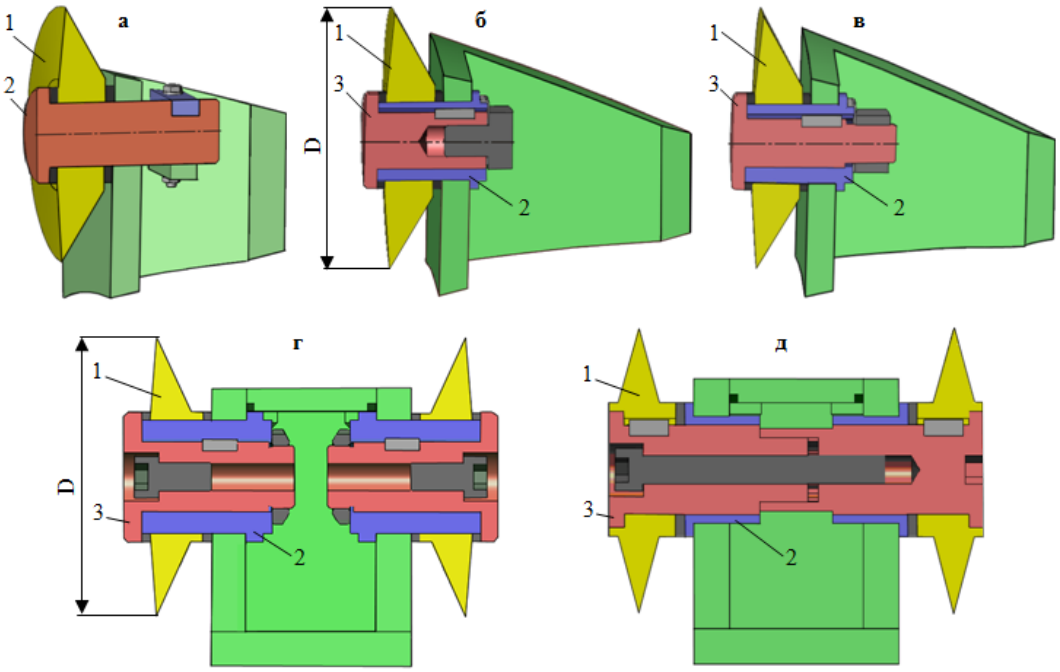


Рис. 1. Конструкции сопрягаемых элементов узлов крепления дискового инструмента к многогранным призмам: а – с планкой-замком, б – с винтом; в – с гайкой; г – с раздельными узлами крепления дисков; д – со спаренными узлами крепления дисков

Таблица 1

Характер распределения эквивалентных напряжений при разрушении забоя дисковым инструментом на трехгранных призмах коронок проходческих комбайнов

Варианты узлов крепления	Углы заострения дисков $\varphi = \varphi_1+\varphi_2$, град		Полиномиальные зависимости	Коэффициенты достоверности аппроксимации R^2
I	1	5°+25°	$\sigma_{экв} = -4E\text{-}10D^6+2E\text{-}07D^5-4E\text{-}05D^4+ +0{,}0036D^3-0{,}13D^2+2{,}1824D-3{,}364$	0,9116
	2	10°+20°	$\sigma_{экв} = -2E\text{-}10D^6+1E\text{-}07D^5-3E\text{-}05D^4+ +0{,}0028D^3--0{,}1138D^2+1{,}8771D-2{,}6505$	0,9
	3	15°+15°	$\sigma_{экв} = -4E\text{-}10D^6+2E\text{-}07D^5-5E\text{-}05D^4+0{,}0044D^3- -0{,}1686D^2+2{,}5206D-4{,}4542$	0,875
	4	0°+30°	$\sigma_{экв} = 2E\text{-}10D^6-1E\text{-}07D^5+2E\text{-}05D^4- -0{,}0011D^3+0{,}0297D^2+0{,}0692D+0{,}8159$	0,8987
II	1	5°+25°	$\sigma_{экв} = -1E\text{-}10D^6+8E\text{-}08D^5-2E\text{-}05D^4+ +0{,}002D^3-0{,}0932D^2+1{,}8159D-3{,}217$	0,9143
	2	10°+20°	$\sigma_{экв} = 2E\text{-}10D^6-2E\text{-}08D^5-4E\text{-}06D^4+ +0{,}0011D^3-0{,}0686D^2+1{,}5676D-2{,}8298$	0,8901

Варианты узлов крепления	Углы заострения дисков $\varphi = \varphi_1+\varphi_2$, град		Полиномиальные зависимости	Коэффициенты достоверности аппроксимации R^2
	3	15°+15°	$\sigma_{экв} = 5E\text{-}10D^6\text{-}2E\text{-}07D^5+2E\text{-}05D^4\text{-}$ $\text{-}0{,}0008D^3\text{-}0{,}0002D^2+0{,}6508D\text{-}1{,}3489$	0,8752
	4	0°+30°	$\sigma_{экв} = 6E\text{-}10D^6\text{-}3E\text{-}07D^5+4E\text{-}05D^4\text{-}$ $\text{-}0{,}0031D^3+0{,}0984D^2\text{-}0{,}7694D+2{,}4977$	0,9467
III	1	5°+25°	$\sigma_{экв} = \text{-}1E\text{-}10D^6+6E\text{-}08D^5\text{-}1E\text{-}05D^4+$ $+0{,}0014D^3\text{-}0{,}0648D^2+1{,}5159D\text{-}3{,}3668$	0,9004
	2	10°+20°	$\sigma_{экв} = \text{-}3E\text{-}11D^6+6E\text{-}08D^5\text{-}2E\text{-}05D^4+$ $+0{,}0022D^3\text{-}0{,}1041D^2+2{,}0006D\text{-}4{,}0917$	0,9003
	3	15°+15°	$\sigma_{экв} = 4E\text{-}10D^6\text{-}1E\text{-}07D^5+1E\text{-}05\,D^4\text{-}$ $\text{-}4E\text{-}05D^3\text{-}0{,}0253D^2+0{,}921D\text{-}1{,}7204$	0,9011
	4	0°+30°	$\sigma_{экв} = \text{-}3E\text{-}10D^6+1E\text{-}07D^5\text{-}2E\text{-}05D^4+$ $+0{,}0012D^3\text{-}0{,}0291D^2+0{,}4971D+0{,}2927$	0,8799

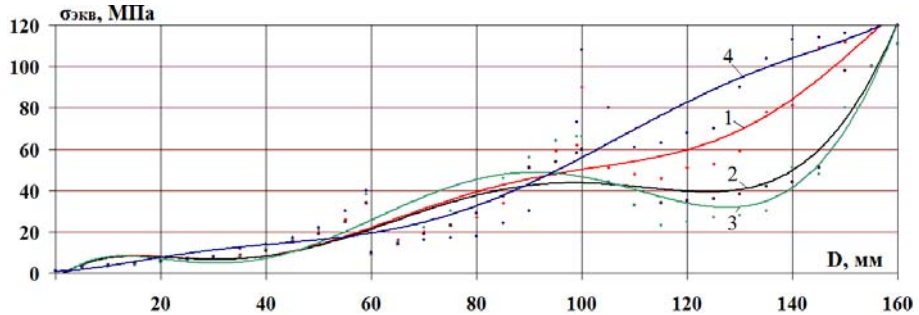


Рис. 2. Зависимости распределения эквивалентных напряжений $\sigma_{экв}$ от диаметра D сопрягаемых конструктивных элементов в сечении, проходящем через клиновую реборду дискового инструмента для *первого варианта* узла крепления к трехгранной призме (рис. 1, а): 1, 2, 3, 4 – углы заострения дисков $\varphi = \varphi_1+\varphi_2$ (см. табл. 1)

На рис. 3, 4 и в табл. 2 представлены картина и зависимости по распределению эквивалентных напряжений $\sigma_{экв}$ от диаметров D сопряженных конструктивных элементов узлов крепления с раздельными дисковыми инструментами к четырехгранной призме (рис. 1, е) для прогнозируемого разрушения забойного массива: уголь (1 – $\sigma_{сж}$ = 12,4 МПа), порода (2 – $\sigma_{сж}$ = 51 МПа; 3 – $\sigma_{сж}$ = 60,6 МПа; 4 – $\sigma_{сж}$ = 78,9 МПа). При этом сопрягаемыми конструктивными элементами в характерном сечении являются (рис. 1, г): 1 – диск, 2 – цапфа, 3 – ось с упорным буртиком.

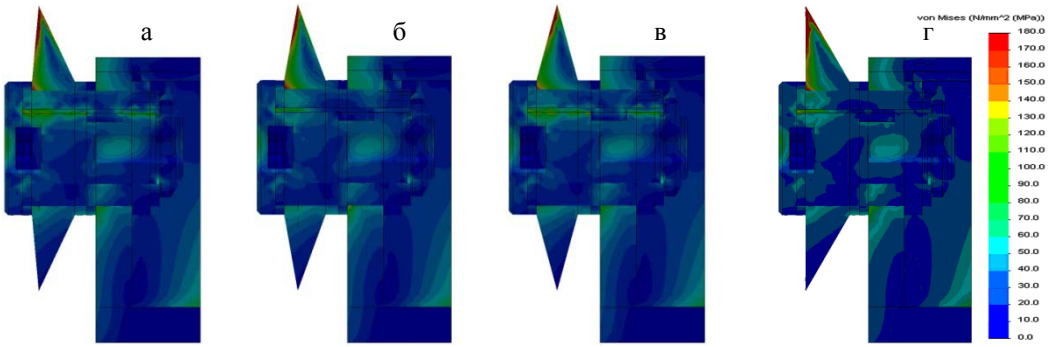


Рис. 3. Картина распределения эквивалентных напряжений $\sigma_{экв}$ по критерию Мизеса в узлах крепления к четырехгранной призме при разрушении породного массива $\sigma_{сж}$ = 60,6 МПа раздельными дисковыми инструментами с углами заострения: а – φ = 5°+25°; б – φ = 10°+20°; в – φ = 15°+15°; г – φ = 0°+30°

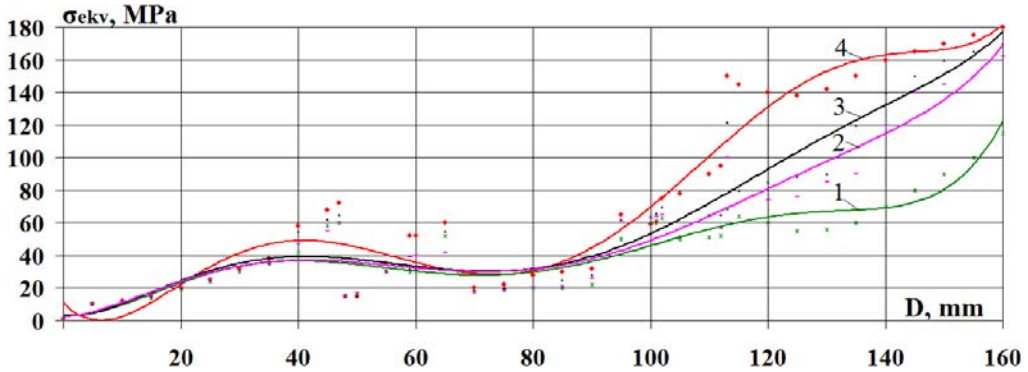


Рис. 4. Зависимости распределения эквивалентных напряжений $\sigma_{экв}$ от диаметра D сопрягаемых конструктивных элементов в сечении, проходящем через клиновую реборду дискового инструмента $\varphi = 5°+25°$ узла крепления к четырехгранной призме (табл. 2): 1 – $\sigma_{сж}$ = 12,4 МПа; 2 – $\sigma_{сж}$ = 51 МПа; 3 – $\sigma_{сж}$ = 60,6 МПа; 4 – $\sigma_{сж}$ = 78,9 МПа

Таблица 2

Характер распределения эквивалентных напряжений при разрушении забоя раздельным дисковым инструментом на четырехгранных призмах проходческих комбайнов

Углы заострения двух дисков $\varphi = \varphi_1+\varphi_2$, град	Забойные массивы, $\sigma_{сж}$, МПа		Полиномиальные зависимости	Коэффициенты достоверности аппроксимации R^2
5°+25°	1	12,4	$\sigma_{экв} = 9E\text{-}10D^6\text{-}4E\text{-}07D^5+7E\text{-}05\,D^4\text{-}0{,}005D^3+0{,}1473D^2\text{-}0{,}4312D+3{,}5697$	0,8307
	2	51	$\sigma_{экв} = 5E\text{-}10D^6\text{-}3E\text{-}07D^5+5E\text{-}05D^4\text{-}0{,}0034D^3+0{,}0955D^2+0{,}236D+2{,}227$	0,9124
	3	60,6	$\sigma_{экв} = 6E\text{-}10D^6\text{-}3E\text{-}07D^5+5E\text{-}05D^4\text{-}0{,}0041D^3+0{,}1219D^2\text{-}0{,}0698D+2{,}6707$	0,9093
	4	78,9	$\sigma_{экв} = 2E\text{-}09D^6\text{-}8E\text{-}07D^5+0{,}0001D^4\text{-}0{,}0115D^3+0{,}3972D^2\text{-}3{,}802D+11{,}028$	0,9305
10°+20°	1	12,4	$\sigma_{экв} = 9E\text{-}10D^6\text{-}4E\text{-}07D^5+7E\text{-}05D^4\text{-}0{,}0051D^3+0{,}1618D^2\text{-}0{,}792D+4{,}5062$	0,8155
	2	51	$\sigma_{экв} = 4E\text{-}10D^6\text{-}1E\text{-}07D^5+2E\text{-}05D^4\text{-}0{,}0011D^3\text{-}0{,}0011D^2+1{,}5566D\text{-}0{,}5273$	0,8962
	3	60,6	$\sigma_{экв} = 7E\text{-}10D^6\text{-}3E\text{-}07D^5+5E\text{-}05D^4\text{-}0{,}0033D^3+0{,}0822D^2+0{,}4756D+1{,}7038$	0,8832
	4	78,9	$\sigma_{экв} = 5E\text{-}10D^6\text{-}2E\text{-}07D^5+4E\text{-}05D^4\text{-}0{,}003D^3+0{,}0857D^2+0{,}3425D+1{,}9343$	0,8462
15°+15°	1	12,4	$\sigma_{экв} = 1E\text{-}09D^6\text{-}5E\text{-}07D^5+9E\text{-}05D^4\text{-}0{,}0071D^3+0{,}2323D^2\text{-}1{,}9484D+4{,}5644$	0,704
	2	51	$\sigma_{экв} = 7E\text{-}10D^6\text{-}3E\text{-}07D^5+4E\text{-}05D^4\text{-}0{,}0025D^3+0{,}045D^2+0{,}8656D\text{-}0{,}1547$	0,8645
	3	60,6	$\sigma_{экв} = 6E\text{-}10D^6\text{-}2E\text{-}07D^5+3E\text{-}05D^4\text{-}0{,}0017D^3+0{,}0208D^2+1{,}1856D\text{-}0{,}8734$	0,8712
	4	78,9	$\sigma_{экв} = 8E\text{-}10D^6\text{-}3E\text{-}07D^5+5E\text{-}05D^4\text{-}0{,}0031D^3+0{,}0604D^2+0{,}9739D\text{-}0{,}1622$	0,763
0°+30°	1	12,4	$\sigma_{экв} = 8E\text{-}10D^6\text{-}4E\text{-}07D^5+8E\text{-}05D^4\text{-}0{,}0059D^3+0{,}1813D^2\text{-}0{,}9435D+1{,}7707$	0,8275
	2	51	$\sigma_{экв} = 1E\text{-}09D^6\text{-}7E\text{-}07D^5+0{,}0001D^4\text{-}0{,}0099D^3+0{,}3281D^2\text{-}2{,}8843D+6{,}5965$	0,8627
	3	60,6	$\sigma_{экв} = 2E\text{-}09D^6\text{-}8E\text{-}07D^5+0{,}0001D^4\text{-}0{,}0108D^3+0{,}3579D^2\text{-}3{,}1909D+6{,}9559$	0,8572
	4	78,9	$\sigma_{экв} = 2E\text{-}09D^6\text{-}9E\text{-}07D^5+0{,}0002D^4\text{-}0{,}0125D^3+0{,}4166D^2\text{-}3{,}8895D+7{,}5362$	0,8501

В табл. 3 и на рис. 5 представлены зависимости распределения величины эквивалентных напряжений $\sigma_{экв}$ по критерию Мизеса в сопрягаемых конструктивных элементах узла крепления дискового инструмента на четырехгранной призме при разрушении горного массива $\sigma_{сж}$. Характеристики горного массива: уголь ($\sigma_{сж}$ = 12,4 МПа; 13,5 МПа; 14,8 МПа) и порода ($\sigma_{сж}$ = 51 МПа; 60,6 МПа; 78,9 МПа). Произведен анализ зависимостей по сечению, проходящему через режущую кромку каждого из четырех дисков диаметром D = 160 мм с учетом углов заострения: (биконические: $\varphi = \varphi_1+\varphi_2$ = 5°+25° = 30°; 10°+20° = 30°; 15°+15° = 30° и конический φ = 0°+30°).

Таблица 3

Характер распределения эквивалентных напряжений $\sigma_{экв}$ в сопряженных конструктивных элементах узлов крепления дисковых инструментов к четырехгранным призмам

Углы заострения двух дисков $\varphi = \varphi_1+\varphi_2$, град	Поверхности моделирования сопрягаемых конструктивных элементов		Зависимости	Коэффициенты достоверности аппроксимации R^2
5°+25°	1	по кромке диска	$\sigma_{экв} = 1{,}0115\,\sigma_{сж} + 105{,}44$	0,9711
	2	по ступице диска	$\sigma_{экв} = 1{,}1923\,\sigma_{сж} + 49{,}771$	0,9519
	3	по наружной поверхности цапфы	$\sigma_{экв} = 0{,}5683\,\sigma_{сж} + 38{,}424$	0,685
	4	по внутренней поверхности цапфы	$\sigma_{экв} = 0{,}1728\,\sigma_{сж} + 59{,}486$	0,8121
	5	по наружной поверхности оси	$\sigma_{экв} = 0{,}1645\,\sigma_{сж} + 57{,}655$	0,819
	6	в центре оси	$\sigma_{экв} = 0{,}0997\,\sigma_{сж} + 17{,}194$	0,5241
10°+20°	1	по кромке диска	$\sigma_{экв} = 1{,}153\,\sigma_{сж} + 94{,}515$	0,963
	2	по ступице диска	$\sigma_{экв} = 0{,}7837\,\sigma_{сж} + 59{,}495$	0,9911
	3	по наружной поверхности цапфы	$\sigma_{экв} = 0{,}4563\,\sigma_{сж} + 23{,}353$	0,9969
	4	по внутренней поверхности цапфы	$\sigma_{экв} = 0{,}273\,\sigma_{сж} + 49{,}9$	0,851
	5	по наружной поверхности оси	$\sigma_{экв} = 0{,}921\,\sigma_{сж} + 35{,}783$	0,5218
	6	в центре оси	$\sigma_{экв} = 0{,}2206\,\sigma_{сж} + 22{,}06$	0,7235
15°+15°	1	по кромке диска	$\sigma_{экв} = 0{,}9396\,\sigma_{сж} + 103{,}59$	0,9442
	2	по ступице диска	$\sigma_{экв} = 0{,}5622\,\sigma_{сж} + 53{,}984$	0,5191
	3	по наружной поверхности цапфы	$\sigma_{экв} = 0{,}3284\,\sigma_{сж} + 16{,}344$	0,9024
	4	по внутренней поверхности цапфы	$\sigma_{экв} = 0{,}1354\,\sigma_{сж} + 56{,}883$	0,4664
	5	по наружной поверхности оси	$\sigma_{экв} = 0{,}5446\,\sigma_{сж} + 47{,}124$	0,4087
	6	в центре оси	$\sigma_{экв} = 0{,}3868\,\sigma_{сж} + 9{,}6287$	0,9629
0°+30°	1	по кромке диска	$\sigma_{экв} = 0{,}9328\,\sigma_{сж} + 116{,}43$	0,8789
	2	по ступице диска	$\sigma_{экв} = 0{,}4487\,\sigma_{сж} + 115{,}99$	0,9884
	3	по наружной поверхности цапфы	$\sigma_{экв} = 0{,}4338\,\sigma_{сж} + 38{,}498$	0,8523
	4	по внутренней поверхности цапфы	$\sigma_{экв} = 1{,}2391\,\sigma_{сж} + 38{,}897$	0,9435
	5	по наружной поверхности оси	$\sigma_{экв} = 0{,}4039\,\sigma_{сж} + 98{,}013$	0,6492
	6	в центре оси	$\sigma_{экв} = 0{,}0282\,\sigma_{сж} + 9{,}5708$	0,9368

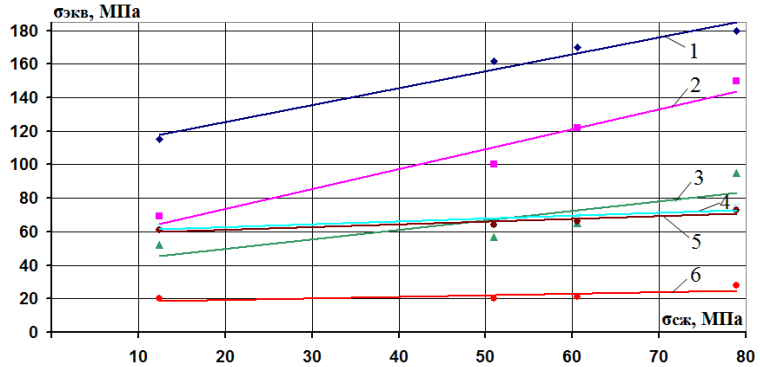


Рис. 5. Зависимости эквивалентных напряжений $\sigma_{экв}$ от предела прочности разрушаемого горного массива на сжатие $\sigma_{сж}$ в диаметральном сечении по клиновой реборде диска (φ = 5°+25° = 30°) для сопрягаемых конструктивных элементов 1–6 (табл. 3) узла крепления к четырехгранной призме (рис. 1, г)

Перемещения в сопряженных конструктивных элементах узлов крепления дискового инструмента к многогранным призмам. Для сопрягаемых конструктивных элементов узлов крепления каждого из четырех дисковых инструментов к трехгранным (рис. 1, а, б, в) и четырехгранным призмам (рис. 1, г) произведено моделирование перемещений (рис. 6, 7). Результаты моделирования перемещений позволяют оценить жесткость сопрягаемых конструктивных элементов узлов крепления дискового инструмента с учетом зазоров, допусков и посадок, линейных и диаметральных размеров при разрушении забойных массивов проходческих горных выработок. При моделировании перемещений исключается заклинивание в работе конструктивных элементов узла крепления, которое может произойти из-за упругих деформаций конструкции под нагрузкой.

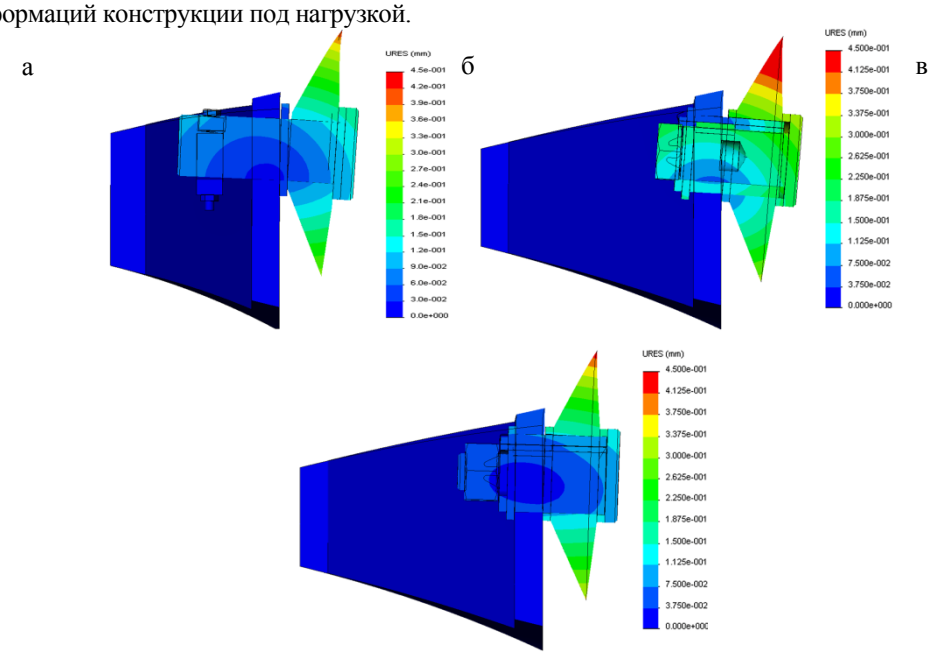


Рис. 6. Перемещения конструктивных элементов в узлах крепления биконического дискового инструмента (φ = 25°+5° = 30°) к трехгранным призмам при разрушении породного забойного массива с $\sigma_{сж}$ = 70 МПа: а – с планкой-замком; б – с винтом; в – с гайкой

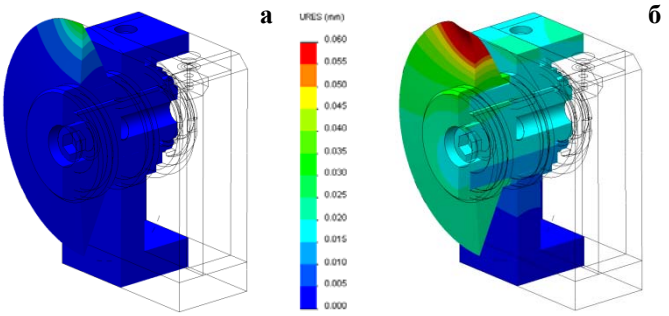


Рис. 7. Перемещения конструктивных элементов раздельных узлов крепления биконического дискового инструмента (φ = 25°+5° = 30°) к четырехгранным призмам при разрушении забойных массивов: а – угольного $\sigma_{сж}$ = 12,4 МПа; б – породного $\sigma_{сж}$ = 60,6 МПа

Следует отметить, что моделирование перемещений двух раздельных дисковых инструментов с узлами крепления на четырехгранных призмах на рис. 7 представлено через половинное изображение картин распределения перемещений при разрушении соответственно угольного забойного массива (рис. 7, а) и породного забойного массива (рис. 7, б).

Заключение

Анализ представленных выше результатов по распределению эквивалентных напряжений $\sigma_{экв}$ от диаметров D сопряженных конструктивных элементов узлов крепления дискового инструмента к трехгранным и четырехгранным призмам показал наличие зон с максимальными величинами в периферий-

ной забойной части дисков с различными углами заострения и в зонах сопряжения ступиц дисков с поверхностями цапф или осей, относительно которых диски могут свободно вращаться.

Минимальный уровень эквивалентных напряжений $\sigma_{экв}$ и перемещений при разрушении забойных массивов ($\sigma_{сж}$ = 12,4–78,9 МПа) отмечен установкой биконического дискового инструмента (φ = 5°+25° = 30°; 10°+20° = 30°; 15°+15° = 30°), а максимальный уровень эквивалентных напряжений $\sigma_{экв}$ и перемещений отмечен при использовании конического дискового инструмента (φ = 0°+30°).

В конструкциях биконического дискового инструмента при изменении углов заострения от асимметричного (φ = 5°+25°; 10°+20°) до симметричного (φ = 15°+15°) фиксируется снижение расчетного уровня максимальных эквивалентных напряжений $\sigma_{экв}$ и перемещений у симметричного диска для всех вариантов нагружения.

Зависимости распределения эквивалентных напряжений $\sigma_{экв}$ по критерию Мизеса от диаметра D сопрягаемых конструктивных элементов в сечении, проходящем через клиновую реборду дискового инструмента к многогранным призмам описывается полиномиальными зависимостями шестой степени. При этом зависимости распределения эквивалентных напряжений $\sigma_{экв}$ по критерию Мизеса на кромках дисковых инструментов консольных узлов крепления к четырехгранной призме от показателей разрушаемого горного массива $\sigma_{сж}$ описываются линейными зависимостями.

Отмечено снижение размеров зон максимальных эквивалентных напряжений $\sigma_{экв}$ и перемещений на забойной грани трехгранной призмы (рис. 1, в), обращенной к забою в третьем варианте узла крепления дискового инструмента, по сравнению со вторым вариантом (рис. 1, б), что характеризует повышение жесткости крепления гайкой по сравнению с винтом.

Результаты проведенных исследований позволили разработать спаренный узел крепления двухдискового инструмента на четырехгранной призме по патенту РФ 146845 (рис. 1, д). Здесь сопрягаемыми конструктивными элементами в характерном сечении являются: диск, цапфа, ось с упорным буртиком. Отличительными особенностями данного технического решения является то, что условие совместного свободного вращения двух дисков относительно соосных цапф-втулок достигается наличием единого сборно-разборного конструктивного блока, который выполнен в виде жестко прикрепленных друг другу двух осей с упорными буртиками, одна из которых содержит шлицевой хвостовик, а другая содержит шлицевую втулку. Такое конструктивное исполнение предполагает уменьшение процесса заклинивания и износа спаренных дисковых инструментов, рациональное перераспределение эквивалентных напряжений $\sigma_{экв}$ при зарубке исполнительного органа проходческого комбайна с аксиальными коронками.

Рекомендована комбинированная схема набора дискового инструмента на корпусе раздаточного редуктора между аксиальными коронками исполнительного органа проходческого комбайна с размещением конических дисков в центральной зоне, а биконических дисков в остальных зонах по ширине межкорончатого пространства.

В дальнейшем планируются исследования, направленные на моделирование и оценку напряженно-деформированного состояния сопрягаемых конструктивных элементов узлов крепления спаренных дисковых инструментов на четырехгранных призмах (по патенту РФ 146845).

Технические решения и результаты исследований получены в рамках выполнения базовой части государственного задания Минобрнауки России по проекту № 632 “Исследование параметров технологий и техники для выбора и разработки инновационных технических решений по повышению эффективности эксплуатации выемочно-проходческих горных машин в Кузбассе”.

Литература.

1. V.V. Aksenov, A.B. Efremenkov, V.Yu. Beglyakov, The influence of relative distance between ledges on the stress-strain state of the rock at a face, Applied Mechanics and Materials, 2013, Vol. 379, pp. 16-19.
2. V.V. Aksenov, A.A. Khoreshok, V.Yu. Beglyakov, Justification of creation of an external propulsor for multipurpose shield-type heading machine – GEO-WALKER, Applied Mechanics and Materials, 2013, Vol. 379, pp. 20-23.
3. K. R. Hong, R. H. Yang, The Major Problems and Countermeasures on the Shield Machine Tunneling in the Hard Rock Stratum, Applied Mechanics and Materials, 2011, Vols 105-107, pp. 1438-1442.
4. S. A. Prokopenko, Multiple Service Life Extension of Mining and Road Machines’ Cutters, Applied Mechanics and Materials, 2014, Vol 682, pp. 319-323.
5. X. H. Li, W. Du, Z. L. Huang, W. L. Fu, Simulation of Disc Cutter Loads Based on ANSYS/LS-DYNA, Applied Mechanics and Materials, 2011, Vol 127, pp. 385-389.
6. B. Zhao, X. M. Zong, B. He, L. J. Zhang, Multi Variable Multi Objective Optimization for the Cutting Head of Roadheader, Applied Mechanics and Materials, 2014, Vols 635-637, pp. 358-364

7. Y. Zhang, X. W. Wang, H. F. Liu, Numerical Simulation of Rock-Breaking Process by Disc Cutter in Tunnel Boring Machine, Applied Mechanics and Materials, 2014, Vol 487, pp. 513-516.
8. F. H. Li, Z. X. Cai, Y. L. Kang, A Theoretical Model for Estimating the Wear of the Disc Cutter, Applied Mechanics and Materials, 2011, Vols 90-93, pp. 2232-2236.
9. Z. L. Zhou, X. B. Li, G. Y. Zhao, Z. X. Liu, G. J. Xu, Excavation of High-Stressed Hard Rock with Roadheader, Applied Mechanics and Materials, 2011, Vols 52-54, pp. 905-908.
10. X. D. Wang, M. Q. Shi, S. J. Gao, Y. C. Guo, Design of Transverse Boom-Type Roadheader Remote Control System, Applied Mechanics and Materials, 2014, Vols 701-702, pp. 679-683.

МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ МОДУЛЕЙ С ДИСКОВЫМ ИНСТРУМЕНТОМ ПРИ РАЗРУШЕНИИ ПРОХОДЧЕСКИХ ЗАБОЕВ

А.А. Хорешок, д.т.н., проф., Л.Е. Маметьев*, д.т.н., проф., А.Ю. Борисов*,ст. преп., А.В. Воробьев**, к.т.н, доц.*
** Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева*
650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28
, Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского Томского политехнического университета*
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26
E-mail: haa.omit@kuzstu.ru, bau.asp@rambler.ru, vorob@tpu.ru

При моделировании напряженного состояния конструкций трехгранных призм с узлами крепления по трем вариантам (рис. 1, а, б, в) и четырехгранных призм (рис. 1, г, д) использованы четыре конструкции дискового инструмента диаметром D = 160 мм (три биконических с углами заострения: 1 – $\varphi = \varphi_1+\varphi_2 = 5°+25° = 30°$; 2 – 10°+20° = 30°; 3 – 15°+15° = 30° и один конический 4 – φ = 0°+30°) [1–12]. Следует отметить, что угол заострения φ_1 биконического дискового инструмента обращен к поверхности обнажения забоя проходческой выработки.

Например, в табл. 1 и на рис. 2–4 представлены зависимости распределения эквивалентных напряжений $\sigma_{экв}$ от диаметров D сопряженных конструктивных элементов узлов крепления дискового инструмента к трехгранным призмам для прогнозируемого разрушения забойного массива горных пород с $\sigma_{сж}$ = 70 МПа. При этом сопрягаемыми конструктивными элементами в характерном сечении являются: - для первого варианта на рис. 1, а (1 – диск, 2 – ось-цапфа), - для второго и третьего вариантов на рис. 1, б, в (1 – диск, 2 – цапфа, 3 – ось с упорным буртиком).

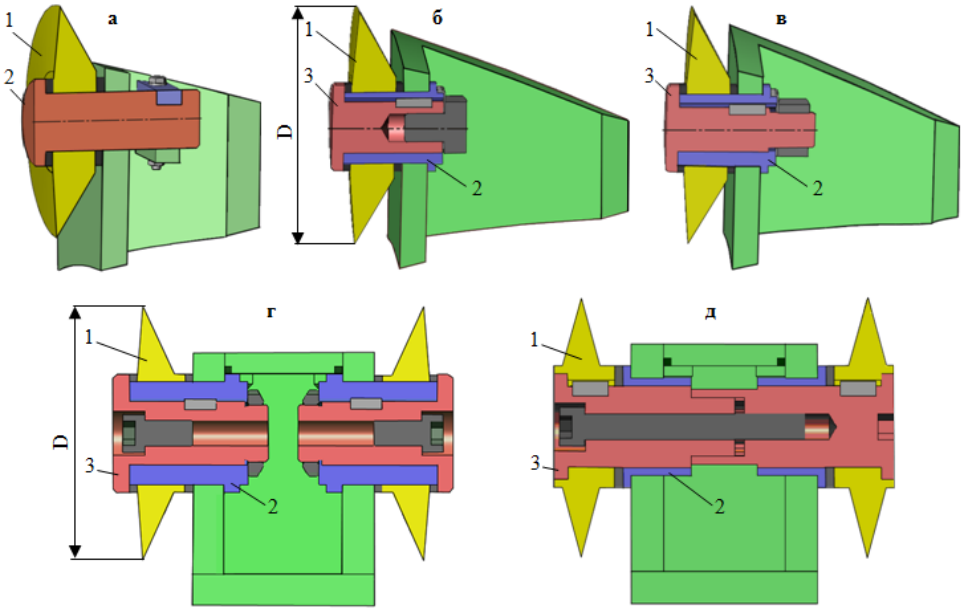


Рис. 1. Конструкции сопрягаемых элементов узлов крепления дискового инструмента к многогранным призмам: а – с планкой-замком [1], б – с винтом [2]; в – с гайкой [5]; г – с раздельными узлами крепления дисков [11]; д – со спаренными узлами крепления дисков [12]

На рис. 5–9 и в табл. 2 представлены картина и зависимости по распределению эквивалентных напряжений $\sigma_{экв}$ от диаметров D сопряженных конструктивных элементов узлов крепления с раздельными дисковыми инструментами к четырехгранной призме (рис. 1, г) для прогнозируемого разрушения забойного массива: 1 – уголь ($\sigma_{сж}$ = 12,4 МПа); 2 – порода ($\sigma_{сж}$ = 60,6 МПа). При этом сопрягаемыми конструктивными элементами в характерном сечении являются: 1 – диск, 2 – цапфа, 3 – ось с упорным буртиком.

Таблица 1

Характер распределения эквивалентных напряжений при разрушении забоя дисковым инструментом на трехгранных призмах коронок проходческих комбайнов

Варианты узлов крепления	Углы заострения дисков $\varphi = \varphi_1+\varphi_2$, град		Полиномиальные зависимости	Коэффициенты достоверности аппроксимации R^2
I	1	5°+25°	$\sigma_{экв}$ = -4E-10D^6+2E-07D^5-4E-05D^4+0,0036D^3-0,13D^2+2,1824D-3,364	0,9116
	2	10°+20°	$\sigma_{экв}$ = -2E-10D^6+1E-07D^5-3E-05D^4+0,0028D^3-0,1138D^2+1,8771D-2,6505	0,9
	3	15°+15°	$\sigma_{экв}$ = -4E-10D^6+2E-07D^5-5E-05D^4+ 0,0044D^3-0,1686D^2+2,5206D-4,4542	0,875
	4	0°+30°	$\sigma_{экв}$ = 2E-10D^6-1E-07D^5+2E-05D^4-0,0011D^3+0,0297D^2+0,0692D+0,8159	0,8987
II	1	5°+25°	$\sigma_{экв}$ = -1E-10D^6+8E-08D^5-2E-05D^4+0,002D^3-0,0932D^2+1,8159D-3,217	0,9143
	2	10°+20°	$\sigma_{экв}$ = 2E-10D^6-2E-08D^5-4E-06D^4+0,0011D^3-0,0686D^2+1,5676D-2,8298	0,8901
	3	15°+15°	$\sigma_{экв}$ = 5E-10D^6-2E-07D^5+2E-05D^4-0,0008D^3-0,0002D^2+0,6508D-1,3489	0,8752
	4	0°+30°	$\sigma_{экв}$ = 6E-10D^6-3E-07D^5+4E-05D^4-0,0031D^3+0,0984D^2-0,7694D+2,4977	0,9467
III	1	5°+25°	$\sigma_{экв}$ = -1E-10D^6+6E-08D^5-1E-05D^4+0,0014D^3-0,0648D^2+1,5159D-3,3668	0,9004
	2	10°+20°	$\sigma_{экв}$ = -3E-11D^6+6E-08D^5-2E-05D^4+0,0022D^3-0,1041D^2+2,0006x-4,0917	0,9003
	3	15°+15°	$\sigma_{экв}$ = 4E-10D^6-1E-07D^5+1E-05 D^4-4E-05D^3-0,0253D^2+0,921D-1,7204	0,9011
	4	0°+30°	$\sigma_{экв}$ = -3E-10D^6+1E-07D^5-2E-05D^4+0,0012D^3-0,0291D^2+0,4971D+0,2927	0,8799

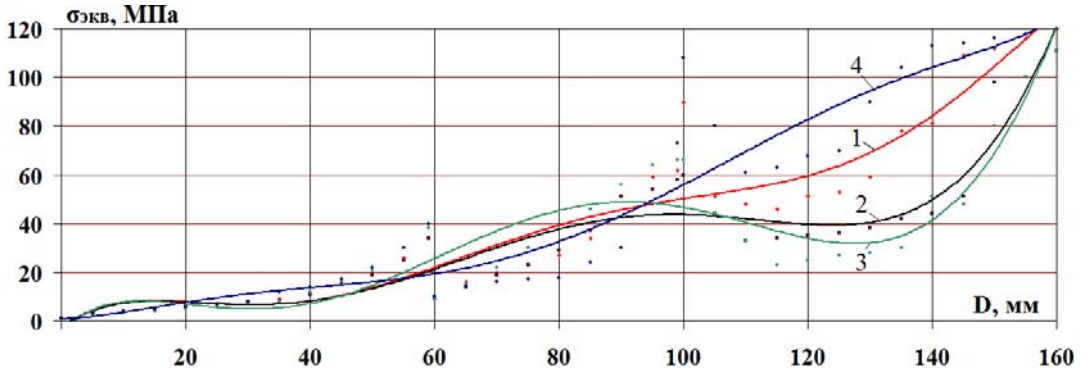


Рис. 2. Зависимости распределения эквивалентных напряжений $\sigma_{экв}$ от диаметра D сопрягаемых конструктивных элементов в сечении, проходящем через клиновую реборду дискового инструмента для *первого варианта* узла крепления к трехгранной призме (рис. 1, а): 1, 2, 3, 4 – углы заострения дисков $\varphi = \varphi_1+\varphi_2$ (см. табл. 1)

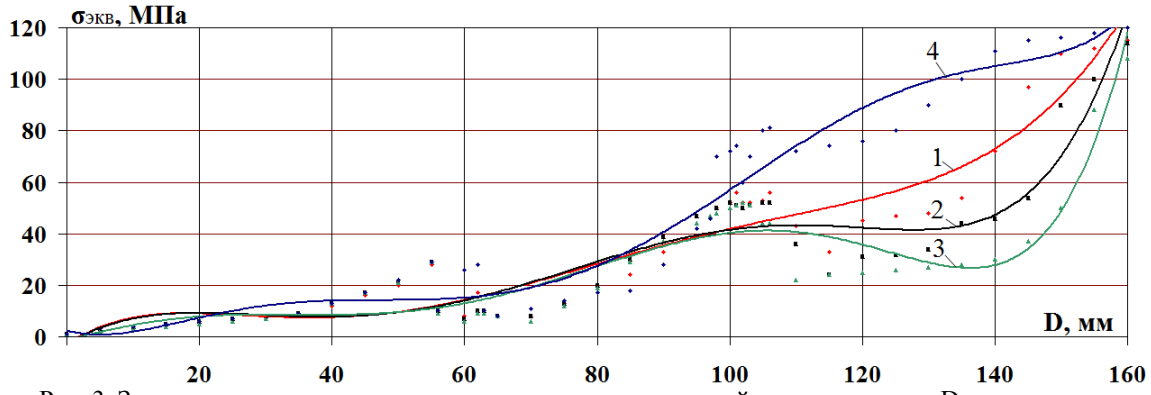


Рис. 3. Зависимости распределения эквивалентных напряжений $\sigma_{экв}$ от диаметра D сопрягаемых конструктивных элементов в сечении, проходящем через клиновую реборду дискового инструмента для *второго варианта* узла крепления к трехгранной призме (рис. 1, б): 1, 2, 3, 4 – углы заострения дисков $\varphi = \varphi_1+\varphi_2$ (см. табл. 1)

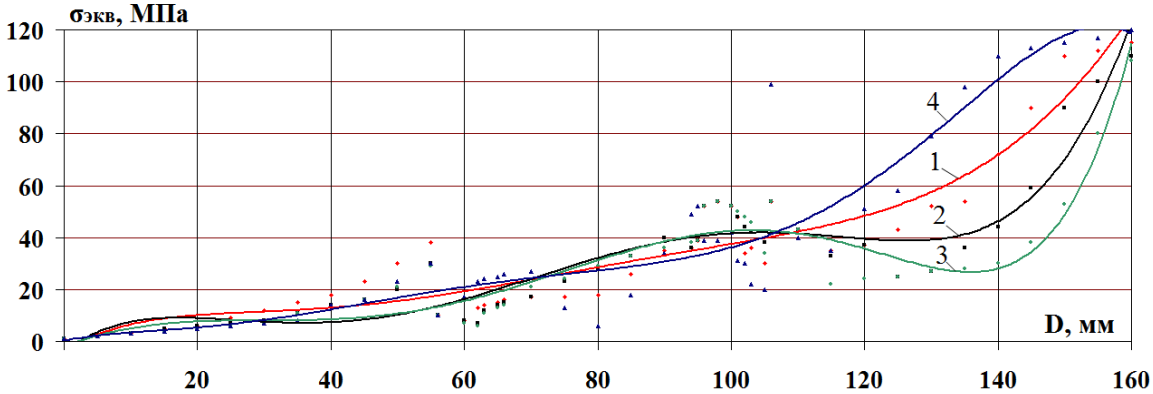


Рис. 4. Зависимости распределения эквивалентных напряжений $\sigma_{экв}$ от диаметра D сопрягаемых конструктивных элементов в сечении, проходящем через клиновую реборду дискового инструмента для *третьего варианта* узла крепления к трехгранной призме (рис. 1, в): 1, 2, 3, 4 – углы заострения дисков $\varphi = \varphi_1+\varphi_2$ (см. табл. 1)

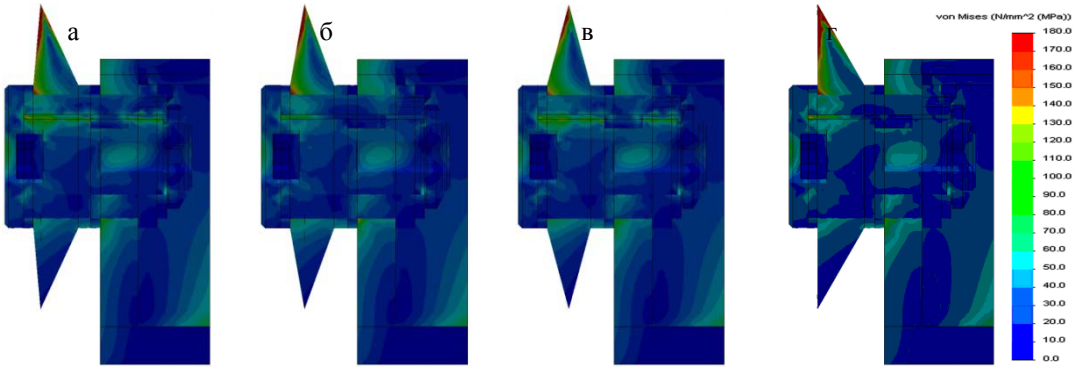


Рис. 5. Картина распределения эквивалентных напряжений $\sigma_{экв}$ по критерию Мизеса в узлах крепления к четырехгранной призме при разрушении породного массива $\sigma_{сж}$ = 60,6 МПа раздельными дисковыми инструментами с углами заострения: а – φ = 5°+25°; б – φ = 10°+20°; в – φ = 15°+15°; г – φ = 0°+30°

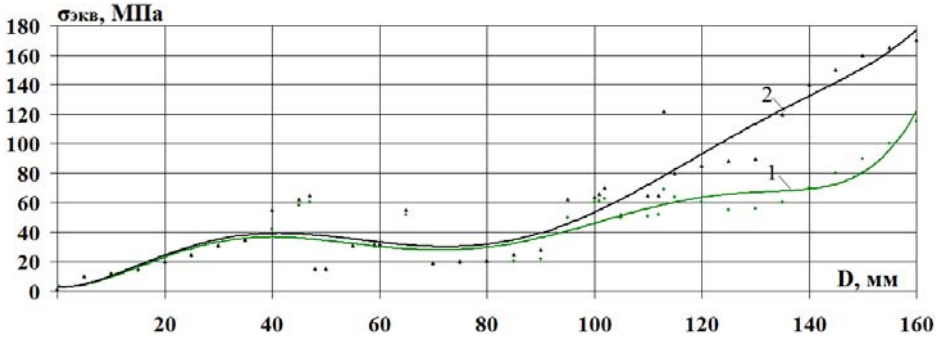


Рис. 6. Зависимости распределения эквивалентных напряжений $\sigma_{экв}$ от диаметра D сопрягаемых конструктивных элементов в сечении, проходящем через клиновую реборду дискового инструмента φ = 5°+25° узла крепления к четырехгранной призме: 1 – $\sigma_{сж}$ = 12,4 МПа; 2 – $\sigma_{сж}$ = 60,6 МПа

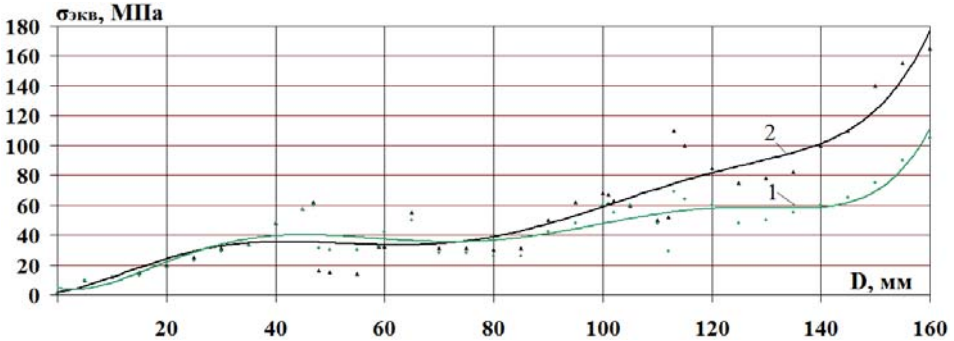


Рис. 7. Зависимости распределения эквивалентных напряжений $\sigma_{экв}$ от диаметра D сопрягаемых конструктивных элементов в сечении, проходящем через клиновую реборду дискового инструмента φ = 10°+20° узла крепления к четырехгранной призме: 1 – $\sigma_{сж}$ = 12,4 МПа; 2 – $\sigma_{сж}$ = 60,6 МПа

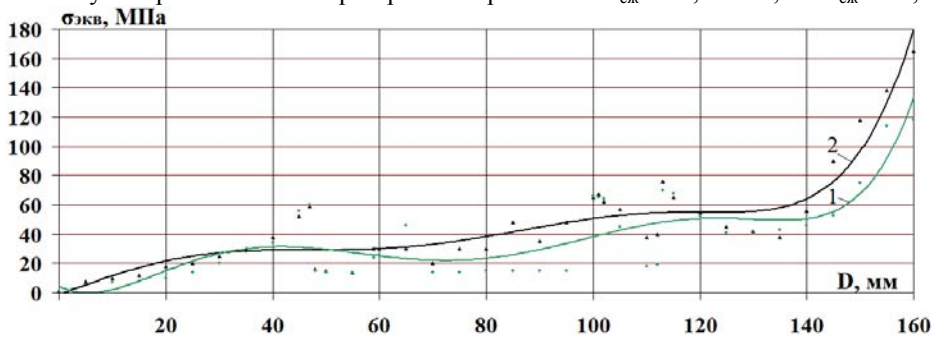


Рис. 8. Зависимости распределения эквивалентных напряжений $\sigma_{экв}$ от диаметра D сопрягаемых конструктивных элементов в сечении, проходящем через клиновую реборду дискового инструмента φ = 15°+15° узла крепления к четырехгранной призме: 1 – $\sigma_{сж}$ = 12,4 МПа; 2 – $\sigma_{сж}$ = 60,6 МПа

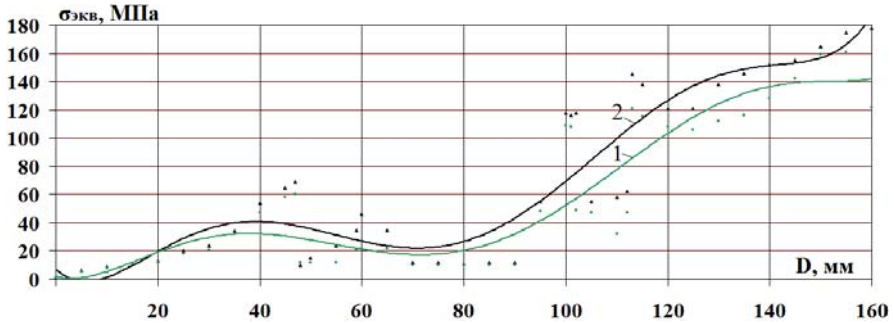


Рис. 9. Зависимости распределения эквивалентных напряжений $\sigma_{экв}$ от диаметра D сопрягаемых конструктивных элементов в сечении, проходящем через клиновую реборду дискового инструмента φ = 0°+30° узла крепления к четырехгранной призме: 1 – $\sigma_{сж}$ = 12,4 МПа; 2 – $\sigma_{сж}$ = 60,6 МПа

Таблица 2

Характер распределения эквивалентных напряжений при разрушении забоя раздельным дисковым инструментом на четырехгранных призмах проходческих комбайнов

Углы заострения двух дисков $\varphi = \varphi_1+\varphi_2$, град	Забойные массивы, $\sigma_{сж}$, МПа	Полиномиальные зависимости	Коэффициенты достоверности аппроксимации R^2
5°+25°	12,4	$\sigma_{экв} = 9E\text{-}10D^6\text{-}4E\text{-}07D^5+7E\text{-}05\ D^4\text{-}0{,}005D^3+$ $+0{,}1473D^2\text{-}0{,}4312D+3{,}5697$	0,8307
	60,6	$\sigma_{экв} = 6E\text{-}10D^6\text{-}3E\text{-}07D^5+5E\text{-}05D^4\text{-}0{,}0041D^3+$ $+0{,}1219D^2\text{-}0{,}0698D+2{,}6707$	0,9093
10°+20°	12,4	$\sigma_{экв} = 9E\text{-}10D^6\text{-}4E\text{-}07D^5+7E\text{-}05D^4\text{-}0{,}0051D^3+$ $+0{,}1618D^2\text{-}0{,}792D+4{,}5062$	0,8155
	60,6	$\sigma_{экв} = 7E\text{-}10D^6\text{-}3E\text{-}07D^5+5E\text{-}05D^4\text{-}0{,}0033D^3+$ $+0{,}0822D^2+0{,}4756D+1{,}7038$	0,8832
15°+15°	12,4	$\sigma_{экв} = 1E\text{-}09D^6\text{-}5E\text{-}07D^5+9E\text{-}05D^4\text{-}0{,}0071D^3+$ $+0{,}2323D^2\text{-}1{,}9484D+4{,}5644$	0,704
	60,6	$\sigma_{экв} = 6E\text{-}10D^6\text{-}2E\text{-}07D^5+3E\text{-}05D^4\text{-}0{,}0017D^3+$ $+0{,}0208D^2+1{,}1856D\text{-}0{,}8734$	0,8712
0°+30°	12,4	$\sigma_{экв} = 8E\text{-}10D^6\text{-}4E\text{-}07D^5+8E\text{-}05D^4\text{-}0{,}0059D^3+$ $+0{,}1813D^2\text{-}0{,}9435D+1{,}7707$	0,8275
	60,6	$\sigma_{экв} = 2E\text{-}09D^6\text{-}8E\text{-}07D^5+0{,}0001D^4\text{-}0{,}0108D^3+$ $+0{,}3579D^2\text{-}3{,}1909D+6{,}9559$	0,8572

Анализ представленных выше результатов (рис. 2–9 и табл. 1, 2) по распределению эквивалентных напряжений $\sigma_{экв}$ от диаметров D сопряженных конструктивных элементов узлов крепления дискового инструмента к трехгранным и четырехгранной призмам показал наличие зон с максимальными величинами в периферийной забойной части дисков с различными углами заострения и в зонах сопряжения ступиц дисков с поверхностями цапф или осей, относительно которых диски могут свободно вращаться (рис. 1).

Минимальный уровень эквивалентных напряжений $\sigma_{экв}$ при разрушении забойных массивов ($\sigma_{сж}$ = 12,4; 60,6 и 70 МПа) отмечен установкой биконического дискового инструмента (φ = 5°+25° = 30°; 10°+20° = 30°; 15°+15° = 30°), а максимальный уровень эквивалентных напряжений $\sigma_{экв}$ отмечен при использовании конического дискового инструмента (φ = 0°+30°).

В конструкциях биконического дискового инструмента при изменении углов заострения от асимметричного (φ = 5°+25°; 10°+20°) до симметричного (φ = 15°+15°) фиксируется снижение расчетного уровня максимальных эквивалентных напряжений $\sigma_{экв}$ у симметричного диска для всех вариантов нагружения.

Зависимости эквивалентных напряжений $\sigma_{экв}$ по критерию Мизеса от диаметра D сопрягаемых конструктивных элементов в сечении, проходящем через клиновую реборду дискового инструмента к многогранным призмам описывается полиномиальными зависимостями шестой степени.

Результаты проведенных исследований позволили разработать спаренный узел крепления двухдискового инструмента на четырехгранной призме по патенту РФ 146845 [12] (рис. 1, д). Здесь сопрягаемыми конструктивными элементами в характерном сечении являются: 1 – диск, 2 – цапфа, 3 – ось с упорным буртиком. Отличительными особенностями данного технического решения является то, что условие совместного свободного вращения двух дисков относительно соосных цапф-втулок достигается наличием единого сборно-разборного конструктивного блока, который выполнен в виде жестко прикрепленных друг другу двух осей с упорными буртиками, одна из которых содержит шлицевой хвостовик, а другая содержит шлицевую втулку. Такое конструктивное исполнение предполагает уменьшение процесса заклинивания и износа спаренных дисковых инструментов, рациональное перераспределение эквивалентных напряжений $\sigma_{экв}$ при зарубке исполнительного органа проходческого комбайна с аксиальными коронками.

Технические решения и результаты исследований получены в рамках выполнения базовой части государственного задания Минобрнауки России по проекту № 632 “Исследование параметров технологий и техники для выбора и разработки инновационных технических решений по повышению эффективности эксплуатации выемочно-проходческих горных машин в Кузбассе”.

Литература.

1. Пат. 2455486 РФ : МПК E 21 C 25/18, E 21 C 27/24 (2006.01). Исполнительный орган проходческого комбайна / Маметьев Л.Е, Хорешок А.А., Борисов А.Ю., Кузнецов В.В., Мухортиков С.Г. ; патентообладатель Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. профессион. образования «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева» (КузГТУ). – № 2010141881/03 ; заявл. 12.10.2010 ; опубл. 10.07.2012, Бюл. № 19. – 14 с.
2. Пат. 128898 РФ : МПК E 21 C 27/00 (2006.01). Узел крепления дискового инструмента в трехгранной призме / Маметьев Л.Е, Хорешок А.А., Борисов А.Ю., Мухортиков С.Г., Воробьев А.В. ; патентообладатель Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. профессион. образования «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева» (КузГТУ). – № 2013100882/03 ; заявл. 09.01.2013 ; опубл. 10.06.2013, Бюл. № 16. – 2 с.
3. Нестеров, В.И. Исполнительный орган проходческого комбайна для совмещения процессов разрушения забоя с дроблением негабаритов и погрузкой горной массы / В.И. Нестеров, Л.Е. Маметьев, А.А. Хорешок, А.Ю. Борисов // Вестн. Кузбасского гос. тех. унив. – 2012. – № 3. – С. 112–117.
4. Хорешок, А.А. Распределение напряжений в узлах крепления дискового инструмента на коронках проходческих комбайнов / А.А. Хорешок, Л.Е. Маметьев, В.В. Кузнецов, А.Ю. Борисов, А.В. Воробьев // Вестн. Кузбасского гос. тех. унив. – 2012. – № 6. – С. 34–40.
5. Хорешок, А.А. Разработка реверсивных коронок для проходческих комбайнов с дисковым инструментом на сменных трехгранных призмах / А.А. Хорешок, Л.Е. Маметьев, А.Ю. Борисов, С.Г. Мухортиков, А.В. Воробьев // Горное оборудование и электромеханика. – 2013. – № 9. – С. 40–44.
6. Маметьев, Л.Е. Совершенствование конструкций узлов крепления дискового инструмента на коронках проходческих комбайнов / Л.Е. Маметьев, А.А. Хорешок, А.Ю. Борисов, А.В. Воробьев // Вестн. Кузбасского гос. тех. унив. – 2014. – № 1. – С. 3–5.
7. Маметьев, Л.Е. Улучшение процессов монтажа и демонтажа узлов крепления дискового инструмента на коронках проходческих комбайнов / Л.Е. Маметьев, А.Ю. Борисов // Вестн. Кузбасского гос. тех. унив. – 2014. – № 4. – С. 23–26.
8. Маметьев, Л.Е. Направление повышения зарубной способности исполнительных органов проходческих комбайнов с аксиальными коронками / Л.Е. Маметьев, А.А. Хорешок, А.Ю. Борисов // Вестн. Кузбасского гос. тех. унив. – 2014. – № 5. – С. 21–24.
9. Хорешок, А.А. Устройства для улучшения процессов зарубки исполнительных органов проходческих комбайнов избирательного действия / А.А. Хорешок, Л.Е. Маметьев, А.М. Цехин, А.Ю. Борисов // Горное оборудование и электромеханика. – 2014. – № 4. – С. 11–16.
10. Хорешок, А.А. Адаптация узлов крепления дискового инструмента исполнительных органов проходческих комбайнов к монтажу и демонтажу / А.А. Хорешок, Л.Е. Маметьев, А.М. Цехин, А.Ю. Борисов // Горное оборудование и электромеханика. – 2014. – № 7. – С. 3–8.
11. Пат. 136086 РФ : МПК E 21 C 25/18, E 21 C 27/24 (2006.01). Исполнительный орган проходческого комбайна избирательного действия / Маметьев Л.Е, Хорешок А.А., Борисов А.Ю., Цехин А.М. ; патентообладатель Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. профессион. образования «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева» (КузГТУ). – № 2013135402/03 ; заявл. 26.07.2013 ; опубл. 27.12.2013, Бюл. № 36. – 3 с.
12. Пат. 146845 РФ : МПК E 21 C 25/18, E 21 C 27/24 (2006.01). Дисковый инструмент проходческого комбайна / Маметьев Л.Е, Хорешок А.А., Борисов А.Ю., Воробьев А.В. ; патентообладатель Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. профессион. образования «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева» (КузГТУ). – № 2014109201/03 ; заявл. 11.03.2014 ; опубл. 20.10.2014, Бюл. № 29. – 2 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАКСИМАЛЬНЫХ НОРМАЛЬНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ ОТ ДЕЙСТВИЯ ИЗГИБАЮЩИХ МОМЕНТОВ ДЛЯ АРМИРУЮЩЕЙ ЗАКОНТУРНОЙ КРЕПИ ФЕРМЕННОГО ТИПА

*В.В. Аксенов***, д.т.н., Ю.Ф. Глазков***, к.т.н., доцент, А.А. Казанцев***, к.т.н.*
**Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского Томского политехнического университета*
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел. (384-51) 605-37
***Институт угля Сибирского отделения Российской академии наук*
650065, Кемеровская область, г. Кемерово, пр-т. Ленинградский, 10, тел. (3842) 741-608
****Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева*
650000, Кемеровская область, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28, тел. (3842) 396-960
E-mail: 55vva42@mail.ru, glazkow-yf@rambler.ru, kazantsev@tpu.ru,

В наших предшествующих работах [1-3] было упомянуто, что наша исследовательская группа ведет работу над созданием горнопроходческой машины нового класса – геоход и созданию новой технологии проведения горных выработок – геоходной технологии.

Одной из важных проблем в создании новой технологии является разработка конструкции крепи (АЗК), адаптированной для установки в законтурные каналы и создание технологии возведения крепи проводимой горной выработки [5]. В них должны быть использованы новые возможности увеличения несущей способности, основанные на максимальном использовании винтовых и продольных каналов за контуром выработки, образуемых при ее проведении с помощью геоходов [4].

Анализ зарубежной литературы [7, 8] показал, что для возведения обделки тоннеля посредством торкретирования при щитовой технологии проведения горных выработок в последнее время широко применяются различные конструкции крепи фермового типа. На основе имеющихся данных была разработана конструкция секционной винтовой крепи фермового типа. Основная идея конструкции крепи заключается в том, что она состоит из стандартных типовых элементов на долю дуги полной окружности по периметру контура выработки (Рис. 1). Для объекта исследования взята четверть окружности и в этом случае один виток крепи состоит из четырех одинаковых фермовых элементов.

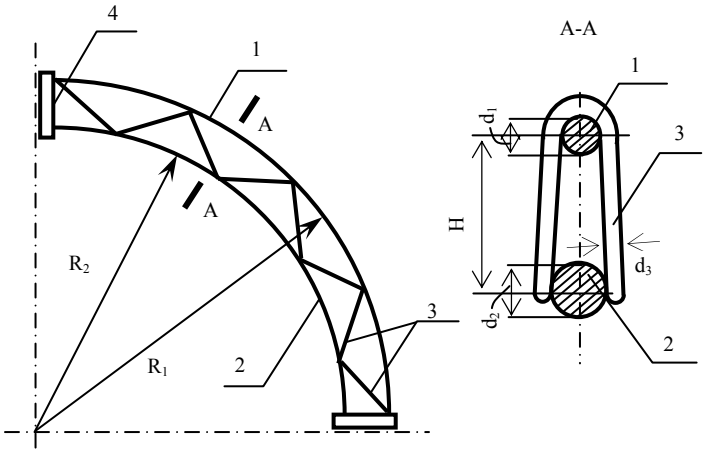


Рис. 1. Принципиальная конструктивная схема секции крепи:
1 – внешний пояс (outer bar); 2 – внутренний пояс (inner bar); 3 – раскосы (stiffeners); 4 – узел соединения секций (connector)

В процессе проходки крепление производится путем непрерывного наращивания крепи с помощью присоединения новых секций. Продольные каналы используются для установки в них продольных связевых элементов. Целью данной статьи является описание конечно-элементной модели типового фрагмента крепи и некоторых результатов анализа особенностей его поведения под воздействием вертикальной равномерно распределенной нагрузки (рис. 2).

Моделирование производилось в среде пакета программ ANSYS Mechanical v14.5.

В качестве конечного элемента использовался тип BEAM188 с квадратичной функцией формы и двумя узлами. Внешний и внутренний пояса (см. рис. 1) разбивались на панели, как расстояния между смежными узлами. Стержень пояса в пределах каждой панели или раскоса моделировался одним конечным элементом. Принятая густота сетки проверялась путем сравнения результатов рас-

чета сплошного плоского кольца на расчетную нагрузку в соответствии с рис. 2, с результатами аналитического решения этой же задачи в соответствии с [9]. Сравнение показало, что при 40 конечных элементах расхождение в результатах конечноэлементного и аналитического расчетов не превышает 3÷5 процентов. В дальнейшем каждый пояс моделировался не менее чем 40 конечными элементами. В качестве примера на рис. 3 приведен пример сетки с такими параметрами.

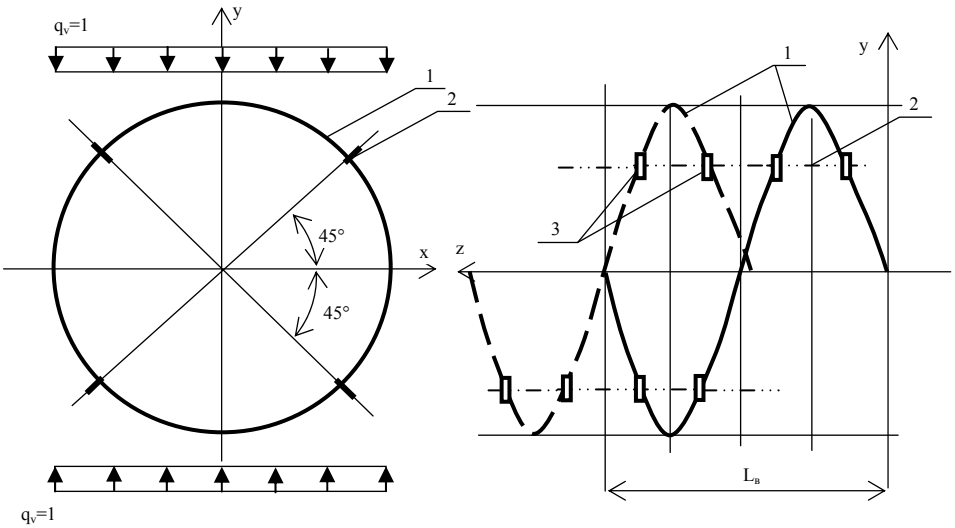


Рис. 2. Расчетная схема фрагмента крепи:
1 – секции крепи; 2– продольные связевые секции; 3 – узлы соединения секций крепи и связей

В качестве конечного элемента использовался тип BEAM188 с квадратичной функцией формы и двумя узлами. Внешний и внутренний пояса (см. рис. 1) разбивались на панели, как расстояния между смежными узлами. Стержень пояса в пределах каждой панели или раскоса моделировался одним конечным элементом. Принятая густота сетки проверялась путем сравнения результатов расчета сплошного плоского кольца на расчетную нагрузку в соответствии с рис. 2, с результатами аналитического решения этой же задачи в соответствии с [8]. Сравнение показало, что при 40 конечных элементах расхождение в результатах конечноэлементного и аналитического расчетов не превышает 3÷5 процентов. В дальнейшем каждый пояс моделировался не менее чем 40 конечными элементами. Для упрощения техники моделирования сетки конечных элементов узлы соединения (детали 3 на рис. 2) подробно не рассматривались и учитывались только при задании кинематических связей.

Связи, ограничивающие перемещения, накладывались на основании свойств симметрии. Расчетная схема фрагмента крепи содержащего любое целое количество витков обладает тремя свойствами симметрии.

Во первых, задача симметрична относительно глобальной координатной плоскости x0z. В узлах сетки лежащих в этой плоскости перемещения вдоль оси y невозможны (UY=0).

Во вторых, аналогична симметрия относительно плоскости y0z где UX=0.

В третьих, при рассмотрении любого фрагмента крепи с целым числом витков, у которого начало и конец лежат в плоскости симметрии, из предположения бесконечности крепи на концах фрагмента будет выполняться косая симметрия. Например, для сетки на рис. 3 в узлах концевых сечений к рассмотренным ранее связям добавятся запреты на повороты вокруг осей y и z (ROTY=ROTZ=0).

Отметим, что корректное задание кинематических граничных условий при расчетах фрагментов реальных конструкций обычно представляет собой непростую задачу. В рассматриваемой задаче проверка правильности их задания контролировалась тем, что во всех витках крепи их поведение должно быть аналогичным. Как будет показано далее, все витки вели себя одинаково, как крайние, так и средние. Этот факт позволяет утверждать, что принятые кинематические граничные условия точны.

Для унификации многократных расчетов крепей с различными параметрами в среде Параметрического Языка Программирования APDL (ANSYS Parametric Design Language) была разработана программа-макрос FOne.mac. В ней реализованы технические возможности проведения расчетов и постпроцессингового анализа крепей по расчетной схеме обсужденной выше.

В качестве иллюстрации возможностей этой программы далее приводятся результаты расчетов варианта крепи с параметрами, приведенными в табл. 1.

При расчете полагалось, что ферменный элемент полностью помещается в винтовой канал и внутреннее волокно его поперечного сечения имеет радиус кривизны равный $R_к$. В этом случае радиусы осей внешнего и внутреннего поясов определяются как $R_2 = R_к + d_2/2 = 1606$ мм и $R_1 = R_к + d_2/2 + H = 1757$ мм. Поперечное сечение ригелей из двух круглых стержней с диаметром $d_3 = 12$ мм заменялось одним круглым стержнем с диаметром эквивалентным им по площади $d_{3,экв} = 15$ мм.

Таблица 1

Значения параметров фрагмента АЗК ферменного типа

№	Параметр	Обозначение	Ед. измер.	Значение
1	Радиус сечения выработки	$R_к$	мм	1600
2	Диаметр поперечного сечения внешнего пояса	d_1	мм	30
3	Тоже внутреннего пояса	d_2	мм	36
4	Тоже раскосов	d_3	мм	12
5	Высота поперечного сечения крепи по осям поясов	H	мм	151
6	Длина витка крепи по оси z	$L_в$	мм	800
7	Число панелей на одном витке		шт	40
8	Число витков в расчетной модели		шт	2

Расчетная распределенная нагрузка программным способом заменялась статически эквивалентными ей сосредоточенными силами, приложенными в узлах внешнего пояса поперечного сечения крепи. Связевые элементы в силовой расчетной схеме не учитывались, что идет в запас прочности.

В макросе реализованы два варианта задания кинематических связей в направлении глобальной оси z (продольной оси выработки). Первый вариант состоит в наложении связей на все узлы крепи. Этот вариант учитывает потенциальную возможность распора крепи в винтовом канале, что обеспечивает невозможность перемещений вдоль оси z. Второй вариант заключается в закреплении узлов расположенных в сечениях, где соединяются крепь и продольные связи. Этот вариант был описан выше. В дальнейшем изложении эти варианты закрепления будут называться соответственно первым и вторым.

Возможности макроса позволяют исследовать результаты расчетов в виде эпюр внутренних усилий или связанных с ними напряжениями. Так, каждый из стержней испытывает в общем случае сложное сопротивление изгиба со сжатием и кручением. В рамках данного сообщения обсуждались только нормальные напряжения, действующие в поперечных сечениях поясов и раскосов. Они определяются по стандартным правилам строительной механики

$$\sigma^N = \frac{N}{A};\ \sigma^{M_y} = \frac{M_y}{W_y};\ \sigma^{M_z} = \frac{M_z}{W_z}, \qquad (1)$$

где σ^N – нормальное напряжение от действия продольной силы;

σ^{M_y} и σ^{M_z} – максимальные нормальные напряжения от действия изгибающих моментов;

W_y и W_z – моменты сопротивления поперечного сечения при изгибе. У круглого поперечного сечения $W_y = W_z = \frac{\pi d^3}{32} \approx 0,1d^3$.

Отметим, что в данном исследовании внутренние усилия и напряжения связаны с локальными осями конечного элемента. Продольная ось x элемента BEAM188 направлена вдоль узлов на концах элемента. Поперечная ось y элемента направлена параллельно глобальной координатной плоскости x0y. В этом случае изгибающий момент My соответствует изгибу из плоскости поперечного сечения, т.е. перпендикулярно плоскости действия нагрузки. В плоскости поперечного сечения (в плоскости действия нагрузки) изгиб связан с моментом M_z. При анализе результатов расчетов необходимо учитывать, что от изгиба в крайних точках сечения действуют как растягивающие, так и сжимающие напряжения. На эпюрах напряжений показаны напряжения только на одной фибре (стороне сечения), которые могут быть положительными (растягивающими) или отрицательными (сжимающими). По-

этому суммарные расчетные напряжения должны определяться как сумма модульных значений от продольных сил и изгибающих моментов.

На рис. 4÷5 приведены эпюры напряжений σ^{M_y} отдельно по разным группам стержней – внешнему поясу, внутреннему поясу и раскосам при двух вариантах связей, т.к. главное отличие в поведении при разных вариантах проявляется в распределении напряжений от изгиба из плоскости действия нагрузки σ^{M_y}. Из эпюр, представленных на рис. 5, видно, что в окрестности мест прикрепления продольных связевых элементов возникает значительное местное увеличение этих компонент напряжений.

Из этого факта следуют, как минимум, следующие выводы. Поведение ферменного винтового стержня обладает значительными отличиями по сравнению с плоскими крепями. В винтовых ферменных конструкциях проявляется тенденция к закручиванию поясов относительно друг друга. Видимо, этот факт и приводит к появлению изгиба раскосов из плоскости действия нагрузки.

В условиях, когда раскосы намного податливее поясов, в них возникают напряжения, намного превышающие напряжения в поясах. Раскосы становятся опасными элементами конструкции. Снижение влияния закручивания поясов можно достичь раскреплением крепи в винтовых каналах. Этот факт подтверждается сравнением эпюр σ^{M_y} для первого и второго вариантов закрепления. Закрепление по первому варианту уменьшает σ^{M_y} по сравнению со вторым более чем в три раза.

Другим способом уменьшения влияния закручивания поясов может быть использование ферменных конструкций пространственного типа, например, с треугольным сечением с тремя поясами.

а)

б)

в)

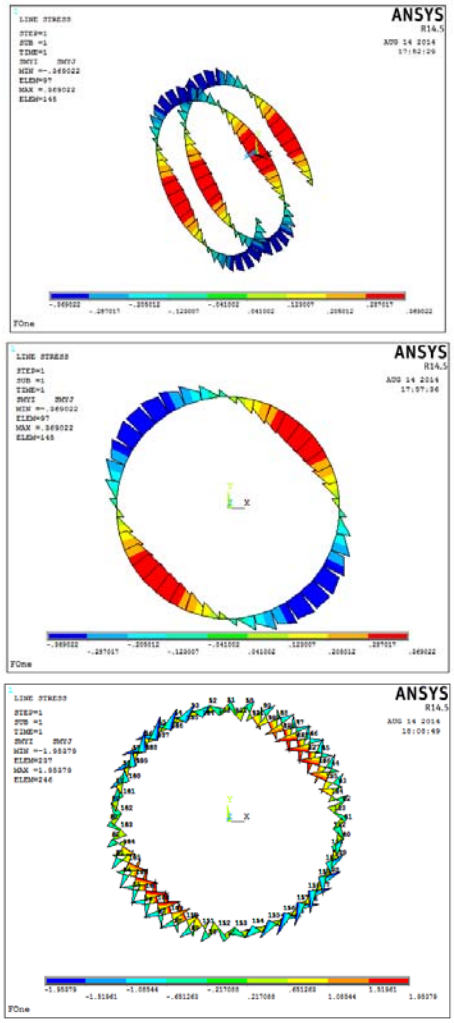


Рис. 4. Эпюры напряжений σ^{M_y} при первом варианте связей: а) во внешнем поясе, б) во внутреннем поясе в) в раскосах

а)

б)

в)

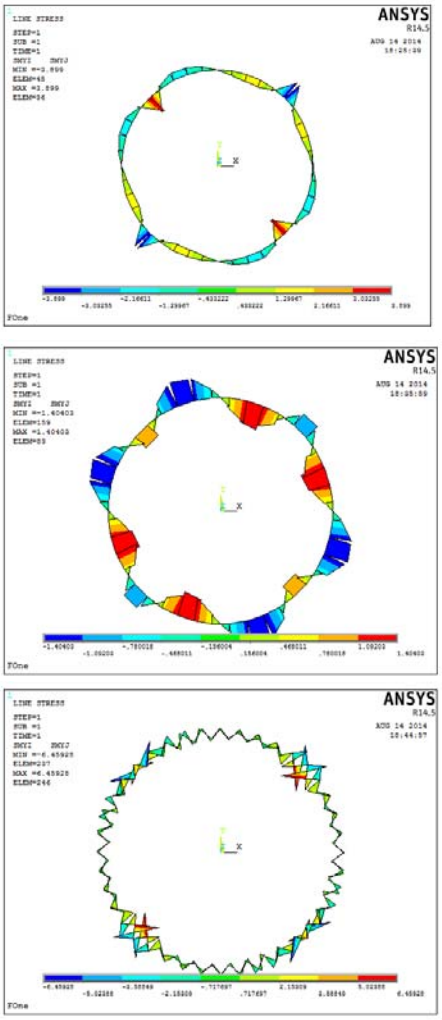


Рис. 5. Эпюры напряжений σ^{M_y} при втором варианте связей: а) во внешнем поясе, б) во внутреннем поясе в) в раскосах

Литература.
1. Estimation of torque variation of geohod transmission with hydraulic drive. Vladimir V. Aksenov, Mikhail Yu. Blaschuk, Mikhail V. Dubrovskii // Applied Mechanics and Materials Vol. 379 (2013) pp 11-15. Trans Tech Publications, Switzerland doi:10.4028/www.scientific.net/AMM.379.11
2. The influence of relative distance between ledges on the stress-strain state of the rock at a face V.V. Aksenov, A.B. Efremenkov, V.Yu. Beglyakov // Applied Mechanics and Materials Vol. 379 (2013) pp 16-19 Trans Tech Publications, Switzerland doi:10.4028/www.scientific.net/AMM.379.16
3. Justification of creation of an external propulsor for multipurpose shield-type heading machine – GEO-WALKER V.V. Aksenov a, A.A. Khoreshok, V.Yu. Beglyakov // Applied Mechanics and Materials Vol. 379 (2013) pp 20-23 Trans Tech Publications, Switzerland doi:10.4028/www.scientific.net/AMM.379.20
4. Аксенов В.В., Ефременков А.Б., Бегляков В.Ю., Блащук М.Ю., Тимофеев В.Ю., Сапожкова А.В. Разработка требований к основным системам геохода // Горное оборудование и электромеханика/ Москва, 2009– №5. С.3-7.
5. Аксенов В.В., Казанцев А.А. Армирующая законтурная крепь горных выработок – новый подход к строительству подземных сооружений / Институт угля Сибирского отделения РАН: Отдельный выпуск Горного информационно-аналитического бюллетеня (научно-технического журнала) Mining Informational and analytical Bulletin (scientific and technical journal). – 2013. –- № ОВ6. – с. 411-419 ISSN 0236-149
6. Influence of the longitudinal excavations layout on stress concentration value in the peripheral rock mass. Alexander F. Revuzhenko, Anton A. Kazantsev, Yuri F. Glazkov, Andrey A. Dortman // Applied Mechanics and Materials Vol. 682 (2014) pp 196-201. Trans Tech Publications, Switzerland doi:10.4028/www.scientific.net/AMM.682.196
7. Dimitrios Kolymbas. Tunelling and Tunnel Mechanics A Rational Approach to Tunnelling // Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2005, 431 p. ISBN-13 978-3-540-25196-5 Springer Berlin Heidelberg New York
8. Bernhard Maidl, Markus Thewes, Ulrich Maidl. Handbook of tunnel engineering. Volume I: Structures and Methods © 2013 Wilhelm Ernst & Sohn, Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH & Co. KG, Rotherstraße 21, 10245 Berlin, Germany ISBN: 978-3-433-03048-6
9. Писаренко, Г. С. Справочник по сопротивлению материалов / Г. С. Писаренко, А. П. Яковлев, В. В. Матвеев; Отв. ред. Писаренко Г. С. – Киев: Наук. Думка, 1988. – 737 с.

СИСТЕМАТИЗАЦИЯ КОРПУСА ГЕОХОДА

А.Н. Капустин
Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского Томского политехнического университета
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел. (38451)-6-05-37
E-mail: lexcol@tpu.ru

В современных условиях ресурсопотребления растут показатели добычи полезных ископаемых, что неизбежно приводит к увеличению объемов проходческих работ, в результате которых появляется вероятность возникновения техногенных аварий и катастроф. Возникает необходимость как можно быстрее попасть к месту аварии для спасения людей. Так же с ростом городов и мегаполисов увеличивается потребность в расширении транспортной системы, что невозможно в условиях современных городов без использования подземного пространства.

Данные факторы заставляют совершенствовать технику и технологии проведения горных выработок. Довольно активно ведется разработка более современных горнопроходческих систем. Одной из систем является геовинчестерная технология[1], базовым элементом которой является геоход. Геоход как любая техническая система имеет основу, на которой расположены все необходимые узлы и агрегаты, ею является корпус (носитель) геохода. Необходимость создания корпуса геохода отражена в работе[2]. Так как корпус (носитель) геохода задуман конструкторами как элемент неизбежно несущий нагрузку горного давления, он должен обладать достаточной прочностью и жесткостью. Кроме того для создания тягового и напорного усилия на исполнительном органе используется приконтурное пространств для этого конструкция геохода предусматривает передачу крутящего момента через корпус на винтовой движитель головной секции. Основная нагрузка при создании усилия тяги и напорных усилий приходится на корпус как связующий элемент между движителем и силовой установкой. Так же для предотвращения проворачивания хвостовой секции вокруг своей оси на ней предусмотрены элементы противовращения, которые через носитель воспринимают силу реакции породы вследствие приложения крутящего момента к головной секции аппарата.

В связи с вышеизложенным были разработаны требования, предъявляемые к корпусу (носителю) геохода[3]. Возможность применения различных вариантов корпусов с учетом требований была отражена в работе[4]. Проведенный обзор различных вариантов конструкций корпусов позволяет сделать определенные выводы, а именно применяемые в них элементы конструкции малопригодны для непосредственного использования как элемент носителя геохода, так же не удовлетворяют требованиям, предъявляемым к корпусу геохода. Для использования в качестве носителя геохода рассматриваемых конструкций необходима значительная доработка конструктивных и технических параметров. Поэтому на данном этапе исследования необходимо определить возможные схемные и конструктивные варианты корпуса геохода на основе имеющихся и хорошо известных элементов конструкции.

Для разработки наиболее вероятных схемных решений необходимо систематизировать виды корпусов секций геохода (Рис.2) по следующим признакам:

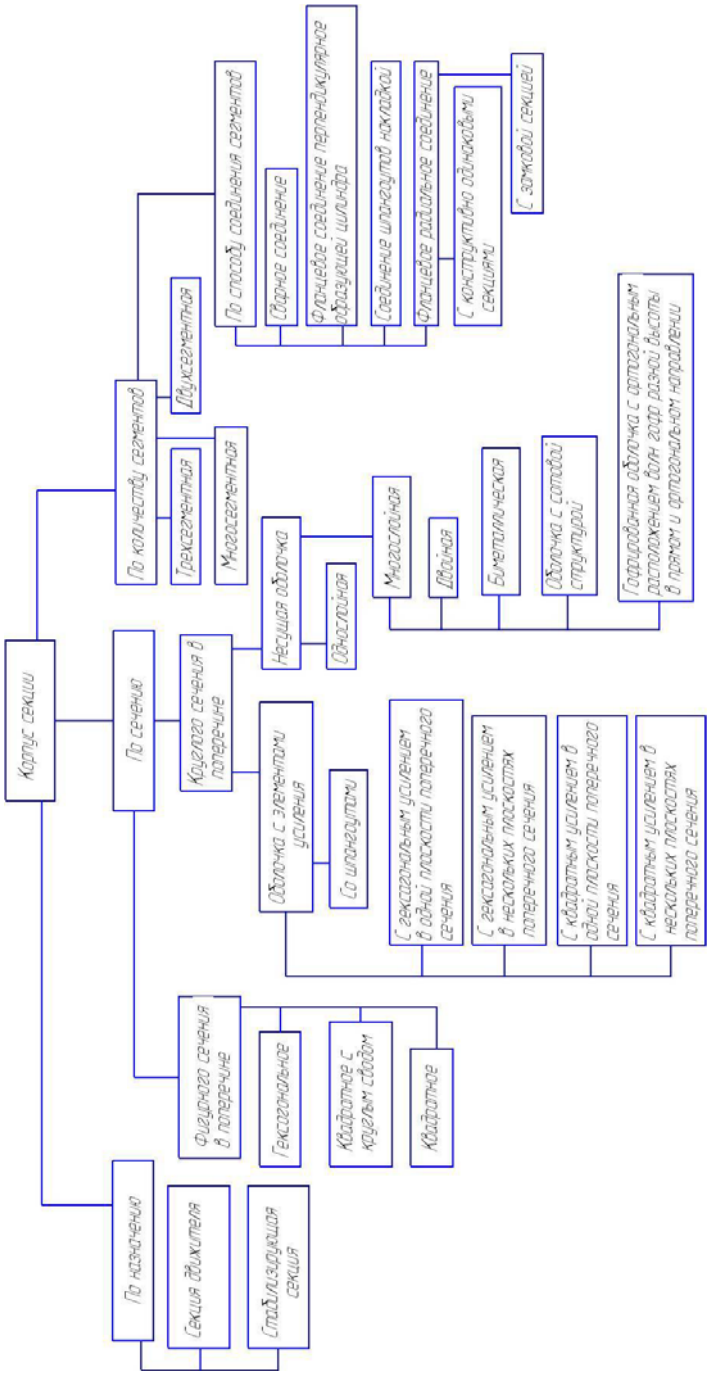


Рис. 2. Систематизация корпуса геохода

1. По назначению: секция движителя или стабилизирующая секция.

При создании корпуса геохода возможно несколько вариантов компоновки[5] их можно классифицировать следующим образом: по размещению секций относительно друг друга, корпус геохода разделенный на две секции расположенные линейно друг за другом и имеющие узел сопряжения, а так же корпус, в основе которого заложена коаксиальная конструкция (Рис. 1), где оболочка одной секции подвижно расположена на корпусе другой секции; по размещению секций относительно направления движения, например секция движителя является головной и тянет за собой стабилизирующую секцию и наоборот секция движителя является хвостовой и толкает перед собой стабилизирующую секцию.

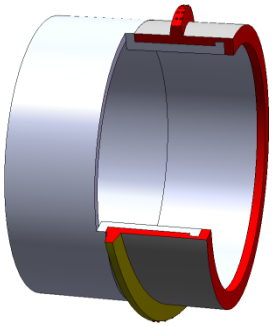


Рис. 1. Корпус геохода с коаксиально расположенными секциями

2. По типу конструкции круглого или фигурного сечения в поперечине

3. По количеству сегментов: двухсегментная, трехсегментная или многосегментная

Так же рассматриваются различные варианты соединения сегментов секций и возможные варианты конструкции оболочки (несущая оболочка или оболочка с элементами усиления). Как следствие проведенной работы возникает необходимость в разработке конструктивных решений корпуса геохода.

Литература.

1. Аксенов В.В. Научные основы геовинчестерной технологии проведения горных выработок и создания винтоповоротных агрегатов: дис. ... д-ра техн. наук: 25.00.22, 05.05.06: защищена 16.11.2004. Кемерово: ИУУ СО РАН, 2004. 304 с.
2. Капустин А.Н. Предпосылки разработки формы корпуса геохода // Проблемы Геологии И Освоения Недр Труды XVII Международного Симпозиума Имени Академика МА Усова Студентов И Молодых Ученых Посвященного 150-Летию Со Дня Рождения Академика В А Обручева И 130-Летию Академика М А Усова Основателей Сибирской Горно-Геологической Школы. 2013. Том. 2. С. 320–321.
3. Капустин А.Н., Бегляков В.Ю. Определение основных требований к корпусу (носителю) горнопроходческой машины нового класса. Междуреченск: КузГТУ, 2014. С. 16–17.
4. 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).
5. Аксенов В.В. et al. Компоновочные решения машин для проведения горных выработок на основе геовинчестерной технологии // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2009. № 1. С. 251–259.

СИНХРОНИЗАЦИЯ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ГЕОХОДА И СТАРТОВОГО УСТРОЙСТВА

А.В. Коперчук, к.т.н., доц., В.Ю. Бегляков, к.т.н., доц.
Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского Томского политехнического университета
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел. (38451)60537,
E-mail: avkop@tpu.ru

На кафедре горно-шахтного оборудования Юргинского технологического институты в настоящее время ведутся работы по созданию геоходов нового поколения [1, 2].

Одной из важнейших систем геохода является стартовое устройство (рис.1), которое должно обеспечивать ввинчивание геохода в геосреду на начальном этапе проведения подземных горных

выработок. Принцип работы стартового устройства - вдавливание геохода в массив с помощью домкратов одновременно с вращением головной секции.

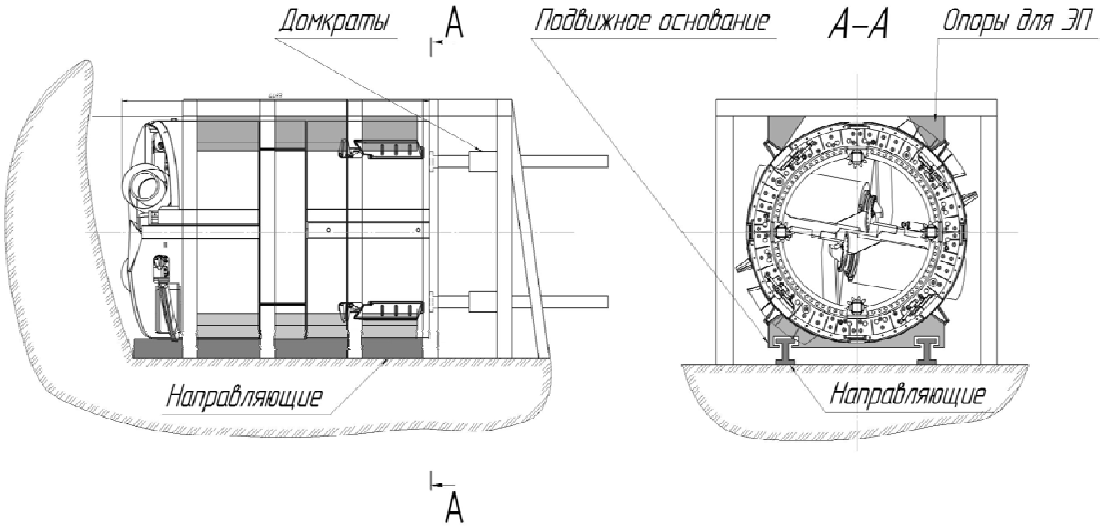


Рис. 1. Схема стартового устройства геохода

Важной задачей является необходимость синхронизации вращения геохода с подачей домкратов. Данная задача может быть решена несколькими способами. Первый вариант - дроссельная система регулирования (рис.2).

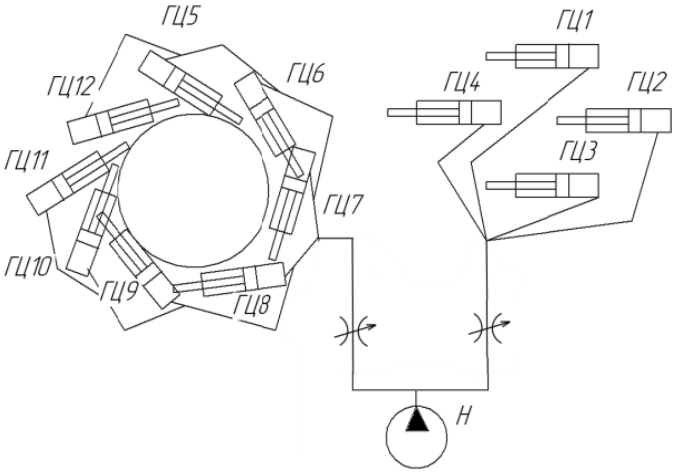


Рис.2. Система регулирования подачи рабочей жидкости в гидроцилиндры стартового устройства ГЦ1-4 и гидроцилиндры поворота геохода ГЦ5-12при помощи регулируемых дросселей

Преимуществами данной схемы являются конструктивная простота и низкая стоимость. К недостаткам можно отнести:

- необходимость постоянного визуального контроля соответствия угла поворота головной секции с осевым перемещением геохода;
- необходимость управления дросселями при изменении нагрузки на гидроцилиндрах геохода и стартового устройства;
- нагрев рабочей жидкости на дросселях.

Вторым вариантом решения задачи является схема с использованием объемных обратимых гидромашин (рис.3) [3].

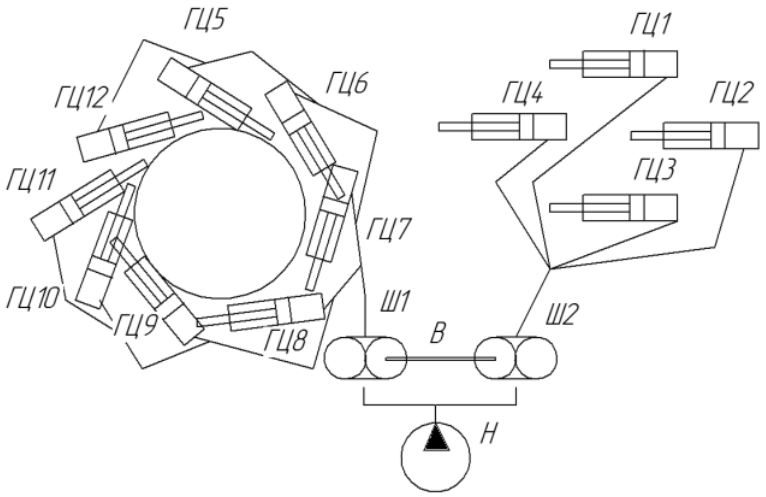


Рис.3. Схема делителя потока с использованием объемных обратимых гидромашин

В схеме использованы две шестеренные гидромашины *Ш1* и *Ш2* с неравными рабочими объемами, выходные валы которых соединены между собой. При подаче жидкости в эти гидромашины от основного насоса *Н* их шестерни вращаются с одинаковой частотой вращения $n_1 = n_2$. Это значит, что на выходе из обеих гидромашин будут расходы, пропорциональные их рабочим объемам. К недостаткам этой схемы можно отнести невысокую точность синхронизации при большой разнице в нагрузке на гидроцилиндрах геохода и стартового устройства. Объясняется это тем, что в гидролинии с большей нагрузкой на гидроцилиндрах будет и более высокое давление, а значит у гидромашины этой линии будут более высокие внутренние утечки. Однако, на наш взгляд, за счет механического соединения выходных валов гидромашина, расположенная в ветви с меньшей нагрузкой, будет перераспределять часть мощности гидромашине в ветви с большей нагрузкой, что будет представлять собой отчасти саморегулируемую систему.

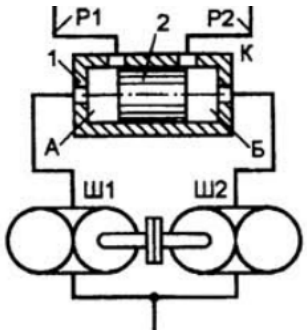


Рис. 4. Схема синхронизации, дополненная клапаном К, состоящим из корпуса 1 и плавающего золотника 2

На рис. 4 приведена еще одна возможная схема, обеспечивающая более высокую точность синхронизации за счет выравнивания утечек в обеих гидромашинах. Это выполняет клапан К, состоящий из корпуса 1 и плавающего золотника 2. При разнице в нагрузке получаем разницу в давлении магистралей геохода и стартового устройства. Равновесие золотника нарушится. Например, смещаясь вправо, золотник 2 начнет прикрывать правое выходное отверстие в корпусе, т.е. увеличивается сопротивление проходу жидкости в магистраль Р2. Это приведет к росту давления в камере Б. Смещение золотника будет до тех пор, пока давление в камере Б не станет равно давлению в камере А. Таким образом, давления в выходных патрубках обеих гидромашин *Ш1* и *Ш2* будут выравнены. К недостаткам этой схемы по сравнению с предыдущей мы относим несколько большую сложность, увеличение гидравлических потерь и отсутствие возможности для перераспределения потока мощности.

На основании анализа схем реализации системы синхронизации вращения геохода с подачей домкратов стартового устройства для дальнейшей разработки принимаем схему, представленную на рис. 3.

Литература

1. Аксенов В.В. Геовинчестерная технология проведения горных выработок. – Кемерово: Институт угля и углехимии СО РАН, 2004. – 264 с., ил.
2. Аксенов, В.В. Геовинчестерная технология и геоходы - наукоемкий и инновационный подход к освоению недр и формированию подземного пространства/ В.В. Аксенов, А.Б. Ефременков // Уголь.- 2005.– №2.-С.26-29.
3. Скорняков, Н.М. Гидро – и пневмопривод: теоретический курс с приложением альбома конструкций/Н.М. Скорняков, В.Н. Вернер, В.В. Кузнецов.- Кемерово: КузГТУ, 2003.- 224 с.

ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ РАЗРАБОТКИ СТАРТОВОГО УСТРОЙСТВА ГЕОХОДА

А.В. Коперчук, к.т.н., доц., А.А. Казанцев, к.т.н., доц.
Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского Томского политехнического университета
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел. (38451)60537,
E-mail: avkop@tpu.ru

В работах [1-3] рассмотрен новый подход к процессу проведения горных выработок, в основе которого лежит геовинчестерная технология (ГВТ) проходки. Базовым функциональным элементом ГВТ является геоход - новый вид щитовых проходческих агрегатов многоцелевого назначения (рис. 1), технические возможности которого обеспечивают ряд преимуществ перед традиционными проходческими системами:

- универсальность в части углов наклона проводимых выработок;
- мобильность;
- пониженную металлоемкость;
- повышенную производительность [4].

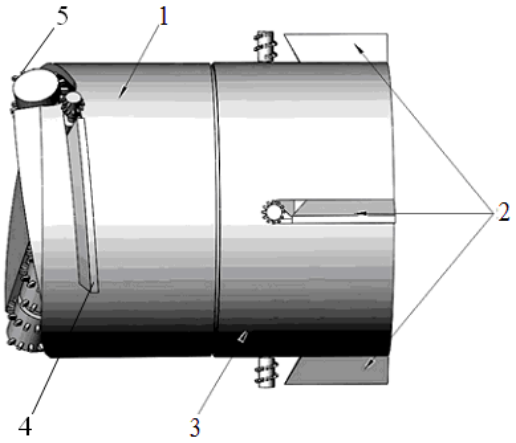


Рис. 1. Конструктивная схема геохода: 1 - головная секция; 2 - элементы противовращения; 3 - хвостовая секция; 4 - внешний движитель; 5 - исполнительный орган главного забоя

Все известные типы проходческих щитов, включая геоход, для внедрения в грунт (горный массив) на начальном этапе применяют стартовое устройство.

В качестве стартовых в современных проходческих щитах, как правило, используются два типа систем:

- стартовый упор с домкратной станцией, установленной на щите;
- домкратная станция прессового типа (используется при микротоннелировании) [5].

Стартовые системы располагаются в стартовом котловане. В первом случае она представляет собой силовую конструкцию (рис. 2, 3), в которую упирается щит, и никаких активных функций кроме опоры не выполняет. Во втором случае, т.е. при микротоннелировании, проходческий щит (рис. 4) размещается на домкратной станции (рис. 5). С помощью домкратов осуществляется перемещение щита в массиве на величину, равную его длине, после чего на домкратную станцию помещается элемент продавливания аналогичной длины и процесс повторяется.

Принцип движения геохода в геосреде - ввинчивание [1-3,6], что позволяет сформулировать некоторые дополнительные требования к стартовому устройству геохода, отличные от требований к существующим конструкциям:

- наличие устройств, исключающих проворот хвостовой секции на стартовой установке, и препятствующих опрокидыванию геохода при внедрении в массив головной секции;
- обеспечение возможности согласования вращательного движения головной секции с поступательным движением геохода при использовании принципа вдавливания в массив.

Рис. 2. Отталкивание щита домкратной станцией

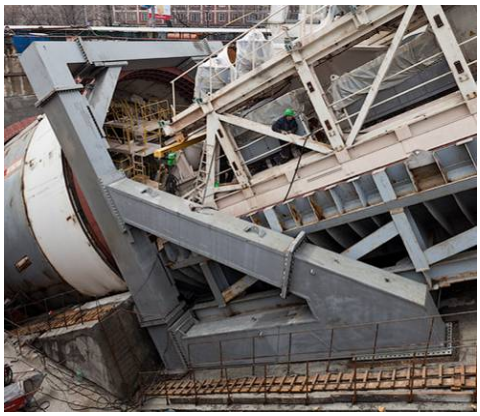


Рис. 3. Рамная конструкция многоразового стартового упора на железобетонном фундаменте

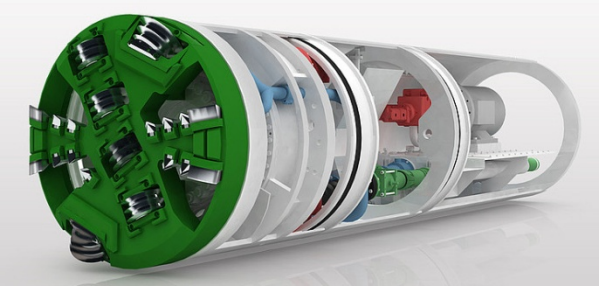


Рис.4. Микротоннелепроходческий щит Herrenknecht AVN 1000

Рис.5. Домкратная станция прессового типа

Вспомогательные задачи, такие как проталкивание ограждения тоннеля (при микротоннелировании) и обеспечение опоры для укладки тюбингов (при проходке тоннелей больших диаметров), перед стартовым устройством геохода не ставятся.

Таким образом, можно резюмировать, что существующие конструкции стартовых систем проходческих щитов в существующем виде не позволяют осуществить задачу старта геохода, и разработка нового оригинального стартового устройства является актуальной задачей.

Литература.

1. Винтоповоротные проходческие агрегаты / А.Ф. Эллер, В.Ф. Горбунов, В.В. Аксенов. – Новосибирск: ВО «Наука». Сибирская издательская фирма, 1992. – 192 с.
2. Аксенов В.В. Геовинчестерная технология проведения горных выработок. – Кемерово: Институт угля и углехимии СО РАН, 2004. – 264 с., ил.
3. Аксенов В.В., Ефременков А.Б. Геовинчестерная технология и геоходы - наукоемкий и инновационный подход к освоению недр и формированию подземного пространства // Уголь/ Москва, 2009– №2. С.26-29.
4. Aksenov Vladimir V., Khoreshok A.A., Begljakov V.Yu. Justification of creation of an external propulsor for multipurpose shield-type heading machine – GEO-WALKER// Applied Mechanics and Materials. - 2013 - Vol. 379. - p. 20-23
5. SEGOQUI HT-2000 - TECHNICAL DATA [Электронный ресурс] // Talleres Segovia Drilling Experts [сайт]. - Режим доступа: http://www.talleresegovia.com/en/drilling_experts/drilling_equipment/pipe_jacking_rigs
6. Аксенов В.В., Ефременков А.Б., Бегляков В.Ю., Блащук М.Ю., Тимофеев В.Ю., Сапожкова А.В. Разработка требований к основным системам геохода // Горное оборудование и электромеханика/ Москва, 2009– №5. С.3-7.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРА И ВЕЛИЧИНЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ КОЛЕБАНИЙ КРОВЛИ НА КРЕПЬ

Г.Д. Буялич,**, д.т.н., проф, В.Ю. Умрихина*, аспирант*
**Кузбасский государственный технический университет*
имени Т.Ф. Горбачева
650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28, тел. (3842)-39-69-40
*** Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского*
Томского политехнического университета
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26
E-mail: gdb@kuzstu.ru

Как показывают исследования, во время вторичных осадок основной кровли особенно при отработке угольных пластов с труднообрушаемыми, нередко возникают ситуации, когда горное давление проявляется в виде динамических, ударных воздействий на крепь со стороны боковых пород [1–4]. Величина этих воздействий (амплитуда, скорость и частота) зависит от силовых и геометрических параметров крепи и определяется мощностью и физико-механическими свойствами пород.

В работах [5–10] была предпринята попытка математически описать процесс динамического воздействия блока кровли после хрупкого разрушения пород на крепь в виде сосредоточенной силы, а также в виде распределённой нагрузки в работе [12].

Колебания блока кровли при ее обрушении были описаны неоднородным дифференциальным уравнением в частных производных четвёртого порядка. Решение дифференциального уравнения было найдено численным методом в программе Maple [10–12].

В данной работе было найдено общее решение дифференциального уравнения с помощью программы Excel для реакция со стороны крепи на блок кровли в виде распределённой нагрузки. Уравнение было решено по методу Фурье, в виде произведения двух независимых функций, одна из которых зависит только от x, а другая только от t.

Для описания колебательного процесса блока кровли была принята расчетная схема представленная на рис.1и 2.

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 распределённая трапецеидальная нагрузка, соответствующая сопротивлению крепи.

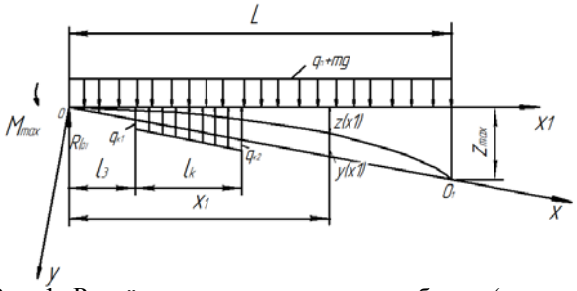


Рис. 1. Расчётная схема нагружения блока (кровли) перед его хрупким разрушением

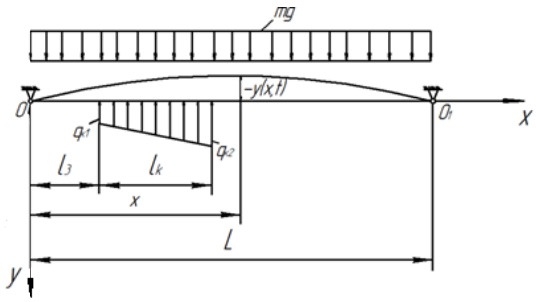


Рис. 2. Расчётная схема блока кровли после хрупкого разрушения

где q_{k1} и q_{k2} – соответственно, величина распределённой нагрузки от секции крепи со стороны забойной и завальной концов перекрытия;

l_k – длина перекрытия секции крепи;

l_3 – расстояние от забоя до забойного конца перекрытия;

$q_п$ – величина пригрузки со стороны вышележащих пород;

mg – величина пригрузки от веса блока;

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;

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 описаны 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;

g - ускорение свободного падения;

m - распределённая масса блока кровли.

Для значений мощности кровли h=5 м, модуля упругости $E_0=3\cdot10^{10}$ Па, реакции крепи $qk_1=3{,}3\cdot10^6$ Н/м, $qk_2=3{,}3\cdot10^6$ Н/м, длины перекрытия секции крепи $l_k=2.0$ м, расстояния от забоя до забойного конца перекрытия $l_3=0.5$ м по результатам расчётов приведенных в программе Excel, был получен характер колебаний и опускания кровли над гидростойкой после её хрупкого разрушения на рис. 3, а характер изменения скорости и ускорения опускания кровли в этой же точке – на рис. 4 и 5.

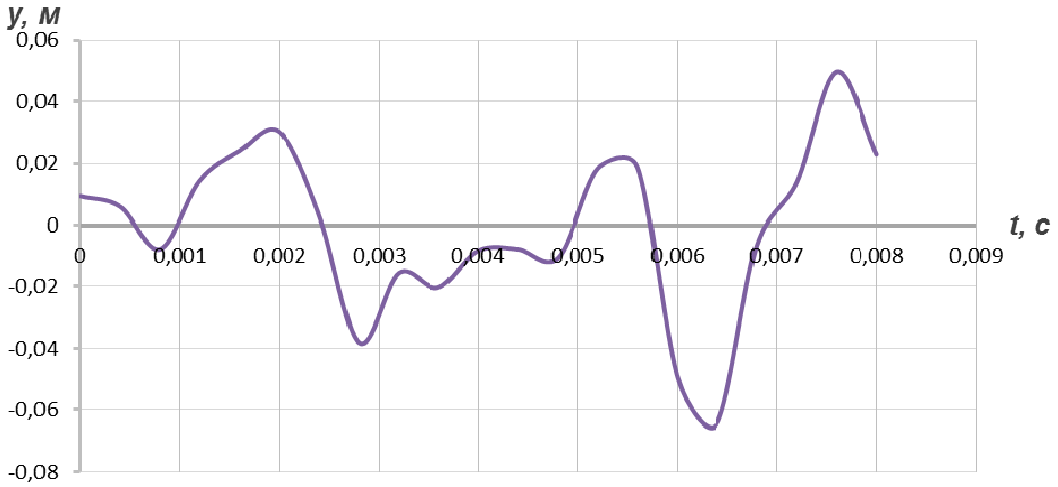


Рис. 3. Характер колебаний блока кровли над гидростойкой

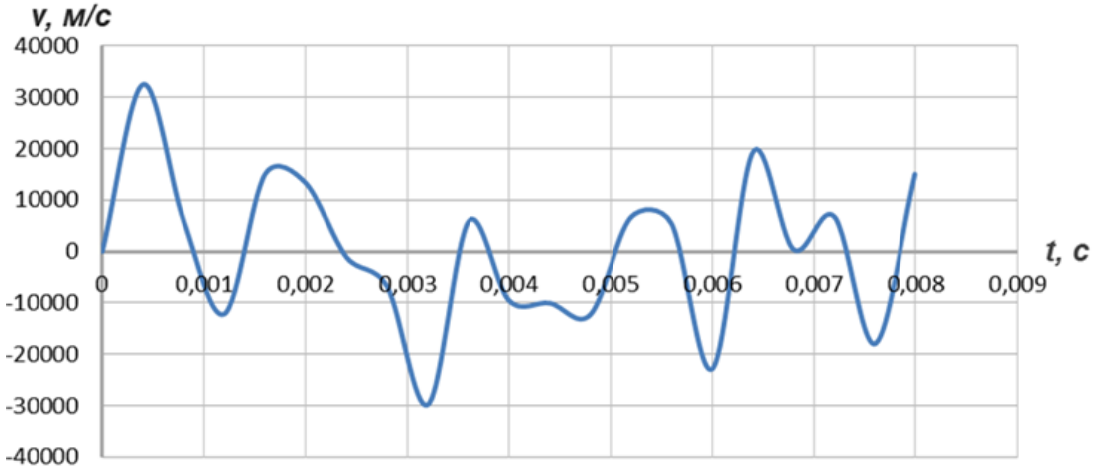


Рис. 4. Характер изменения скорости колебаний блока кровли над гидростойкой крепи

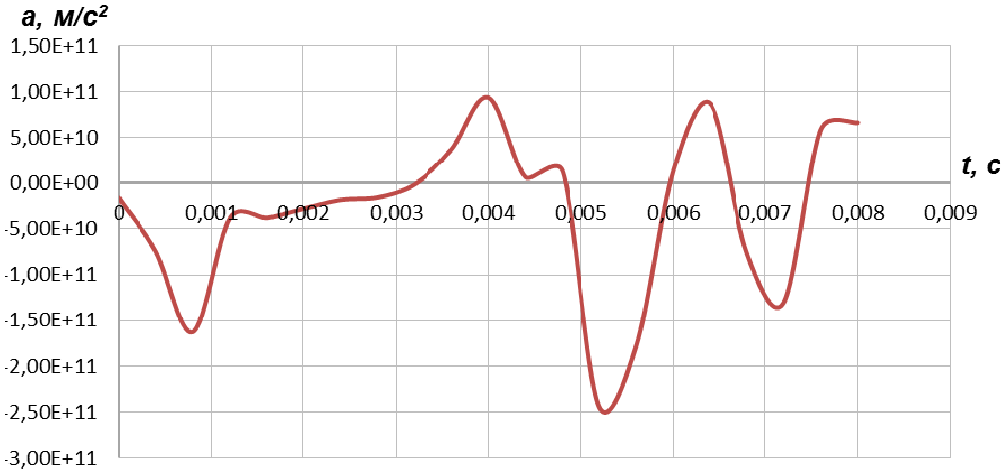


Рис. 5. Характер изменения ускорения колебаний блока кровли над гидростойкой крепи

Анализ данных уравнений и графиков найденных по методу Фурье показывает, что в периоды интенсивных и весьма интенсивных осадок основной кровли на крепь очистного забоя, крепь подвержена динамическому нагружению и на нее оказывается воздействие колебательного характера, которое определяется физико-механическими свойствами пород кровли, силовыми и конструктивными параметрами крепи, при этом период колебательного процесса по перемещению составляет порядка 0,01 с, а период изменения скорости – порядка 0,0008 с.

Полученные значения параметров колебаний (амплитуда, частота, скорость) позволяют:

- рассчитать параметры крепи и отстроить частоты собственных колебаний для заданных условий нагружения;
- оценить параметры гидростоек при различных видах нагружения.

Литература.

1. Механизм взаимодействия механизированных крепей с кровлями угольных пластов / Г. Д. Буялич, Ю. А. Антонов, В. И. Шейкин // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2012. – Отд. вып. 3 : Горное машиностроение. – С. 122–125.
2. Буялич, Г. Д. Направления совершенствования механизированных крепей для отработки угольных пластов в сложных горно-геологических условиях // Горная техника : добыча, транспортировка и переработка полезных ископаемых : каталог-справочник. – СПб. : Славутич, 2007. – С. 10–16.
3. Буялич, Г. Д. Исследование работы предохранительного клапана ЭКП в период резких осадок кровли / Г. Д. Буялич, Ю. М. Леконцев, Б. А. Александров // Механизация горных работ : межвуз. сб. науч. тр. / Кузбас. политехн. ин-т. – Кемерово, 1978. – Вып. 2. – С. 49–55.
4. Буялич, Г. Д. Экспериментально-теоретическая оценка и обоснование параметров механизированных крепей для сложных горно-геологических условий пологих угольных пластов : автореф. … док-ра техн. наук : 05.05.06 / Буялич Геннадий Даниилович. – Кемерово, 2004. – 32 с.
5. Александров, Б. А. Влияние начального распора механизированной крепи на частоту и интенсивность резких осадок кровли / Б. А. Александров, Г. Д. Буялич, Ю. А. Антонов // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2002. – № 6. – С. 21–22.
6. Математическая модель процесса динамического обрушения / Г. Д. Буялич, Ю. А. Антонов, К. Г. Буялич, М. В. Казанцев // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2012. – Отд. вып. 7 : Современные технологии на горнодобывающих предприятиях. – С. 233–237.
7. О модели динамического взаимодействия крепи с кровлей / Г. Д. Буялич, Ю. А. Антонов, К. Г. Буялич, М. В. Казанцев, В. М. Римова // Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири. Сибресурс 2012 : материалы IX Междунар. науч.-практ. конф., Кемерово, 1–2 нояб. 2012 г. В 2-х т. Т. 1 / КузГТУ. – Кемерово, 2012. – С. 149–153.
8. Буялич, Г. Д. Оценка характера взаимодействия крепи с труднообрушаемой кровлей // Совершенствование технологических процессов при разработке месторождений полезных ископаемых : сб. науч. тр. / Ассоциация «Кузбассуглетехнология». – Кемерово, 1995. – № 9. – С. 35–37.

9. Особенности взаимодействия механизированных крепей с боковыми породами в сложных горно-геологических условиях пологих и наклонных пластов / Б. А. Александров, Г. Д. Буялич, Ю. А. Антонов, Ю. М. Леконцев, М. Г. Лупий. – Томск : Изд-во Том. ун-та, 2002. – 144 с.
10. Буялич, Г. Д. О форме динамических колебаний блока кровли при реакции крепи в виде сосредоточенной силы / Г. Д. Буялич, К. Г. Буялич, В. Ю. Умрихина // Перспективы инновационного развития угольных регионов России : сб. тр. IV Междунар. науч.-практ. конф. – Прокопьевск, 2014. – С. 133-134.
11. Моделирование динамических колебаний блока кровли / Г. Д. Буялич, К. Г. Буялич, В. Ю. Умрихина // Инновации в технологиях и образовании : сб. ст. II Между-нар. науч.-практ. конф., Белово, 28–29 марта 2014 г. В 4 ч. Ч. 1 /Филиал КузГТУ в г. Белово. – Белово, Велико Тырново : Изд-во филиала КузГТУ в г. Белово, изд-во ун-та «Св. Кирилла и Св. Мефодия, 2014. – С. 115–119.
12. Буялич Г. Д. О динамических колебаниях блока кровли при реакции крепи в виде распределенной нагрузки / Г. Д. Буялич, К. Г. Буялич, В. Ю. Умрихина // 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.

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ВЫЕМОЧНО-ПОГРУЗОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА РАЗРЕЗЕ «БЕРЕЗОВСКИЙ»

С.Н. Данилов, С.В. Обанин
Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева
650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28
E-mail: 221223@dr.com

Месторождения Кузбасса, на которых ведется открытая разработка угля, характеризуются многообразием горно-геологических условий. Это многообразие заключается, прежде всего, в наличии свиты пластов с различным качеством (по калорийности, содержанию серы, зольности, влажности) и разномарочным составом (марки Д, Г, ДГ, КО, КСН, Ж, СС, ОС, Т) энергетических и коксующихся углей. Но для отработки таких месторождений основную сложность представляет изменчивость их строения – невыдержанность пластов угля по мощности и углу залегания, а кроме того, значительное количество пликативных и дизъюнктивных нарушений. Это касается угленасыщенных зон разрезов.

Но в границах карьерных полей, как правило, четко выделяются две зоны: угленасыщенная зона и зона так называемой «чистой» вскрыши, или безугольная зона. Ее отработка также имеет свою специфику и особенности.

Одним из ярких примеров такого карьера является разрез «Березовский», отрабатывающий участок Бунгуро-Чумышского месторождения угля (рис. 1).

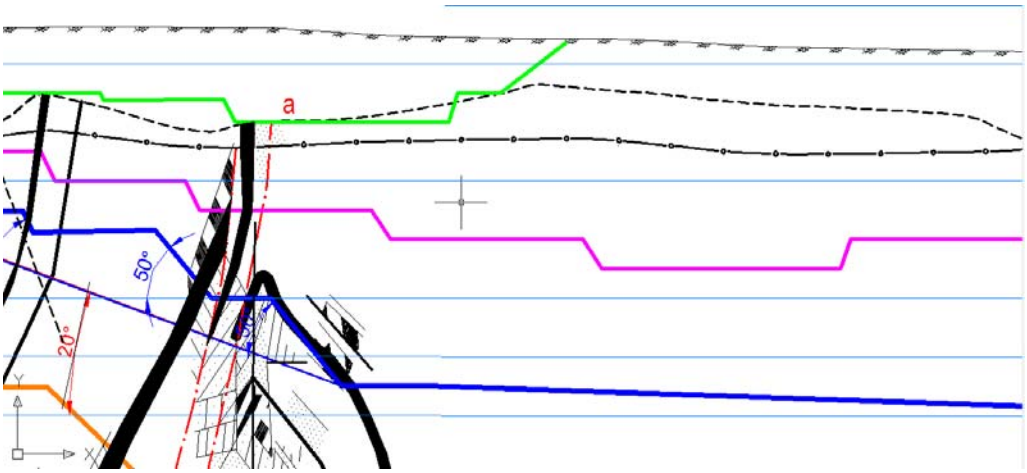


Рис. 1. Фрагмент геологического разреза по IX р.л. участка «Березовский-Восточный»

На представленных фрагментах геологических разрезов отчетливо видно, что на участке «Березовский-Восточный» существует обширная безугольная зона. С целью увеличения эффективности работы экскаваторно-автомобильного парка при ее отработке рекомендуется использование экскаваторов типа прямая механическая лопата с большими линейными параметрами и большой вместимостью ковша, поскольку их производительность, по сравнению с гидравлическими экскаваторами, значительно выше. Преимущества и недостатки мехлопат и гидролопат описаны в работе [1].

При отсутствии на разрезе данных машин возможна их аренда в организациях соответствующего профиля на срок, за который будет пройден участок данной безугольной зоны, либо приобретение необходимого числа единиц оборудования в лизинг.

При отработке угленасыщенных зон наиболее эффективно показывают себя в работе гидравлические экскаваторы [2-6]. Эти экскаваторы имеют ряд особенностей, отличающих их от прямых механических лопат. Данные типы экскаваторов развивают большие усилия на зубья ковша, и за счет этого ковш заполняется за меньшее количество времени. Дополнительные степени свободы рабочего оборудования обеспечивают удобство селективной выемки и полноту прочерпывания, что дает ощутимое преимущество при работе в угленасыщенной зоне.

Для того чтобы добиться экономической эффективности работы экскаватора, а следовательно, и всего разреза в целом, необходимо применение определенного типа выемочного оборудования в определенных горно-геологических условиях, поскольку лишь при правильном использовании технологических преимуществ гидравлических и механических экскаваторов можно достичь снижения инвестиционных затрат.

Одним из путей повышения эффективности отработки безугольной зоны при использовании в ней экскаватора P&H-2300 является увеличение высоты отрабатываемых уступов в коренных породах до 15 метров. Поскольку, согласно проектной документации данного предприятия, при постановке в устойчивое положение высота уступов не должна превышать 30 метров, возможна их отработка в два слоя экскаватором P&H-2300 на высоту 15 метров каждый.

Поэтому задачу повышения эффективности отработки безугольной зоны можно сформулировать следующим образом – постановка нерабочего борта в предельное положение с увеличением высоты уступа до 30 м.

Основное условие – использование по возможности горнотранспортного оборудования, применяемого в настоящее время на разрезе, но в случае достижения высоких технико-экономических показателей какой-либо конкретной схемы, можно предусмотреть лизинг оборудования в организациях соответствующего профиля.

Вышеизложенное обусловливает применение метода вариантов и рассмотрение следующих технологических схем при отработке развала горной массы в 2 слоя:

Схема 1. Нижний и верхний слои отрабатываются механической лопатой P&H-2300 широкой заходкой (как вариант – отработка в траншее зигзагообразным ходом).

При увеличении высоты уступа с 10 до 15 метров параметры развала находятся в пределах рабочих параметров используемого горнотранспортного оборудования. Высота развала по последнему ряду скважин составляет 14 метров. Ширина развала при использовании диагональной схемы взрывания составляет 60 метров. Отработка развала может осуществляться либо зигзагообразным ходом, либо поперечными заходками экскаватора. Ширина рабочей площадки будет составлять 82 метра.

Погрузка в автотранспорт будет осуществляться на уровне стояния, схема подъезда – тупиковая, либо с петлевым разворотом, т.к. параметры рабочей площадки позволяют осуществить данную схему подъезда.

Пример отработки уступа при постановке борта в предельное положение с использованием экскаватора P&H-2300 в комплексе с автосамосвалами БелАЗ-75131 и БелАЗ-7530 представлен на рис. 2.

Схема 2. Нижний слой отрабатывает P&H-2300, а верхний – экскаватором типа прямая гидравлическая лопата Liebherr-994.

При взрывании уступа на высоту 30 метров, развал взорванной горной массы имеет следующие параметры: высота по последнему ряду скважин составляет 24 метра; ширина развала, при использовании диагональной схемы взрывания, составляет 82 метра. Высоту слоя, отрабатываемую экскаватором P&H-2300 принимаем 15 метров, а высота слоя, отрабатываемая экскаватором Liebherr-994 не будет превышать 9 метров.

При отработке верхнего слоя погрузка в автомобильный транспорт будет осуществляться на уровне стояния экскаватора, при этом движение автотранспорта будет осуществляться по предварительно подготовленному при помощи бульдозера заезду.

Отработка развала взорванной горной массы осуществляется либо зигзагообразным ходом экскаватора, либо его поперечными заходками.

Пример данной схемы представлен на рис. 3.

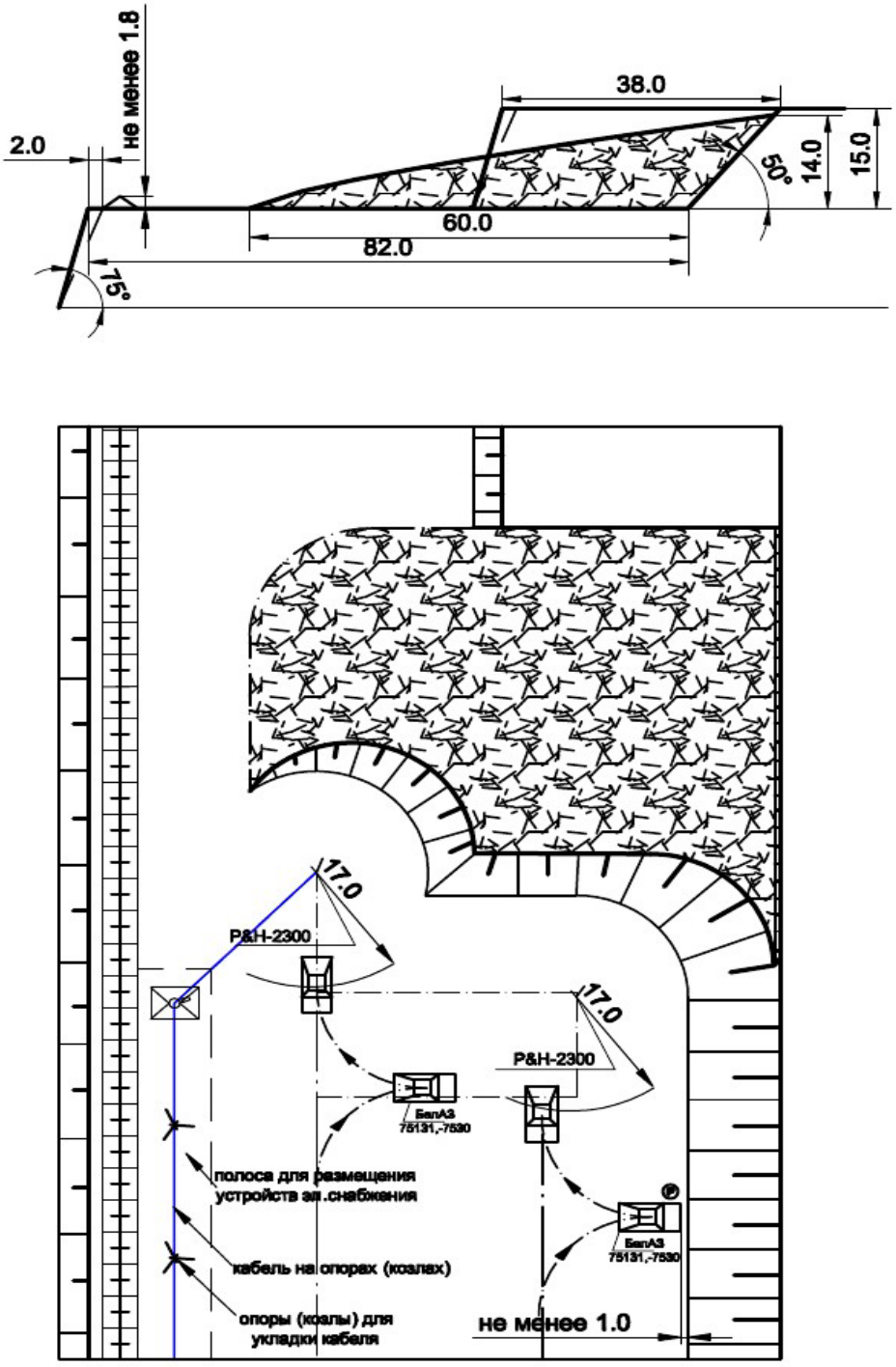


Рис. 2. Отработка развала взорванной горной массы при постановке уступа высотой 15 метров в предельное положение

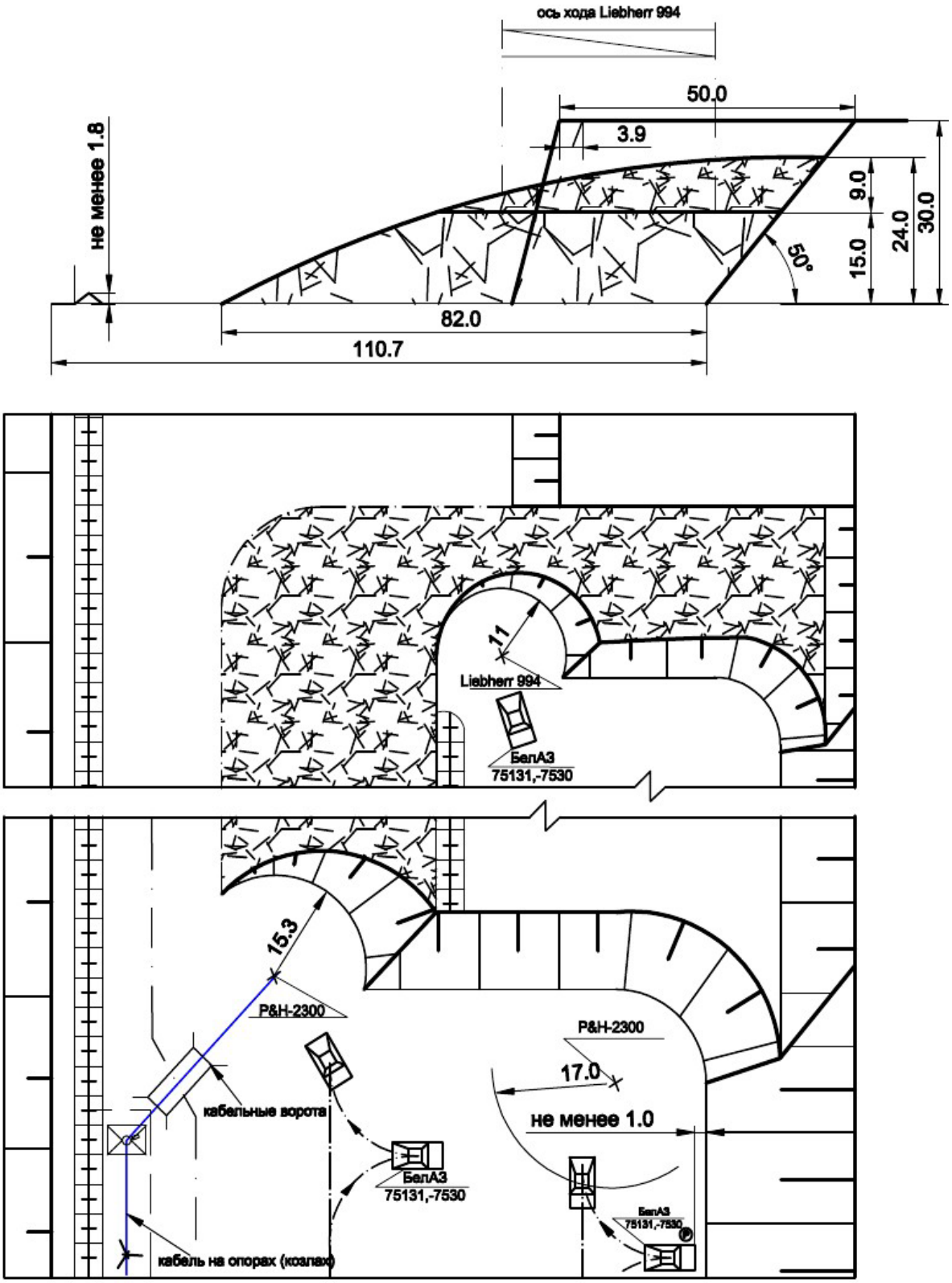


Рис. 3. Отработка развала взорванной горной массы в два слоя при постановке уступа высотой 30 метров в предельное положение

Схема 3. Нижний слой отрабатывает P&H-2300, верхний слой – отрабатывается экскаватором типа обратная гидравлическая лопата (ЭГО) с его установкой на промежуточной площадке.

С целью максимально эффективного использования ЭГО, предусматривается нижнее черпание. Но при использовании ЭГО в данных условиях, возникает ряд проблем, связанных с большим объемом вспомогательных работ, обусловленных проблематичностью подачи автосамосвалов под погрузку экскаватором. Необходимо определиться с выбором стороны заезда автосамосвала на развал. Если заезд осуществляется по ходу подвигания фронта горных работ, то необходимо его постоянно переносить и регулярно планировать трассу для автосамосвала, поскольку в ходе отработке нижнего слоя развала этот заезд будет ликвидироваться работой экскаватора. В случае, когда автосамосвал будет заезжать с противоположной стороны, формируемый для него заезд может быть ликвидирован только по мере полной отработке верхнего слоя развала, а также необходима постоянная планировка пути подъезда автосамосвала под погрузку и места для его установки и разворота. Из-за этого PH-2300 не может начать работу на нижнем слое несмотря на то, что обратная лопата работает с опережением.

Вывод: Из рассмотренных в данной работе технологических схем, обеспечивающих отработку уступов высотой 15 метров и развала взорванной горной массы, образующегося при взрывании уступа на высоту 30 метров, улучшения технико-экономических показателей при отработке безугольной зоны и постановки уступа в предельное положение можно достичь за счёт использования технологических схем 1 и 2. Схема 3 будет иметь возможность использования в случае, если удастся устранить проблему с подачей автосамосвалов под погрузку экскаватором при отработке верхнего слоя развала и возникающего при этом увеличения вспомогательных работ.

Литература.

1. Анистратов, К.Ю. Карьерные экскаваторы – гидравлика или канат. – Уголь, №6, 2010. – С. 31-35.
2. Стрельников, А.В. Опыт применения обратных гидравлических лопат на разрезах ОАО «УК «Кузбассразрезуголь» / А.В. Стрельников, М.А. Тюленев // Кемерово. – Вестник КузГТУ. – 2011. – № 2. – С. 8-12.
3. Стрельников, А.В. Применение обратных гидравлических лопат при разработке сложноструктурных угольных месторождений Кузбасса / А. В. Стрельников, М. А. Тюленев // Горное оборудование и электромеханика. – 2011. – № 1. – С. 30–34.
4. Тюленев, М.А. Определение числа слоев при разработке породоугольных панелей обратными гидравлическими лопатами / М.А. Тюленев, В.Г. Проноза, А.В. Стрельников // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – М.: Горная книга. – 2012. – № S7. – С. 112-118.
5. Тюленев, М.А. Разработка схем забоев для послойной проходки траншей и отработки заходок обратными гидравлическими лопатами / М.А. Тюленев, В.Г. Проноза, А.В. Стрельников // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – М.: Горная книга. – 2011. – № S10. – С. 23-33.
6. Тюленев, М.А. Матричный метод идентификации схем забоев обратных гидравлических лопат / М.А. Тюленев, В.Г. Проноза, А.В. Стрельников // Горный информационно-аналитический бюллетень. – М.: Горная книга. – 2011. – №S10. – С. 34-41.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОВОЙ МОЩНОСТИ, ОТВОДИМОЙ ГИДРОБАКАМИ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ ГЕОХОДА

Р.В. Чернухин, М.Ю. Блащук, к.т.н., доц., В.В. Аксенов, д.т.н., проф.
Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского Томского политехнического университета
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел.: (38451)6-05-37
E-mail: Chernuhin@tpu.ru

Для обеспечения работы основных систем горных машин эффективно применяется гидропривод. Системой, обеспечивающей функционирование гидропривода геохода, является насосная станция (НС). Габаритные размеры насосной станции геохода должны обеспечивать ее размещение в условиях ограниченного пространства [1]. Это требование особенно актуально при выборе насосных станций, установленных внутри геохода. Одним из направлений по сокращению размеров насосной станции и ее

массы является уменьшение объема гидробака. Уменьшение объема рабочей жидкости также уменьшает пожароопасность всей системы и может сократить материальные затраты при эксплуатации НС.

Поскольку помимо хранения рабочей жидкости гидробаки выполняют функцию ее охлаждения, то уменьшение вместимости гидробаков неизбежно повлияет на процессы охлаждения рабочей жидкости гидропривода. Таким образом, возникает необходимость в определении тепловой мощности, отводимой гидробаками при их разной вместимости.

Отводимая стенками гидробаков тепловая мощность определяется из выражения [2, 3]:

$$G = S_{ГБ} \cdot \alpha_T \cdot (t_ж - t_{ос}), \tag{1}$$

где α_T – коэффициент теплопередачи, кВт/(м$^2\cdot$°С)

$S_{ГБ}$ – площадь охлаждаемой поверхности, м^2;

$t_ж$ – температура рабочей жидкости, °С;

$t_{ос}$ – температура окружающей среды °С.

Важным параметром в выражении (1) является площадь охлаждаемой поверхности, которая определяется как сумма всех граней по известным формулам. В работе [4] предложено использовать в качестве резервуаров рабочей жидкости гидропривода геохода гидробаки, имеющие в сечении форму параллелепипеда, сегмента и кольцевого сектора, а в работе [5] доказана возможность их применения. Площадь поверхности гидробака типа «параллелепипед» определяется из выражения:

$$S_{ПП} = 2\cdot B_{ПП} \cdot H_{ПП} + 2\cdot H_{ПП} \cdot L_{ПП} + 2\cdot B_{ПП} \cdot L_{ПП}, \tag{2}$$

где $B_{ПП}$ – ширина гидробака, м;

$H_{ПП}$ – высота гидробака, м;

$L_{ПП}$ – длина гидробака, м.

Размеры гидробаков типа «сегмент» и «кольцевой сектор» (рисунок 1) ограничены конструктивными параметрами геохода: радиусом геохода $R_Г$, принятым габаритом внутреннего пространства $R_{ВП}$, длиной хвостовой секции геохода $L_{ХС}$.

Общая площадь поверхности гидробаков типа «сегмент» и «кольцевой сектор» также складывается из площадей поверхностей, образующих резервуар:

– для гидробака типа «сегмент»

$$S_C = 2 \cdot S_{сегм} + S_{цил} + S_{осн}, \tag{3}$$

где $S_{сегм}$ – площадь сегментной части гидробака, м^2;

$S_{цил}$ – площадь цилиндрической поверхности гидробака, м^2;

$S_{осн}$ – площадь основания гидробака, м^2.

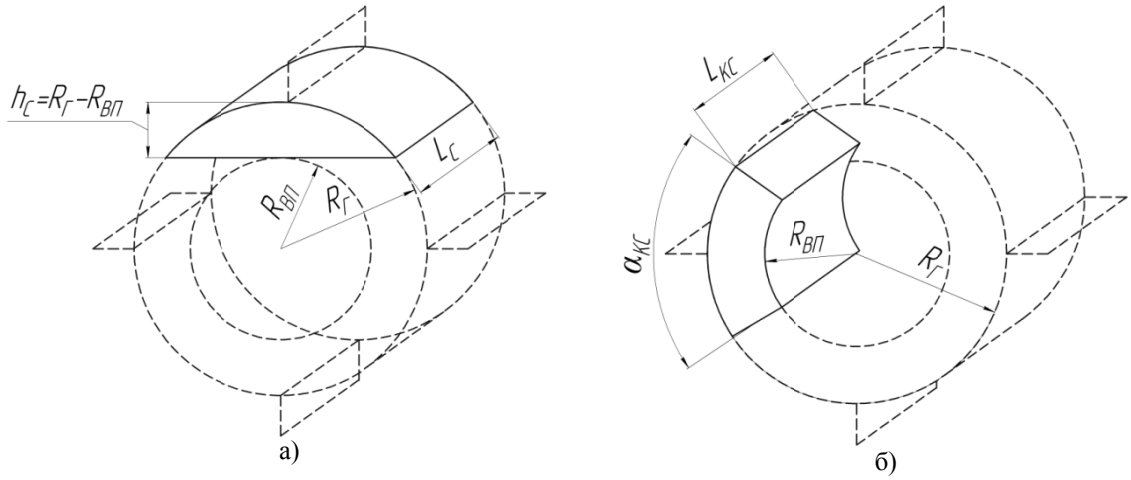


Рис. 1. Геометрические параметры гидробаков типов «сегмент» (а) и «кольцевой сектор» (б)

Площадь сегментной части гидробака через высоту h сегмента и радиус геохода $R_Г$ определяется из выражения:

$$S_{сегм} = R_Г \cdot arccos\left(1 - \frac{h}{R_Г}\right) - (R_Г - h) \cdot \sqrt{2 \cdot R_Г \cdot h - h^2}, \tag{4}$$

где h – высота сегментной части гидробака,

$$h = R_Г - R_{ВП}, \tag{5}$$

Площадь цилиндрической поверхности гидробака через радиус, высоту сегмента и длину хвостовой секции:

$$S_{цил} = 2 \cdot R_Г \cdot arccos\left(1 - \frac{h}{R_Г}\right) \cdot L_C, \tag{6}$$

где L_C – длина гидробака типа «сегмент», м.

Площадь основания гидробака через те же конструктивные параметры геохода выражаются как:

$$S_{осн} = 2 \cdot L_C \cdot \sqrt{2 \cdot R_Г \cdot h - h^2}, \tag{7}$$

Подставляя в (3) выражения для определения площадей поверхностей, образующих резервуар (4), (6) и (7), а также с учетом выражения (5) после преобразований получим:

$$S_C = 2\left(R_Г{}^2 \cdot arccos\left(\frac{R_{ВП}}{R_Г}\right) - R_{ВП} \cdot \sqrt{R_Г{}^2 - R_{ВП}{}^2}\right) +$$

$$+ 2 \cdot R_Г \cdot L_C \cdot arccos\left(\frac{R_{ВП}}{R_Г}\right) + 2 \cdot L_C \cdot \sqrt{R_Г{}^2 - R_{ВП}{}^2}, \tag{8}$$

Площадь поверхности гидробака типа «кольцевой сектор» определяется из выражения:

$$S_C = 2 \cdot S_{КС} + S_{вн.цил} + S_{внешн.цил} + 2 \cdot S_{торц}, \tag{9}$$

где $S_{КС}$ – площадь кольцевого сектора, м^2;

$S_{вн.цил}$ – площадь внутренней поверхности гидробака, м^2;

$S_{внешн.цил}$ – площадь внешней поверхности гидробака, м^2;

$S_{торц}$ – площадь торцовой части гидробака, м^2.

Составляющие выражения (9) определяются из формул:

$$S_{КС} = \alpha_{КС} \cdot \left(R_Г{}^2 - R_{ВП}{}^2\right), \tag{10}$$

$$S_{вн.цил} = \alpha_{КС} \cdot R_{ВП} \cdot L_{КС}, \tag{11}$$

$$S_{внешнцил} = \alpha_{КС} \cdot R_Г \cdot L_{КС}, \tag{12}$$

$$S_{торц} = L_{КС} \cdot \left(R_Г - R_{ВП}\right), \tag{13}$$

где $\alpha_{КС}$ – центральный угол гидробака типа «кольцевой сектор», рад;

$L_{КС}$ – длина гидробака типа кольцевой сектор, м.

С учетом (10)-(13) и после преобразований выражение (9) для определения общей площади поверхности гидробака типа «кольцевой сектор» примет вид:

$$S_{кс} = 2 \cdot \alpha_{КС} \cdot (R_Г{}^2 - R_{ВП}{}^2) + \alpha_{КС} \cdot L_{КС} \cdot \left(R_Г + R_{ВП}\right) + 2 \cdot L_{КС} \cdot \left(R_Г - R_{ВП}\right) \tag{14}$$

Подставив выражения (8) и (14) в выражение (1) можно построить график зависимости отводимой тепловой мощности от площади поверхности гидробаков рассматриваемых форм $G = f(S_{ГБ})$ для геоходов типоразмерного ряда. Однако для практических целей удобнее воспользоваться графиком зависимости вида $G = f(V_{ГБ})$. Для сравнения эффективности того или иного типа гидробака построены диаграммы (рисунки 2, 3, 4), которые позволяют сравнить гидробаки разной формы и вместительности по отводимой тепловой мощности.

При построении диаграмм приняты следующие параметры и допущения: коэффициент теплопередачи α_T постоянен; вся поверхность гидробаков участвует в процессе теплопередачи; разность температур составляет Δt = 40 °С ($t_ж$ = 60°С, $t_{ос}$ = 20°С); коэффициент внутреннего пространства равен $R_{ВП}/R_Г$ = 0,8. Графики построены для объемов гидробаков, принятых равными соответственно одной ($V_{ГБ} = V_Q$), двум ($V_{ГБ} = V_{2Q}$) и трем ($V_{ГБ} = V_{3Q}$) суммарным минутным подачам всех насосов

(требуемая мощность гидропривода и подача насосов определена в работе [6]). Увеличение объемов гидробаков достигается изменением их длины.

При вместимости $V_{ГБ} = V_Q$ площадь поверхности и тепловой поток гидробаков типа «сегмент» и «кольцевой сектор» отличаются незначительно, однако с увеличением вместимости до $V_{ГБ} = V_{2Q}$ и далее до $V_{ГБ} = V_{3Q}$ из-за увеличения площади поверхности теплоотдача гидробака типа «сегмент» при прочих равных условиях выше, чем у гидробаков типа «кольцевой сектор».

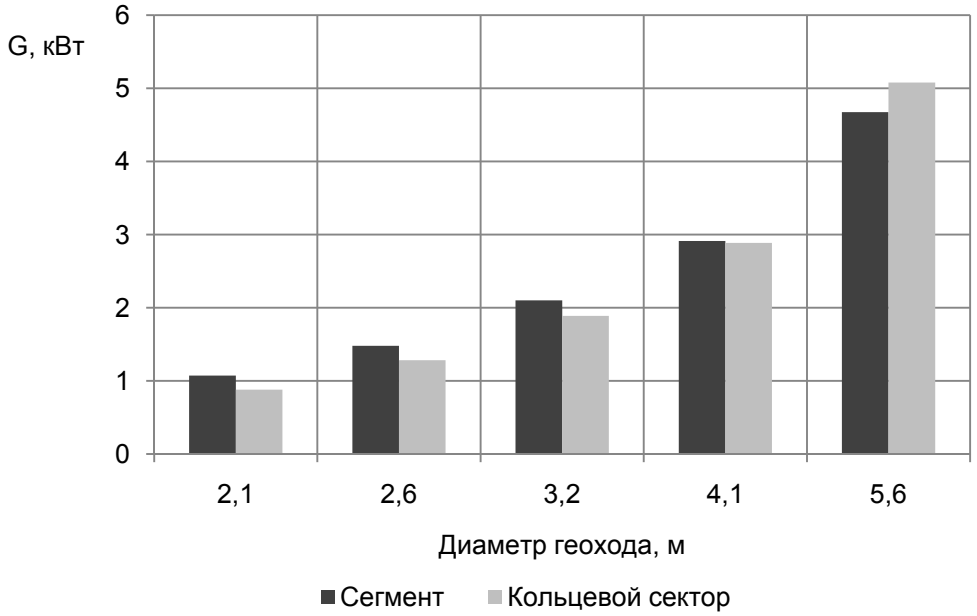


Рис. 2. Сравнение отводимой тепловой мощности гидробаками типа «сегмент» и кольцевой сектор» при объеме гидробака $V_{ГБ} = V_O$

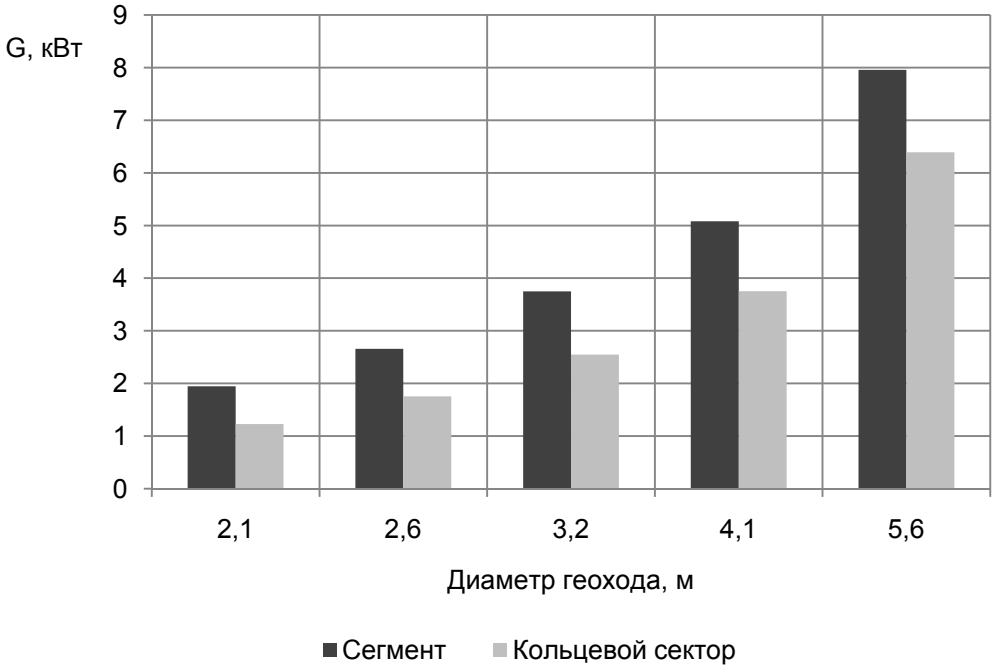


Рис. 3. Сравнение отводимой тепловой мощности гидробаками типа «сегмент» и кольцевой сектор» при объеме гидробака $V_{ГБ} = V_{2Q}$

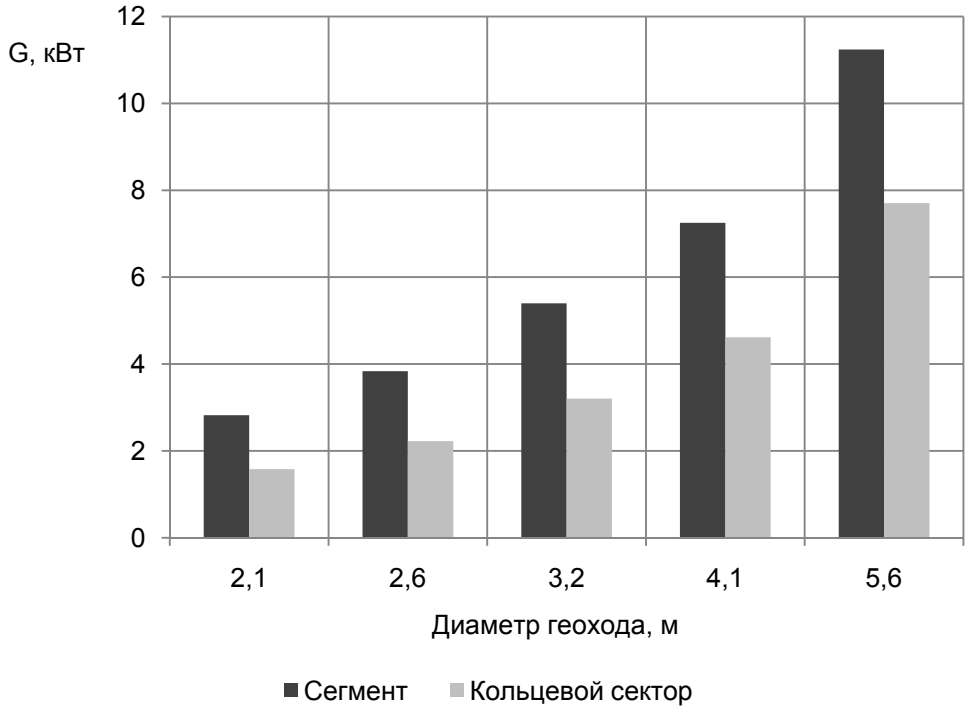


Рис. 4. Сравнение отводимой тепловой мощности гидробаками типа «сегмент» и кольцевой сектор» при объеме гидробака $V_{ГБ} = V_{3Q}$

Следует отметить, что увеличение вместимости гидробаков с V_Q до V_{2Q} и V_{3Q} (в 2 и в 3 раза) приводит к увеличению площади поверхности гидробаков лишь в 1,5 и 1,7 раза соответственно.

Таким образом, для обеспечения необходимого теплового режима эффективнее не увеличивать объем гидробака, а проводить дополнительные мероприятия по увеличению теплоотдачи. Такими мероприятиями являются применение теплообменных устройств, увеличение охлаждающей поверхности гидробака с помощью его оребрения и применение принудительного обдува, который позволяет значительно увеличить коэффициент теплопередачи α_T.

Дальнейшей задачей является оценка достаточности отводимой тепловой мощности для поддержания теплового режима, для чего необходимо определение мощности потерь гидропривода.

Литература.

1. Аксенов, В.В. Формирование требований к энергосиловой установке геохода / В.В. Аксенов, М.Ю. Блащук, Р.В.Чернухин // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2012. Т. 12. – № 7. – С. 263-267.
2. Гойдо, М.Е. Проектирование объемных гидроприводов /М.Е. Гойдо. – М.: Машиностроение, 2009. – 304 с.
3. Ковалевский, В.Ф. Теплообменные устройства и тепловые расчеты гидропривода горных машин / В.Ф. Ковалевский. – М.: «Недра», 1972, – 224 с.
4. Аксенов, В.В. Компоновочные схемы энергосиловой установки геохода / В.В. Аксенов, М.Ю. Блащук, Р.В. Чернухин // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2014. – №. 3(103). – С. 33-38.
5. Аксенов В.В. О возможности размещения гидробаков энергосиловой установки геохода в его внутреннем пространстве / Аксенов В.В., Блащук М.Ю., Чернухин Р.В. // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2014. – № 6(106). – С. 37-39.
6. Blashchuk M.Yu. Capacity Calculation of Hydraulic Motors in Geokhod Systems for Justification of Energy-Power Block Parameters / Blashchuk M.Yu., Kasantsev A.A., Chernukhin R.V. // Applied Mechanics and Materials. – 2014. – № 682. – С. 418-425.

ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОЧИСТКИ И СОРТИРОВАНИЯ ЗЕРНА

Н.Р.Баракаев , к.т.н, доц., Г.А.Бахадиров, д.т.н., проф.
Гулистанский государственный университет
100120, г. Узбекистан, Сырдарьинская область, г. Гулистан, ГулГУ, тел. (998-672) 25-02-75
E-mail: bnr_1967@mail.ru

Зерно, особенно пшеница, является важнейшей продовольственной культурой, которая непосредственно связана с продовольственной безопасностью стран.

Следовательно, очистка, сортирование и хранение зерна требуют развития и совершенствования методов расчета и проектирования оборудования очистки и сортирования зерна.

В настоящее время особое внимание уделяется осуществлению широкомасштабной модернизации, технического и технологического обновления промышленных производств, оснащение их самым современным высокотехнологичным оборудованием, ускоренное внедрение в отраслях промышленности современных научных достижений и прогрессивных инновационных технологий, обеспечивающих увеличение выпуска высококачественной продукции.

Производство зерновых культур включает в себя ряд последовательных операций, в состав которых входят: уборка, послеуборочная обработка и переработка. Нарушение технологии одной из выполняемых операций приводит к необратимым последствиям. Увеличение производства зерна в последние годы вызывает определённую сложность в его производстве. Особое внимание в производстве зерновых уделяется послеуборочной обработке зерновой массы. Задачей послеуборочной обработки является доведение качества зерна до требуемых кондиций, установленных государственными стандартами [1].

Одним из основных признаков качества зерна является его засоренность сорными, зерновыми и металлическими, а также минеральными примесями [2, 3].

Примеси всех видов затрудняют получение продукции высокого качества, снижают выход и качество муки и крупы и уменьшают срок службы рабочих органов машин и аппаратов.

Предприятия, перерабатывающие зерно в продовольственные и кормовые продукты, предъявляют серьезные требования при его приемке на содержание сорной примеси в пшенице, принимаемой мельницами для переработки в сортовую муку [3, 4].

Для очистки зерна применяется много различных машин, выделяющих примеси, которые отличаются от зерна по некоторым физическим, химическим, механическим свойствам и морфологическим признакам [5-7].

В настоящее время для выделения из зерновой массы примесей применяют зерноочистительные, камнеотделительные и вибропневматические машины. Недостатком этих очистительных машин является недостаточная эффективность разделения и отсутствие очистки от примесей. Также, известные машины не обеспечивают достаточную сепарацию и фракционирования сыпучих продуктов, в частности зерна и зернопродуктов. При этом полная очистка зерна не происходит, и оно направляется на вальцовый станок. Это отражается на качестве получаемой продукции [8, 9].

Основным направлением в развитии мукомольно-крупяной и комбикормовой промышленности на сегодня и на перспективу остается повышение технического уровня предприятий отрасли на базе применения высокоэффективного оборудования и передовой технологии и за счет этого значительное увеличение производства муки высоких сортов.

Основными рабочими органами машин дя предварительной очистки зерна являются пневматические сепарирующие каналы, колеблющиеся и конвейерные решёта. Плоские колеблющиеся решёта не всегда обеспечивают качественное разделение зерновой смеси повышенной влажности и засорённости, а в некоторых случаях и вообще не позволяют обрабатывать смесь без специальных устройств, для перемещения материала по рабочей поверхности [10].

Для предварительной очистки в большинстве машин использован принцип разделения зернового вороха в воздушном канале [8, 9, 11]. Эти машины не обеспечивают достаточную сепарацию зерна и имеют низкую эффективность очистки от примесей.

По данным различных исследований производительность зерноочистительных машин и агрегатов при проведении различных операций (предварительной, первичной и окончательной очистки) заметно снижается и отличается от паспортных данных [10, 12].

Анализируя приведенные выше факты, можно отметить, что существующая технология послеуборочной обработки зерна в сельскохозяйственных предприятиях имеет ряд существенных не-

достатков. Основной недостаток существующей технологии послеуборочной обработки зерна - низкие производительность и качество очистки от примесей зернового материала.

Практически на каждом этапе существующей технологии требуется очистка от засорителей и примесей: в хозяйствах АПК - на элеваторах - на мукомольных и комбикормовых заводах.

Исследования показали, что во всех зерноочистительных машинах в общем случае зерна повреждаются от 3% до 10%. В некоторых случаях при получении кондиционных семян, хозяйства вынуждены пропускать зерно через очистительные машины 2-3 раза, из-за чего количество механических повреждений возрастает в 1,5-2 раза и количество микроповреждений до 87,5% [10, 13].

Анализ существующих машин для предварительной обработки зернового вороха показал, что в настоящее время исследованы многие параметры и факторы, влияющие на производительность и качество работы этих машин, разработаны рациональные режимы работы и размеры рабочих органов. Вследствие этого, дальнейший рост производительности машин со стандартными рабочими органами может быть получен только за счет увеличения площади сепарирующих поверхностей и частично за счет улучшения организации воздушного потока. Это недостаточно эффективно, так как ведёт к увеличению удельной металлоемкости и энергоёмкости, нарушению оптимальных режимов работы.

Отсюда и вытекает проблема, необходимость развития и совершенствования технологии и оборудования очистки и сортирования зерна, следовательно, их методов расчета и проектирования.

С целью полной очистки зерна от примесей и сортирования, т.е. разделения их на фракции по массе, с учетом физико-химических, аэродинамических и механических свойств зерна, нами предлагается новое двух этапное комбинированное оборудование для очистки и сортирования зерна [14, 15].

Предлагаемое оборудование (рис. 1) содержит питающий 1 и распределяющий 2 устройства и камеру сепарации 3. Питающее устройство 1, включает загрузочный бункер 4 и приемную камеру 5. Приемная камера 5 снабжена наклонными встряхивающими полками 6, аспирационным каналом 7 и аспирационными зазорами 8 для предварительной аспирации, где осуществляется первоначальная очистка - удаляются примеси не превышающие массу зерна.

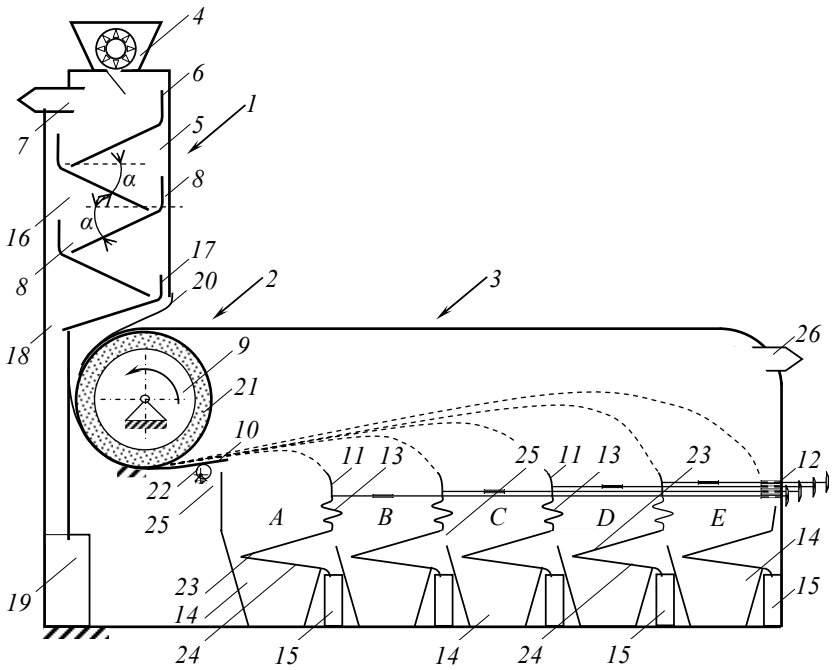


Рис. 1 Схема оборудования для очистки и сортирования зерна

Исходная зерновая смесь через загрузочный бункер 4 поступает на наклонные встряхивающие полки 6 и движется самотеком в шахматном порядке от полки 6 к следующей полке 6, ударяясь к их изогнутым стенкам. Полки 6, имеют отверстия перфораций меньше чем размеры зерна. При ударении разделяются прилипшие примеси от зерна. Запыленный воздух и отделенные от зерна соломистые примеси всасывается каналом 7 через зазоры 8 для аспирации и уходит в циклон. Воздуховоды

аспирации 8 обеспечивают беспрепятственное и качественное удаление запыленного воздуха и примеси не превышающие массу зерна через аспирационный канал 7. При этом, выполнение полок 6 перфорированными, где их отверстия меньше чем размеры зерна, повышает эффект очистки зерна. Так как, зерновая смесь катится по поверхностям наклонных перфорированных встряхивающихся полок 6 а воздушный поток, проходящий по отверстиям перфораций увлекает с собой пыль, легкие и соломистые примеси. Очищенная от легких примесей зерновая смесь от встряхивающих полок 6 поступает в зону распределяющего устройства 2 и увлекается щеточным валиком 9. Зерновая смесь, набирая соответствующую скорость, от вращательного движения питающего валика 9 поступает на направляющий лоток 10, угол наклона которого, устанавливается в пределах $\alpha=0...45^o$ в зависимости от технологических требований.

Зерновая смесь от направляющего лотка 10 влетает в камеру сепарации 3, которая разделена по длине перемещаемыми перегородками с изогнутым верхом 11, закрепленными механизмами 12 для их перемещения, с эластичными пластинами 13 и отсеками 14 и 15. Зерновая смесь, пролетая по определенной траектории, соответствующей их массе разделяются по всей длине камеры сепарации 3 на фракции и входят в каналы A, B, C, D или E. Зерна с большей массой, т.е. семенные пролетают большое расстояние и входят в самый дальний канал E. Продовольственные зерна, имеющие чуть меньше массы, чем семенные, пролетают соответственно их массе чуть меньше расстояние и входят в канал D. Таким образом, зерновая смесь (семенные, продовольственные, фуражные зерна, соломистые и другие примеси) в зависимости от массы зерен разделяется по всей длине камеры сепарации 3 на фракции, и входят в соответствующие каналы A, B, C, D или E.

Перемещаемые перегородки с изогнутым верхом 11, позволяют каждую фракцию выделять по отдельности. Изогнутость верха перегородок 11 соответствуют траектории полета зерен и обеспечивают плавный прием зерен в каналы. Механизмы 12 для перемещения перегородок 11, с эластичными пластинами 13 обеспечат точную регулировку разделения зерен на фракции и их сбора в отсеках 14 и 15.

Необходимо отметить, что наклонные встряхивающие полки 6, установлены к боковой стенке 16 приемной камеры 5 с зазором 8 для предварительной аспирации. Установление полок 6 к боковой стенке 16 с зазором 8 обеспечивает беспрепятственное и качественное удаление запыленного воздуха через аспирационный канал 7.

Полки 6 выполнены из сетки, в принципе могут быть выполнены из перфорированного листа с изогнутым верхом. Выполнение полок 6 из сетки или из перфорированного листа (где размеры отверстия сетки или перфорации меньше размеров обрабатываемого зерна) с изогнутым верхом обеспечивает полное высасывание запыленного воздуха и мелких соломистых примесей по всему объему приемной камеры 5. Изогнутость верха полок 6 и 17 препятствуют переходу зерен в зазоры 8 и позволяют последовательное перемещение исходной смеси от полок к полке.

Отверстия нижней наклонной встряхивающей полки 17 выполнены большим, чем размеры обрабатываемого зерна. Зерновая смесь, попадая на поверхность полки (решет) 17 просеивается. При этом конец нижней наклонной встряхивающей полки 17 выполнен выступающим из приемной камеры 5 и примыкает к выходной окошке 18, под которой установлена емкость 19 для сбора крупных и тяжелых примесей.

Выполнение отверстий полки 17 большим, чем отверстия остальных наклонных встряхивающих полок 6 (где размеры отверстия сетки или перфорации больше размеров обрабатываемого зерна) позволяют проходу зерен дальше в зону распределяющего устройства 2. При этом другие крупные примеси (соломы, камни и др.) по наклонной встряхивающей полке 17, конец которой выступает из приемной камеры 5, через выходное окошко 18, поступает в емкость 19.

Кроме того, наклонные встряхивающие полки 6, 17 вибрируются. Вибрация полок 6, 17 позволяет улучшить равномерное распределение зерен по всей ширине, отделение прилипших примесей от зерен, просеивание и способствует повышению качества перемещения зерен по ним.

Загрузочная полка 20 питающего устройства 2 направлена по касательной к щеточному валику 9. Выполнение направления загрузочной полки 20 питающего устройства 2 по касательной к питающему валику 9 обеспечивает плавную загрузку и захват зерен щеточным валиком 9, предотвращая отскок зерен от поверхности щеточного валика 9.

Наличие щеток или щеточных лопастей 21 на поверхности валика 9 улучшает захват и фиксирование зерен по окружности валика 9 и обеспечивают равные начальные скорости вылетающим зернам. Направляющий лоток 10 выполнен из упругого листового материала и снабжен механизмом регулирования угла подъема 22. Выполнение направляющего лотка 10 из упругого листового мате-

риала позволяет регулировать его угол подъема, в пределах $\alpha=0...45^o$ посредством механизма регулирования угла подъема 22. Это обеспечивает выбрать оптимальные режимы сепарации, т.е. разделения зерен на фракции по всей длине камеры сепарации 3.

Над перегороженными отсеками 14 и 15 камеры сепарации 3, установлены наклонные сито 23 и лоток 24. Размеры примесей меньше чем размеры зерен. Так как, примеси, имеющие размеры больше чем размеры зерен удержаны встряхивающей полкой 17, независимо от масс. Следовательно, при поступлении зерен и примесей на наклонное сито 23 (размеры отверстий сито меньше размеров зерен) зерна проходит до конца сита 23 и поступает в отсек 14. Другие примеси (камни и т.д.) просеиваются через сито 23 и падают на лоток 24, откуда попадают в отсек 15.

Таким образом, обеспечивается разделение исходной смеси на фракции по массам. Следовательно, в каналы A, B, C, D входят зерна и другие примеси, одинаковых масс.

Также, камера сепарации имеет входные 25 и выходные 26 каналы аспирации. Наличие входных 25 и выходных 26 каналов аспирации в камере обеспечивают удаление запыленного воздуха и дополнительно отделившиеся легкие примеси.

С целью научного обоснования параметров оборудования нами рассматривается условия абсолютного перемещения зерновой смеси с примесью по наклонной неподвижной перфорированной полке.

Приведено условие предельного равновесия зерновой частицы на неподвижной полке, которая установлена наклонно под определенным углом к горизонту. На зерновые частицы действуют силы тяжести зерновых частиц, нормальная реакция поверхности полки, сила трения и сила втягивания воздушного потока. Для движения частицы по полкам угол наклона полки должна быть больше чем угол трения.

Движение центра масс выделенного единичного элемента, т.е. зерновых частиц с примесью в направлении полки опишем в виде основного уравнения динамики. При движении масса зерновых частиц с примесью будет уменьшаться за счет удаления легкой засоренности силой втягивания воздушного потока. Эта масса определяется функцией по времени. С учетом уменьшения массы зерновых частиц с примесью их уравнение получим в виде закона движения переменной массы. Аналогичными будут уравнения движения вдоль других полок, соответственно уравнению записанной для первой полки, но с различными массами, а также с другими силами втягивания.

Далее, по критерию фракционирования зерен по массе, исследовано движение зерновой смеси вылетающей из распределителя в предположении, что все частицы зерновой смеси при вылете из распределителя будут иметь одинаковую начальную скорость и направлен под некоторым углом к горизонту. Где скорость вылета зерна зависит от угловой скорость барабана, плотности воздушной среды, площади падающего тела и коэффициента его лобового сопротивления. Составлено уравнение движения зерновой смеси в камере сепарации. Полученные выражения позволяют исследовать и определять параметры аппарата по массе в зависимости от начальной скорости, угла вылета, расстояния от распределителя до соответствующего отсека, высоты подъема частицы и коэффициента сопротивления воздуха. Полученные уравнения позволяют определить параметры, которые будут использованы при выборе режимов работы очистителя зерна [16].

Проведены экспериментальные исследования при изменении угла наклона полок и скорости воздушного потока в аспирационном канале, а также угловой скорости вибрационного механизма нижней наклонной полки.

В результате теоретических и экспериментальных исследований установлено, что время нахождения зерна на полке прямо пропорционально длине и обратно пропорционально углу наклона.

Для обеспечения движения зерновой смеси по поверхности перфорированной полки самотеком, угол наклона перфорированной полки должен составлять не менее 23°, а диаметр отверстий не более 3,5 мм.

Также, установлено, что с увеличением угла наклона полки скорость падения частиц зерновой смеси растет, а время нахождения зерна на полке уменьшается. Соответственно, при больших углах наклона полки частицы, имеющие наибольшие массы набирают наибольшую скорость падения, тогда зерновая смесь катится или скользить по поверхности полки. При таком движении зерно очищается от прилипшей пыли и от оболочки.

Экспериментально доказано, что для очистки зерна от различных примесей не превышающие массу зерна скорость воздушного потока должна быть не более 7 м/с.

Полученные выражения позволяют исследовать и определять параметры аппарата разделения частиц по массе в зависимости от начальной скорости, угла вылета и коэффициента сопротивления воздуха.

Следует отметить, что разработанное по новой технологии оборудование для очистки и сортирования зерна относительно компактное и может функционировать от различных источников энер-

гии. Это позволяет изготовить мобильные варианты различной производительности для применения в малых хозяйствах в сезон уборки урожая.

Литература.

1. Бутенко А.Ф. Обоснование параметров и режимов технологического процесса работы роторного зернометателя по критерию снижения травмирования зерна: Автореф. дисс. … канд. техн. наук. – Зерногорад, 2005. – 19 с.
2. Ямпилов С.С. Технологическое и техническое обеспечение ресурсо-энергосберегающих процессов очистки и сортирования зерна и семян. Улан-Удэ, Изд. Вост. Сибир. гос. технол. ун-та, 2003.-262 с.
3. Стрикунов Н.И. Очистка зерна и семян. Машины и технологии: учебное пособие / Н.И. Стрикунов, В.И. Беляев, Б.Т. Тарасов. Барнаул: Изд-во АГАУ, 2007. 131 с.
4. Фоминых А.В. Повышение эффективности сепарирования зерна и сои на основе совершенствования фракционных технологий и машин. Дис. ... докт. техн. наук - Челябинск, 2006. - 268 с.
5. Балданов В.Б. Обоснование основных параметров гравитационного сепаратора для очистки зерна. Автореферат дис. … кант. техн. наук. Улан-Удэ, 2013. 18 с.
6. Stoenescu G., Ionescu V., Vasilean I., Aprodu I., Banu I. Technological effects of the wheat cleaning equipment of an industrial mill. The Annals of the University Dunarea de Jos of Galati Fascicle VI – Food Technology Audjg – Food Technology, 2010; 34(2). p. 54–58.
7. Ермольев Ю.И., Кочкин М.Ю. Моделирование процесса функционирования зерноочистительного агрегата. Вестник Донского государственного технического университета, 2007. Т.7. №4 (35) стр. 151-162.
8. Патент РФ, RU 2286856 C1. Вертикальный сепаратор-транспортер. Авдеев Н.Е., Чернухин Ю.В., Некрасов А.В., Выборнов А.В. – Опубл. В Б.И. РФ, 10.11.2006 №31.
9. Патент РФ, RU 2306188 C1. Сепаратор сыпучих продуктов. Агарков В.И., Коновалов А.В. – Опубл. В Б.И. РФ, 20.09.2007 №26.
10. Зильбернагель А.В. Интенсификация процесса сепарации зерна на плоских решетах с продолговатыми отверстиями, расположенными под углом. Дис...канд. техн. наук. Омск, 2005, - 172 с. 168.
11. Urkhanov N., Results of research into the improvement of separator design and better efficiency. Bulletin of the Buryat State Agricultural Academy named after V.R.Filippov, №4 2008. p. 98-103.
12. Egorov G.A., Martynenko Y.F., Petrenko T.P., Technology and equipment for flour, cereals and combined - feed industry. - Moscow: Publishing complex MGAPP, 1999. p. 334.
13. New Clean–Sort–Dose- Mix Technologies, 2014, available at http://iaom.info/content/wp-content/uploads/09 buhler.pdf, accessed: 25.12.2014.
14. Патент РУз №FAP 00631. Сепаратор. Баракаев Н.Р., Ризаев А.А., Бахадиров Г.А., Акромов А.А., Шернаев А.Н., Ибрагимов Ф.Х., Курбонов З.С. – Опубл. в Официальный бюллетень Государственного патентного ведомства Республики Узбекистан, 2011 г., №7 (123).
15. Патент РУз №FAP 00820. Питающее устройство сепаратора зерна. Баракаев Н.Р., Ризаев А.А., Бахадиров Г.А., Шернаев А.Н., Ибрагимов Ф. – Опубл. в Официальный бюллетень Государственного патентного ведомства Республики Узбекистан, 2013 г., №6 (146).
16. Баракаев Н.Р., Бахадиров Г.А., Ризаев А.А. Шин И.Г. Комбинированный сепаратор для фракционного разделения сыпучих материалов. // «Вестник машиностроения», научно-технический журнал. Москва, 2013г. №8. стр. 46-49.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОДОГРЕВА ПЕРЕД ПУСКОМ ДВИГАТЕЛЯ Д-240

М.А. Корчуганова, к.т.н., доц., А.П. Сырбаков, к.т.н., доц.
Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского Томского политехнического университета
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел. (8-384-51)-6-05-37
E-mail: kma77@list.ru

Пуск дизелей в условиях отрицательных температур окружающей среды затруднен из-за сложности обеспечения пусковой частоты вращения коленчатого вала, ухудшения условий смесеобразования и воспламенения горючей смеси.

Пуск двигателей зимой без предварительного разогрева картерного масла и охлаждающей воды приводит к усиленному износу деталей двигателя. Поэтому перед пуском двигатель желательно прогреть различными доступными средствами и способами.

В настоящее время предложено и разработано множество методов и приспособлений, облегчающих пуск холодных двигателей. Большинство из них основано на предпусковом разогреве технических жидкостей двигателя, как автономными подогревателями, так и подогревателями запитанные от внешней электрической среды.

Наиболее эффективными устройствами для разогрева технических жидкостей ДВС, являются автономные предпусковые подогреватели работающие на жидком или газообразном топливе. Но не смотря на автономность, дистанционность работы и форсированность предпускового разогрева охлаждающей жидкости двигателя, применение современных автономных предпусковых подогревателей для отечественных тракторов эксплуатирующихся в условиях аграрных предприятий частично сдерживается из-за высокой стоимости конструкции, квалифицированного сервисного обслуживания, а также в дополнительном энергопотреблении исполнительных систем (насос топливоподачи и циркуляции охлаждающей жидкости двигател, привод вентилятора) от бортовой системы машины.

С учетом недостатков серийных автономных подогревателей, нами предлагается с целью упрощения конструкции и удобства монтажа на двигатель, а также их обслуживания, в качестве конструкции греющего модуля предпускового подогревателя применить горелку на базе бензиновой паяльной лампы.

С целью определения эффективности применения бензиновой горелки предложена конструкция автономного предпускового подогревателя для двигателя Д-240 трактора МТЗ-80. Предлагаемая конструкция предпускового подогревателя состоит из теплообменника, выполненного в виде кожехотрубного теплообменника с водяной рубашкой соединенной посредством резиновых шлангов с жидкостной системой охлаждения двигателя. Бензиновая горелка, в качестве которого применяется паяльная лампа с тепловой мощность 1,5…5,0 кВт, выполнена в виде съемного модуля, что позволяет осуществлять розжиг горелки на безопасном удалении от трактора, с последующим вводом ее в рабочею зону подогревателя.

В процессе экспериментальных исследований устанавливались основные закономерности изменения температуры охлаждающей жидкости моторной установки в процессе предпускового разогрева, под действием изменяющихся внешних и внутренних факторов.

Регистрация температуры охлаждающей жидкости в системе регистрировалась выносными датчиками, а температура наружных поверхностей головки и блока двигателя с помощью дистанционного термометра (пирометр).

Циркуляция жидкости через подогреватель осуществлялась двумя методами: принудительно - с помощью электрического насоса, и естественная циркуляция (термосифонная).

В процессе работы предпускового подогревателя, осуществлялся разогрев не только охлаждающей жидкости двигателя, но и моторного масла, путем дополнительного подвода выхлопных газов от бензиновой горелки к корпусу масляного картера (рис. 1).

Предложенную конструкцию предпускового подогревателя частично апробировали на двигателе Д-240 трактора МТЗ-80 в условиях отрицательных температур.

Рис. 1. Предпусковой подогреватель двигателя Д-240 на базе бензиновой горелки:
1 – бензиновая горелка; 2 – кожехотрубный теплообменник; 3 – масляный картер двигателя;
4 - диффузор для отвода выхлопных газов от бензиновой горелки

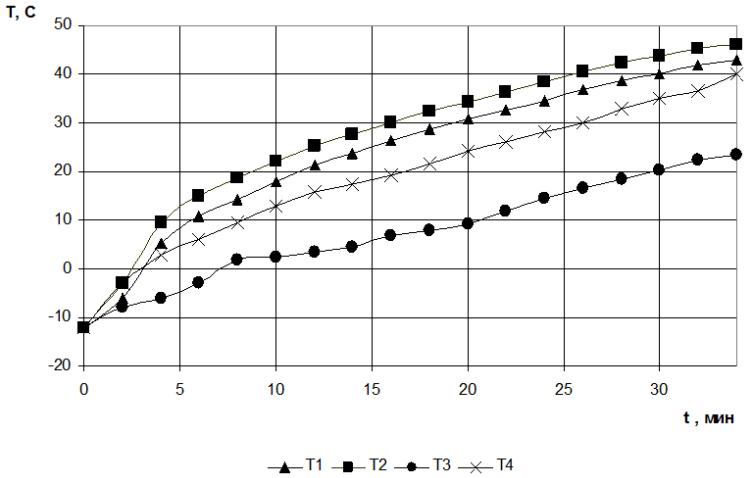


Рис. 2. Интенсивность разогрева охлаждающей жидкости (ОЖ) двигателя Д-240 предпусковым бензиновым подогревателем (температура окружающей среды T= -15 ^{0}C, подача жидкостного насоса S=10-12 л/мин): $_1$ – температура ОЖ на входе в подогреватель, ^{0}C (температура блока двигателя); T_2 - температура ОЖ на выходе из подогревателя, ^{0}C; T_3 - температура моторного масла в картере двигателя, ^{0}C; T_4 - температура наружной поверхности головки блока цилиндров, ^{0}C

Предварительные результаты эксперимента (рис. 2, 3) показывают темп разогрева охлаждающей жидкости двигателя предложенным подогревателем. Темп нагрева жидкости в головке двигателя с принудительной циркуляцией в среднем составил 1,5 – 2,0 ^{0}C/мин, а с термосифонной циркуляцией скорость нагрева охлаждающей жидкости составила 1,7 ^{0}C/мин. Темп разогрев моторного масла в среднем составляет 1 ^{0}C/мин для обоих вариантов. Полученные результаты разогрева охлаждающей жидкости, показывают результативность применения предложенной конструкции предпускового подогревателя, как с принудительной так и с термосифонной циркуляцией жидкости.

Предложенная конструкция автономного предпускового подогревателя, позволяет эффективно обеспечивать тепловую подготовку двигателя Д-240 перед пуском, в условиях отрицательных температур, при значительном упрощении конструкции и сокращении ее стоимости по сравнению с современными моделями

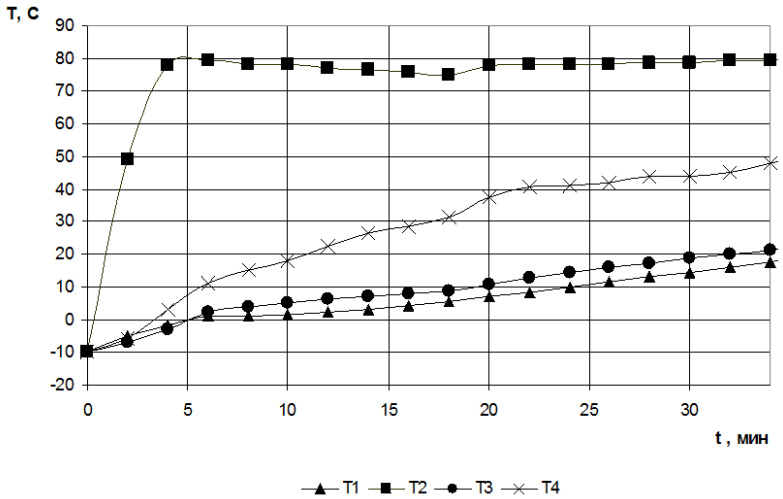


Рис. 3. Интенсивность разогрева охлаждающей жидкости (ОЖ) двигателя Д-240 предпусковым бензиновым подогревателем (температура окружающей среды T= -12 ^{0}C, производительность термосифонной циркуляции ОЖ через подогреватель S=0,4-0,5 л/мин): T_1 – температура ОЖ на входе в подогреватель, ^{0}C (температура блока двигателя); T_2 - температура ОЖ на выходе из подогревателя, ^{0}C; T_3 - температура моторного масла в картере двигателя, ^{0}C; T_4 - температура наружной поверхности головки блока цилиндров, ^{0}C

По результатам испытаний были сделаны выводы об эффективности работы разработанной конструкции предпускового подогревателя:

1. Предложенное автономное предпусковое устройство позволяет обеспечить эффективный разогрев охлаждающей жидкости и моторного масла двигателя до необходимых положительных температур, тем самым обеспечивая уверенный пуск дизельного двигателя в условиях отрицательных температур.

2. Принудительная циркуляция охлаждающей жидкости в системе, при разогреве предпусковым подогревателем, не сказывается на эффективных показателях разогрева головки блока цилиндров, по сравнению с термосифонной циркуляцией. Средний темп нагрева жидкости в головке двигателя в сравнении с предложенными вариантами составил в среднем 1,5 – 2,0 ^{0}С/мин

3. Скорость разогрева моторного масла в картере двигателя выхлопными газами бензиновой горелки составила 1,0 ^{0}С/мин, что говорит о форсированных темпах предпускового разогрева технических жидкостей двигателя.

Литература.

1. Альмеев Р.И. Анализ устройств для предпусковой смазки деталей ДВС / Р.И. Альмеев // Проблемы транспорта и транспортного строительства: межвуз. науч. сб. — Саратов: СГТУ, 2008. — С. 125-132.
2. Белоусов И.С. Пуск тракторных дизелей в условиях Западной Сибири: Учеб. пособие / И.С. Белоусов, Г.М. Крохта - Новосиб. гос. аграр. ун-т.- Новосибирск, 2000.- 145 с.
3. Курносов А.Ф. Подогрев транспортных средств / А.Ф. Курносов, А.А. Долгушин // Сельский механизатор. – 2013. - №2.
4. Сырбаков А. П. , Корчуганова М. А. Работа топливоподающей аппаратуры дизелей в отрицательных температурах. - Saarbrucken : LAP LAMBERT , 2011 - 155 с.
5. Сырбаков А. П. , Корчуганова М. А. Обеспечение работоспособности системы питания дизельных тракторов в условиях отрицательных температур // Вестник Иркутской государственной сельскохозяйственной академии. - 2011, Вып. 42 - С. 117-123
6. Корчуганова М. А. , Сырбаков А. П. Предпусковой жидкостный подогреватель дизельных двигателей на базе пускового двигателя ПД-10У [Электронный ресурс] // Современные проблемы науки и образования. - 2013 - №. 1. - С. 1. - Режим доступа: http://www.science-education.ru/107-8372
7. Корчуганова М. А. , Сырбаков А. П. Исследование эффективности применения эффективности применения бензиновых горелок для предпусковой тепловой подготовки дизельных двигателей [Электронный ресурс] // Современные проблемы науки и образования. - 2014 - №. 1. - С. 1. - Режим доступа: www.science-education.ru/115-12058

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ЭЛЕКТРОРАЗОГРЕВА КАРТЕРНОГО МАСЛА

М.А. Корчуганова, к.т.н., доц., А.П. Сырбаков, к.т.н., доц.
Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского Томского политехнического университета
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел. (8-384-51)-6-05-37
E-mail: kma77@list.ru

С понижением температуры воздуха степень использования и производительность техники понижаются. Особенно сложна проблема пуска дизельных двигателей зимой при безгаражном хранении машин. Пуск двигателей в зимний период требует значительных затрат труда и времени, а в случае отказа системы пуска является причиной простоя автомобиля или трактора.

Сельскохозяйственные тракторы выпускаются в универсальном исполнении, и основная масса их эксплуатируется в зонах с затрудненными условиями пуска зимой, когда необходимо использовать эффективные средства для облегчения пуска и подготовки холодных двигателей к работе.

Процесс пуска характеризуется воздействием большого числа сложных и взаимозависимых факторов, многие из которых оказывают непосредственное влияние на процессы изнашивания.

Низкая температура охлаждающей жидкости в наибольшей степени способствует коррозионно-механическому изнашиванию, а низкая температура масла (малая прокачиваемость и задержка его поступления к деталям) – интенсификации молекулярно-механического и абразивного изнашивания. Кроме этого, задержка поступления масла к узлам двигателя может привести к повреждениям деталей (перегрев, проворачивание и выплавление подшипников, задиры цилиндров).

Как показывает практика использования техники в сельском хозяйстве, в период зимней эксплуатации, большинство тракторов работают на летних сортах масел, что соответственно сказывается на величине пусковых износов двигателя и возможной вероятности его пуска, в силу значительного увеличения вязкости моторного масла и как следствие увеличения сопротивления проворачивания коленчатого вала, особенно при электростартерном пуске. Поэтому применение системы по предпусковому разогреву технической жидкости в картере двигателя целесообразно применять в зимнее время на дизельных двигателях работающих как на летних так и на зимних сортах моторных масел.

Одним из направлений по предпусковому разогреву моторного масла в картере двигателя является применение нагревательных устройств запитанных от бортовой системы трактора (12 В) или от внешней сети (220 В).

Несмотря на большое количество серийных нагревательных устройств, их применение в ряде случает ограничено в силу высокой стоимости конструкции, сложности их монтажа и обслуживания. Поэтому нами предлагается, для тракторной техники работающих в районах с низкими температурами, разработка конструкции электрических нагревательных устройств для разогрева моторного масла в дизельном двигателе.

Предложенные устройства представляют собой трубчатый нагревательный прибор, в котором нагревательным элементом является нихромовая спираль заключенная в изолятор из кварцевого песка (рис. 1).

Нами проведено исследование масляных нагревательных устройств выполненных в двух вариантах (рис.2).

В первом варианте (рис. 2, а) нагревательное устройство устанавливается сбоку от сливной пробки в картер с помощью гайки, которая предварительно закреплены на корпусе сваркой.

Во втором варианте (рис. 2, б) нагревательное устройство устанавливается непосредственно в сливное отверстие масляного картера, вместо сливной пробки.

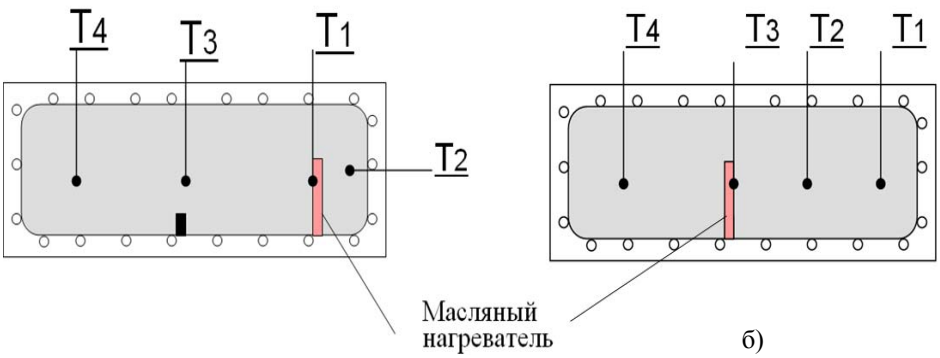
В процессе проведения эксперимента (рис. 3), в режиме разогрева моторного масла в картере двигателя, фиксировались температуры моторного масла в разных областях точки Т1, Т2, Т3, Т4. Точка Т3 находится в зоне действия масляного заборника.

а) б)

Рис. 1. Устройство для разогрева моторного масла: а – схема устройства; б – внешний вид устройства; 1 – спираль; 2 – штуцер; 3 – корпус; 4 – кварцевый песок; 5 - пробка

а) б)

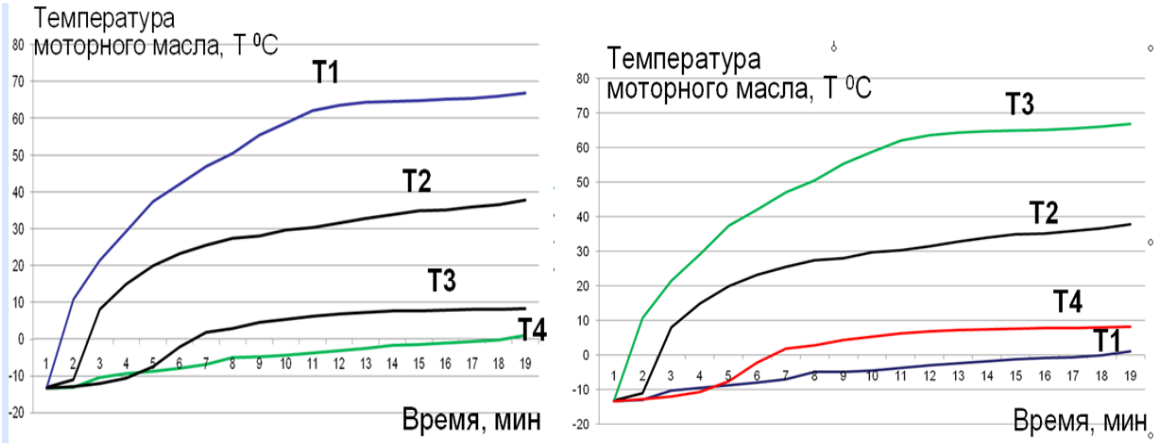
Рис. 2. Схемы установки электронагревателя в масляном картере двигателя СМД-14: а – нагревательное устройство установлено сбоку от сливной пробки; б - нагревательное устройство установлено непосредственно в сливное отверстие масляного картера



а) б)

Рис. 3. Схема установки температурных датчиков в масляном картере двигателя СМД-14:
а – нагревательное устройство установлено сбоку от сливной пробки (N=420 Вт);
б - нагревательное устройство установлено непосредственно в сливное отверстие масляного картера (N=330 Вт)

Результаты исследований показали (рис. 4), что второй вариант исполнения более технологичен и эффективен для предпускового разогрева моторного масла, т.к. маслозаборник находится по середине картера, т.е непосредственно над нагревательным элементом, что обеспечивает форсированный разогрев моторного масла непосредственно возле маслозаборника, при средней скорости разогрева 2 – 3 ^{0}С/мин.



а) б)

Рис. 4. Динамика разогрева моторного масла в картере двигателя СМД-14 электронагревательными устройствами (температура окружающей среды -12 … -15 ^{0}С):
а – нагревательное устройство установлено сбоку от сливной пробки;
б - нагревательное устройство установлено непосредственно в сливное отверстие масляного картера

Данная модель масляного нагревателя, после дальнейшей доработки и адаптации для различной техники может быть использована на других марках тракторов с различными двигателями. Использование данных подогревателей предусматривается с использованием двух вариантов: это предпусковой форсированный разогрев моторного масла с подключением питания от бортовой системы трактора (12 В) или от внешней сети (220 В) через понижающий трансформатор, после успешного запуска двигателя питание подогревателя переводится на бортовую сеть трактора с управлением из кабины. Для эффективного контроля разогрева моторного масла, предполагается внутри масляного картера установить температурный датчик с выводом показаний на приборную панель трактора.

Использование электронагревательного устройства для предпускового разогрева моторного масла в тандеме с предпусковым подогревом охлаждающей жидкости двигателя позволит обеспе-

чить высокие требования к надёжности, снизить износ деталей двигателя при пуске, и тем самым увеличить его ресурс.

Литература.

1. Альмеев Р.И. Анализ устройств для предпусковой смазки деталей ДВС / Р.И. Альмеев // Проблемы транспорта и транспортного строительства: межвуз. науч. сб. — Саратов: СГТУ, 2008. — С. 125-132.
2. Белоусов И.С. Пуск тракторных дизелей в условиях Западной Сибири: Учеб. пособие / И.С. Белоусов, Г.М. Крохта - Новосиб. гос. аграр. ун-т.- Новосибирск, 2000.- 145 с.
3. Курносов А.Ф. Подогрев транспортных средств / А.Ф. Курносов, А.А. Долгушин // Сельский механизатор. – 2013. - №2.
4. Сырбаков А. П. , Корчуганова М. А. Работа топливоподающей аппаратуры дизелей в отрицательных температурах. - Saarbrucken : LAP LAMBERT , 2011 - 155 с.
5. Улучшение пусковых качеств автотракторных дизелей в зимний период эксплуатации: Монография / А.Н. Карташевич,Г.М.Кухаренок, А.В.Гордеенко, Д.С.Разинкевич: Белорусская государственная сельскохозяйственная академия. – Мн.: Изд. ООО «Красико-Принт» , 2005. – 180 с.
6. Сырбаков А. П. , Корчуганова М. А. Обеспечение работоспособности системы питания дизельных тракторов в условиях отрицательных температур // Вестник Иркутской государственной сельскохозяйственной академии. - 2011, Вып. 42 - С. 117-123
7. Корчуганова М. А. , Сырбаков А. П. Предпусковой жидкостный подогреватель дизельных двигателей на базе пускового двигателя ПД-10У [Электронный ресурс] // Современные проблемы науки и образования. - 2013 - №. 1. - С. 1. - Режим доступа: http://www.science-education.ru/107-8372
8. Корчуганова М. А. , Сырбаков А. П. Исследование эффективности применения эффективности применения бензиновых горелок для предпусковой тепловой подготовки дизельных двигателей [Электронный ресурс] // Современные проблемы науки и образования. - 2014 - №. 1. - С. 1. - Режим доступа: www.science-education.ru/115-12058

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО УДАРНОГО УЗЛА С ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ДВУХСЕКЦИОННОЙ ОБМОТКОЙ

Л.А. Нейман, к.т.н., доцент
Новосибирский государственный технический университет
630073, Новосибирск, пр. К. Маркса, 20, тел. (383)3460442
E-mail: neyman@ngs.ru

Линейные электромагнитные приводы с цикличным возвратно-поступательным движением бойка, находят широкое практическое применение для реализации ударных технологий в машиностроении [1-5].

В зависимости от выполняемых технологических операций, основанных на ударных и виброударных процессах, возрастают требования к силовым и энергетическим показателям электромагнитных приводов, предназначенных для возбуждения механических колебаний различных по частоте и амплитуде [6-11].

Электромагнитный привод ударного узла представляет собой сложную и неоднородную систему, состоящую из цилиндрической многослойной обмотки, заключенной внутри магнитопровода, и размещенного внутри обмотки бойка. Цилиндрическая многослойная обмотка, с теплоотдающей поверхности которой тепловая энергия переносится конвекцией и излучением в окружающее пространство, является источником тепловыделений в ударном узле электромагнитного двигателя. Значительные термические сопротивления на пути теплового потока внутри ударного узла ограничивают возможность интенсификации охлаждения с наружной поверхности активных элементов конструкции ударного узла и электромагнитного привода в целом.

В качестве примера на рис. 1 показан продольный разрез, электромагнитного привода ударного узла (см. патент РФ № 2508980) [10]. Электромагнитный ударный узел содержит корпус 1 с размещенными внутри секциями статора, включающими раздельные магнитопроводы 2, 4 с секционированными катушками прямого 3 и обратного 5 хода, направляющую втулку 6 с установленным в ней бойком 7 с возможностью осевого перемещения и взаимодействия с рабочим инструментом 8 и инерционным буфером 9, а также отдельно установленный блок питания 10. Направляющая втулка 6 жестко соединена с буксой 11 и корпусом буфера 12. Между буфером 9 и примыкающей к корпусу

крышкой размещена пружина 13. Остальные позиции, обозначенные на рис. 1 представляют запорный механизм креплений секций статора.

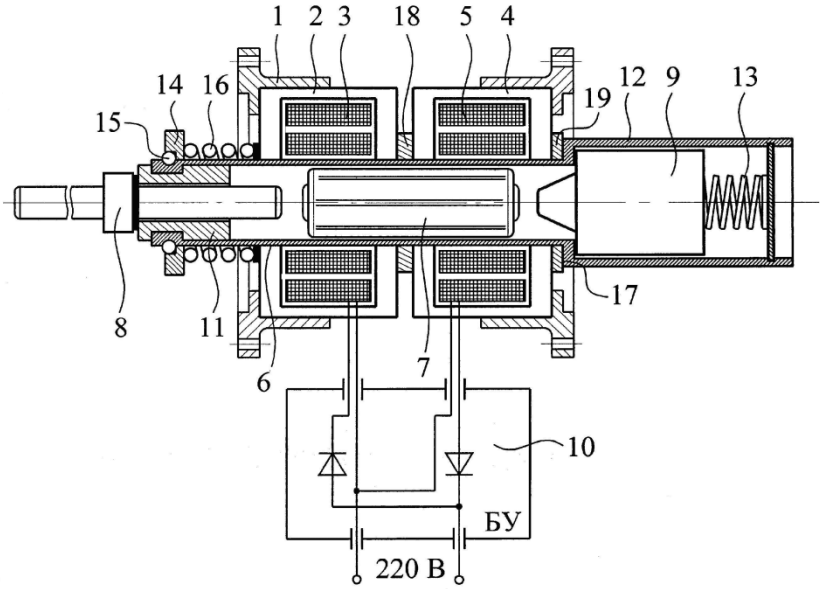


Рис. 1. Электромагнитный привод двухкатушечного ударного узла

Тепловой режим работы электромагнитного привода во многом определяют энергетические и геометрические параметры ударного узла и параметры системы охлаждения, которая должна обеспечить отвод выделяющегося тепла, поддерживая на допустимом уровне температуру катушки в соответствии с классом нагревостойкости изоляции обмоточного материала.

Как показал анализ сложившихся в настоящее время традиционных конструктивных схем электромагнитных приводов и конструктивных решений систем охлаждения, для повышения ударной мощности и длительности работы электропривода возникает необходимость в интенсивном охлаждении их активных объемов [12].

Повышение интенсификации теплоотдачи, обуславливающей возможность повышения ударной мощности и продолжительности включения электромагнитного привода, возможно применением принудительной системы охлаждения. Одним из путей повышения интенсификации теплоотдачи с поверхности электропривода является согласование его геометрических размеров и параметров системы охлаждения электромагнитного узла.

В этих условиях разработка рациональной системы охлаждения представляет собой многовариантную задачу, аналитическое решение которой ввиду сложности исследования закономерностей теплообмена с учетом аэродинамического сопротивления в подобных конструкциях электромагнитных приводов затруднено.

Как правило, для упрощения вычислений, большинство методик теплового расчета основано на допущении однородности объема электромагнитного привода и распределение температурного поля внутри этого объема не рассматривается [13-18].

Цель настоящей работы – исследование распределения стационарного температурного поля в ударном узле электромагнитного привода, конструкция которого представляет собой сложную неоднородную многослойную систему, содержащую объемы с различной теплоемкостью, теплопроводностью и отличающимися условиями отвода тепла с поверхности.

Исследования распределения стационарного температурного поля рассмотрено для осесимметричной конструкции ударного узла электромагнитного привода. Многослойная обмотка электромагнитного привода разделена на секции, изолированные друг от друга охлаждающими поверхностями. Расчеты выполнены методом конечных элементов в программном комплексе ELCUT.

Для решения поставленной задачи реальную конструкцию ударного узла электромагнитного привода, имеющую сложный характер распределения температурного поля при определенных условиях можно рассматривать как многослойную цилиндрическую стенку с распределенными источниками тепла. Реальная конструкция электромагнитного ударного узла приведена к идеализированной

расчетной схеме. Для исследования приняты следующие допущения: процесс теплопередачи стационарный; электромагнитный ударный узел рассматривается как ограниченная многослойная цилиндрическая стенка с реальными размерами поперечного сечения; распределение температуры по сечению электромагнитного ударного узла заменяется радиальным одномерным температурным полем; внутренние источники тепловыделения принимаем равномерно распределенными; коэффициенты теплопроводности и теплоотдачи не зависят от температуры.

Для построения модели электромагнитного ударного узла и расчета в программе ELCUT были заданы следующие параметры: диаметр бойка $d_б = 30 \cdot 10^{-3}$ м; длина бойка $l_б = 72 \cdot 10^{-3}$ м; внутренний диаметр первой секции обмотки $d_{об1.вн} = 34 \cdot 10^{-3}$ м; наружный диаметр первой секции обмотки $d_{об1.нар} = 54 \cdot 10^{-3}$ м; высота окна первой секции обмотки $h_{об1} = 10 \cdot 10^{-3}$ м; внутренний диаметр второй секции обмотки $d_{об2.вн} = 60 \cdot 10^{-3}$ м; наружный диаметр второй секции обмотки $d_{об2.нар} = 80 \cdot 10^{-3}$ м; высота окна второй секции обмотки $h_{об2} = 10 \cdot 10^{-3}$ м; длина катушки $l_{кат} = 56 \cdot 10^{-3}$ м; внутренний диаметр магнитопровода $d_{маг.вн} = 86 \cdot 10^{-3}$ м; наружный диаметр магнитопровода $d_{маг.нар} = 98 \cdot 10^{-3}$ м; длина магнитопровода $l_{маг} = 72 \cdot 10^{-3}$ м. Объем катушки $V_{кат} = 174,4 \cdot 10^{-6}$ м^3. Мощность тепловыделения в катушке $P = 145$ Вт, средняя удельная тепловая нагрузка $q_{кат} = 796 \cdot 10^3$ Вт/м^3.

По результатам моделирования на рис. 2 представлена картина распределения температурного поля по сечению объема электромагнитного ударного узла. Вся выделяющаяся в обмоточных проводниках катушки мощность тепловыделений передается через активные объемы конструкции ударного узла в окружающую среду.

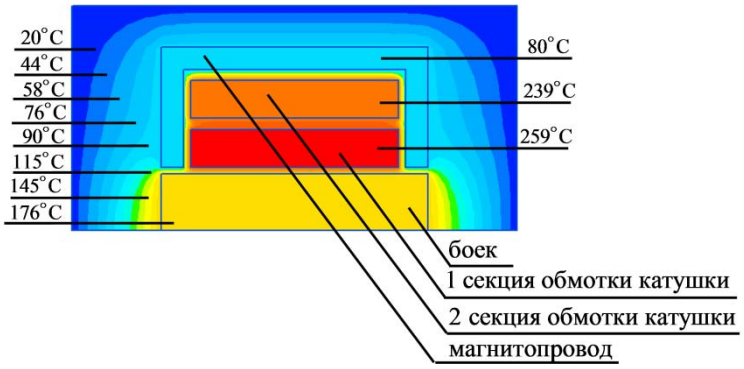


Рис. 2. Изотерма распределения теплового поля по объему электромагнитного ударного узла

На рис. 3 и рис. 4 представлены графики распределения температуры на внутренней и внешней поверхности первой и второй секции обмотки катушки при заданных условиях теплоотдачи. Из представленных графиков распределения температуры по поверхности секций обмотки катушки видно, что температура нагрева первой секции обмотки на внутренней и внешней поверхности (рис. 3) составляет 258°C температура перегрева второй секции обмотки на внутренней и внешней поверхности (рис. 4) составляет 238°C. Перепад температуры в межсекционном объеме составляет 20°C (9%).

Равномерное распределение температуры нагрева внутри каждой секции обмотки характерно для стационарного режима нагрева, когда тепловые потоки направлены от нейтральной оси секции обмотки к наружной поверхности охлаждения обмотки. Перепад температуры нагрева в межсекционном объеме внутри обмотки обусловлен наличием окружающей среды, частично охлаждающей прилегающие поверхности обмотки.

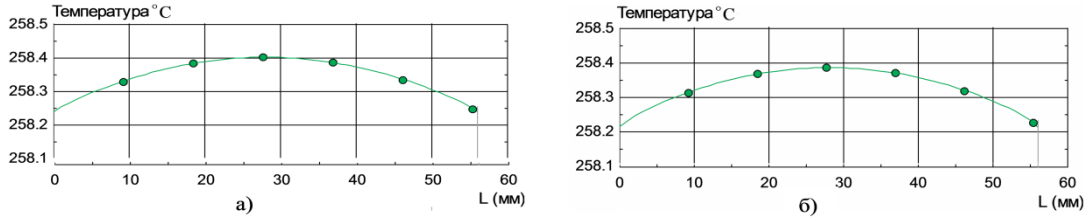


Рис. 3. Распределение температуры: а) на внутренней; б) на внешней поверхности первой секции обмотки катушки (рис. 1)

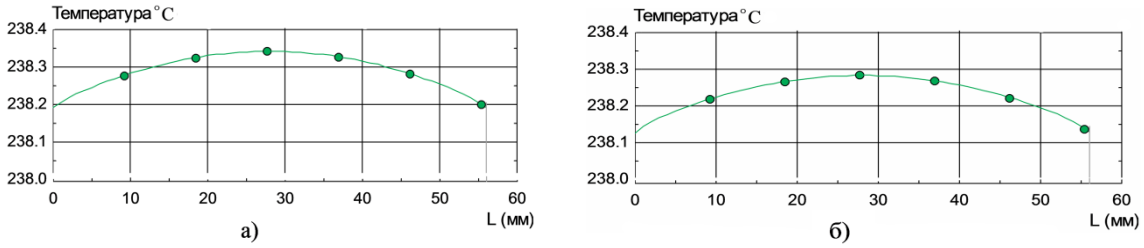


Рис. 4. Распределение температуры: а) на внутренней; б) на внешней поверхности второй секции обмотки катушки (рис. 2)

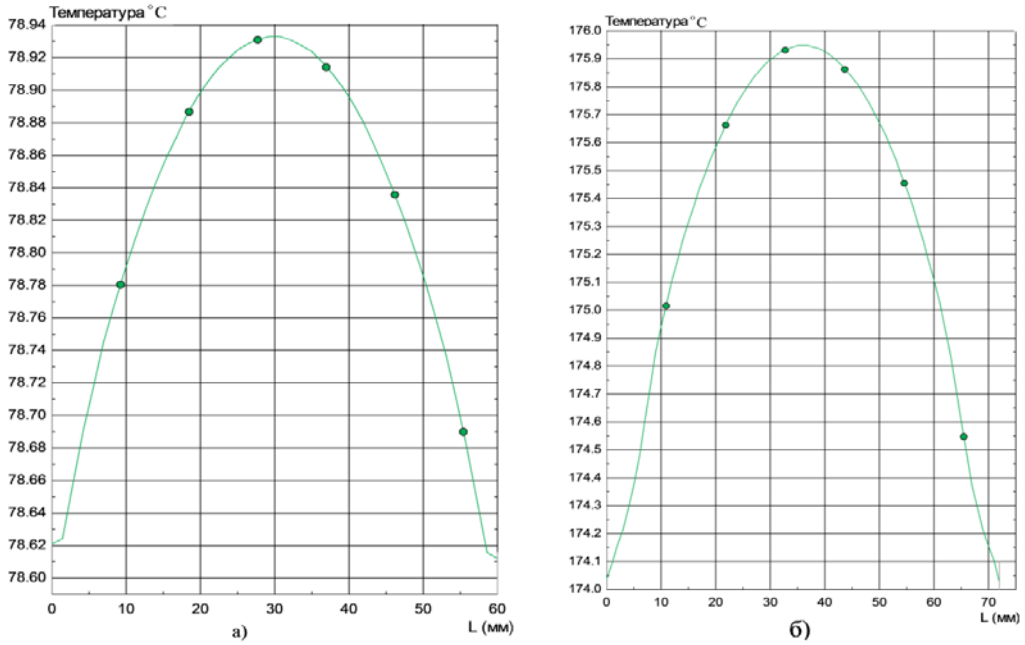


Рис. 5. Распределение температуры по длине: а) внутренней поверхности магнитопровода; б) внешней поверхности бойка

Межсекционное пространство, разделяющее объем катушки на ряд секций, изолированных друг от друга поверхностями охлаждения, выполняющих функции теплообменника, позволяет в системах принудительного охлаждения обеспечить отвод тепла. Выбор формы теплообменника с циркулирующей в нем охлаждающей средой, располагающегося в межсекционном пространстве определяют конкретные условия охлаждения и режимы работы ударного узла. Для разработки системы принудительного охлаждения уже на стадии проектирования ударного узла электромагнитного привода необходимо знать геометрические размеры секций обмотки и их количество, геометрию и вид теплообменников, которые обеспечат допустимую по условию нагрева температуру обмотки катушки в соответствии с режимом работы.

Графики распределения температуры по длине внутренней поверхности магнитопровода и внешней поверхности бойка представлены на рис. 5. Графики (рис. 5) распределения температуры по длине внутренней поверхности магнитопровода и по длине внешней поверхности бойка показывают,

что наибольшая температура на внутренней поверхности магнитопровода составляет $79^{\circ}C$, на внешней поверхности бойка температура составляет около $176^{\circ}C$.

На рис. 6, в качестве примера, представлен график распределения температуры по радиусу ударного узла электромагнитной машины в направлении от центра бойка к внешней поверхности магнитопровода. График распределения температуры отражает неравномерное распределение температуры в активных объемах частей конструкции электромагнитного привода. Представленные результаты исследований температурных полей, основанных на расчетных характеристиках распределения температуры на поверхности активных объемов ударного узла электромагнитного привода, показывают значительное превышение допустимой температуры обмотки катушки и наличие существенных перепадов температуры в направлении радиального теплового потока.

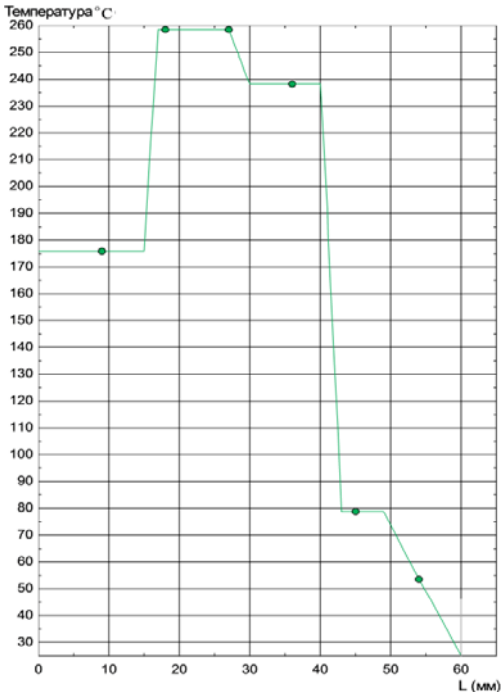


Рис. 6. Распределение температуры по радиусу ударного узла электромагнитного привода

Наиболее нагретый слой находится в первой секции катушки, максимальная температура перегрева первой ($258^{\circ}C$) относительно второй ($238^{\circ}C$) секции обмотки отличаются на 9%. Перепад температуры между внутренней поверхностью первой секции обмотки ($258^{\circ}C$) и внешней поверхностью бойка ($176^{\circ}C$) составляет $82^{\circ}C$ (68%). В воздушном зазоре, образованном внешней поверхностью второй секции обмотки ($238^{\circ}C$) и внутренней поверхностью магнитопровода ($79^{\circ}C$) перепад температуры составляет $159^{\circ}C$ (33%).

Полученные результаты перепада температур в радиальном направлении теплового потока в сечении ударного узла электромагнитного привода совпадают с экспериментальными данными. В действительности для реальных электромагнитных ударных устройств, вследствие дополнительных сопротивлений на пути тепловому потоку от нагретой обмотки к внешней поверхности охлаждения, перепады температуры во многом определяются теплофизическими свойствами материалов и условиями охлаждения, а также геометрическими характеристиками, которые могут быть созданы в системах принудительного охлаждения.

Таким образом, для увеличения интенсификации теплоотдачи и поддержания температуры нагрева обмотки катушки в соответствии с классом нагревостойкости изоляции обмоточного провода необходимо еще на стадии проектирования выполнить согласование геометрических размеров разрабатываемой конструкции ударного узла и параметров системы охлаждения. Параметры системы охлаждения, которая должна обеспечивать тепловой режим работы ударного узла электромагнитного

привода, целесообразно определять на основании результатов исследования температурных полей в активных элементах конструкции.

Для обеспечения теплового режима электромагнитной машины целесообразно поиск наилучших вариантов систем и способов охлаждения, обеспечивающих поддержание температуры обмотки катушки в соответствии с классом нагревостойкости изоляции обмоточного провода, выполнять с учетом распределения теплового поля электромагнитного ударного узла, например методом конечных элементов в программе ELCUT.

Литература.

1. Нейман В.Ю. Интегрированные линейные электромагнитные двигатели для импульсных технологий // Электротехника. – 2003. – № 9. – С. 25–30.
2. Нейман В.Ю. Анализ процессов энергопреобразования линейных электромагнитных машин с предварительным аккумулированием магнитной энергии в динамических режимах // Электротехника. – 2003. – № 2. – С. 30–36.
3. Нейман Л.А. Анализ процессов энергопреобразования в однокатушечной синхронной электромагнитной машине с двухсторонним выбегом бойка / Л.А. Нейман // Известия Томского политехнического университета. – Томск. Изд-во ТПУ, 2013. – № 4, Т323. – С. 112–116.
4. Нейман Л.А. Линейные синхронные электромагнитные машины для низкочастотных ударных технологий / Л.А. Нейман, В.Ю. Нейман // Электротехника. – 2014. – № 12. – С. 45–49.
5. Нейман Л.А. Синхронный электромагнитный механизм для виброударного технологического оборудования / Л.А. Нейман // Справочник. Инженерный журнал с приложением. – 2014. – № 6 (207). – С. 17–19.
6. Нейман Л.А. Низкочастотные ударные электромагнитные машины и технологии / Л.А. Нейман, В.Ю. Нейман // Актуальные проблемы в машиностроении. – 2014. – № 1. – С. 256–259.
7. Нейман В.Ю. Тенденции в развитии конструкций синхронных двухобмоточных электромагнитых машин для импульсных технологий / В.Ю. Нейман, А.А. Скотников, Л.А. Нейман // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы II междунар. науч.-практ. конф. – Саратов: ФГОУ ВПО Саратовский ГАУ. – 2011. – С. 209–211.
8. Нейман В.Ю. Структурный анализ синхронных электромагнитных машин ударного действия / В.Ю. Нейман, А.А. Скотников, Л.А. Нейман // Автоматизированные электромеханические системы: сб. науч. тр. Под общ ред. В.Н. Аносова. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2011. – С. 106–120.
9. Патент № 2496214 РФ, МКИ H02K 33/12 Синхронный электромагнитный двигатель возвратно-поступательного движения / Нейман Л.А., Нейман В.Ю., Скотников А.А.; заявл. 10.01.2012; опубл. 20.10.2013, Бюл. № 29.
10. Патент № 2508980 РФ, МКИ B25D 13/00 Синхронная электромагнитная машина ударного действия / Л.А. Нейман, В.Ю. Нейман, Е.Ю. Артебякина; заявл. 25.05.2012. – опубл. 10.03.2014, Бюл. № 7.
11. Патент № 2496214 РФ, МКИ H02K 33/12 Синхронный электромагнитный двигатель возвратно-поступательного движения / Нейман Л.А., Нейман В. Ю., Скотников А. А.; заявл. 10.01.2012; опубл. 20.10.2013, Бюл. № 29.
12. Нейман Л.А. Оценка конструктивного совершенства систем охлаждения синхронных электромагнитных машин ударного действия / Нейман Л.А. // Научный вестник НГТУ. – 2013. – № 4. – С. 177–183.
13. Нейман Л.А. Исследование перегрузочной способности цикличного электромагнитного привода в зависимости от начального превышения температуры в переходных тепловых режимах / Л.А. Нейман // Электротехника. – 2014. – № 7. – С. 7–12.
14. Нейман Л.А. Оценка перегрузочной способности ударного электромагнитного привода по средней температуре перегрева в переходных режимах / Л.А. Нейман // Известия вузов. Электромеханика. – 2013. – № 6. – С. 58–61.
15. Нейман Л.А. Приближенный расчет цикличного электромагнитного привода с учтенным начальным превышением температуры в переходном тепловом процессе нагрева / Л.А. Нейман // Доклады Академии наук высшей школы Российской Федерации. – 2014. – № 1 (22). – С. 113–122.
16. Нейман Л.А. Анализ процесса нагрева электромагнитного двигателя работающего в импульсном режиме / Л.А. Нейман, А.А. Скотников // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. – 2012. – № 2. – С. 319–322.
17. Нейман Л.А. Исследование нагрева электромагнитного двигателя в переходных режимах / Л.А. Нейман, А.А. Скотников, В.Ю. Нейман // Известия вузов. Электромеханика. – 2012. – № 6. – С. 50–54.
18. Нейман В.Ю. Сравнение геометрически подобных систем электромагнитов по условию постоянства теплового критерия / В.Ю. Нейман, Л.А. Нейман, А.А. Петрова // Электротехника. – 2011. – № 12. – С. 14а–16.

ИМПУЛЬСНЫЕ ЛИНЕЙНЫЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ МАШИНЫ УДАРНОГО ТИПА ДЛЯ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ АПК

В.Ю. Нейман, д.т.н., профессор, А.С. Шабанов, магистрант
Новосибирский государственный технический университет
630073, Новосибирск, пр. К. Маркса, 20, тел. (383)3460442
E-mail: nv.nstu@ngs.ru

Применение силовых импульсных и виброимпульсных систем в условиях сельскохозяйственного производства позволяет, в ряде случаев, усовершенствовать или упростить конструкцию применяемых машин, улучшить качество выполняемых процессов переработки продукции, восстановлении и ремонте сельскохозяйственной техники, а также при строительстве и реконструкции объектов АПК [1].

Как правило, для технологий АПК традиционно используют электромеханические, пневматические или гидравлические системы механизмов для которых характерно наличие промежуточных преобразователей, приводящих к дополнительным потерям энергии, сложности в изготовлении, высокой квалификации обслуживающего персонала, повышенному уровню шума и снижению уровня экологической безопасности.

Для технического обеспечения рассматриваемых технологий практическое применение получили импульсные линейные электромагнитные машины непосредственного привода, обеспечивающие наилучшие условия совместимости приводного двигателя и рабочего органа механизма или рабочей машины [2–4].

Вопрос по созданию и совершенствованию машин и устройств на основе линейных электромагнитных преобразователей и повышение их энергоэффективности за счет снижения энергопотребления и замены традиционных электроприводов по-прежнему сохраняет свою актуальность [5–7].

Задачей проводимых исследований является решение проблемы повышения энергии удара при одновременном увеличении КПД и надежности электромагнитного преобразователя.

Известно, что удержание якоря специальными устройствами на начальном этапе его движения позволяет повысить амплитудное значение тока намагничивающей обмотки катушки и тем самым увеличить энергию удара и КПД электромагнитного преобразователя [8, 9]. Для искусственного удержания якоря используются механические и электромагнитные защелки. Это позволяет на начальном этапе трогания якоря аккумулировать больший запас магнитной энергии и осуществлять движение с большим ускорением. К недостаткам устройств удержания в виде защелок следует отнести нестабильность работы преобразователя, связанную с непостоянством усилия удержания при срыве с фиксаторов (износ, наличие смазки и др.), а также повышенный уровень шума. К недостаткам устройств удержания в виде дополнительно устанавливаемых управляемых электромагнитов является их сложность исполнения, низкая надежность и необходимость дополнительной для этих целей системы управления.

Несомненным преимуществом указанных конструкций линейных электромагнитных двигателей является повышение энергии удара за счет удержания якоря на начальном этапе движения. Однако принцип работы существующих устройств удержания требует использования дополнительных вспомогательных механизмов в виде механических защелок или управляемых электромагнитов.

Данные недостатки частично устраняются в конструкции линейного электромагнитного преобразователя с контактным электромагнитным удержанием якоря (рис. 1) [10]. Электромагнитный преобразователь содержит цилиндрический статор 1 с размещенной внутри катушкой 2 и якорем 3, выполненным в форме цилиндра 4 с дисковой частью 5, примыкающий к статору 1 цилиндрический направляющий корпус 6 выполненный из ферромагнитного материала с меньшей площадью поперечного сечения по отношению к статору, подшипники скольжения 8, 9 и возвратную пружину 10. Направляющий корпус 6 установлен с возможностью контактирования с внешней дисковой частью 5 якоря 3, что обеспечивает удержание якоря на начальном этапе движения за счет перераспределения основного магнитного потока.

Такое конструктивное исполнение позволяет повысить ток трогания якоря и тем самым увеличить его конечную скорость движения и как следствие энергию единичного удара.

Для регулирования усилия удержания якоря 3 и энергии удара в процессе настройки двигателя путем изменения поверхности соприкосновения внешней дисковой части 5 якоря 3 с направляющим ферромагнитным корпусом 6 предусмотрена регулировочная ферромагнитная шайба 7.

Преимуществом конструкции от рассмотренных выше состоит в том, что удержание якоря происходит без использования дополнительных вспомогательных механизмов. Якорь получает движение, только когда величина тока трогания двигателя достигнет установленного значения, а электромагнитное усилие в рабочих зазорах превысит усилие удержание якоря.

Главным недостатком такой конструкции является то, что направляющий корпус контактирует с внешней дисковой частью якоря в начале каждого цикла, вследствие чего между двумя ферромагнитными поверхностями возникает дополнительное усилие, обусловленное остаточным магнетизмом, оказывающим влияние на усилие удержания. Это обстоятельство приводит к нестабильности энергии удара, а также низкой надежности за счет неизбежных соударений при возврате якоря и контакте с направляющим корпусом.

Решение обозначенной проблемы достигается тем, что в линейном электромагнитном преобразователе (рис. 2), направляющий корпус установлен с возможностью бесконтактного электромагнитного взаимодействия с боковой поверхностью дисковой части якоря [11]. Такое конструктивное решение позволяет обеспечить постоянство усилия удержания якоря и стабилизировать энергию удара.

На рис. 2 в разрезе показана конструкция предлагаемого линейного электромагнитного преобразователя с бесконтактным электромагнитным удержанием якоря. От конструкции рис. 1 конструкцию рис. 2 отличает только механизм удержания якоря при электромагнитном взаимодействии.

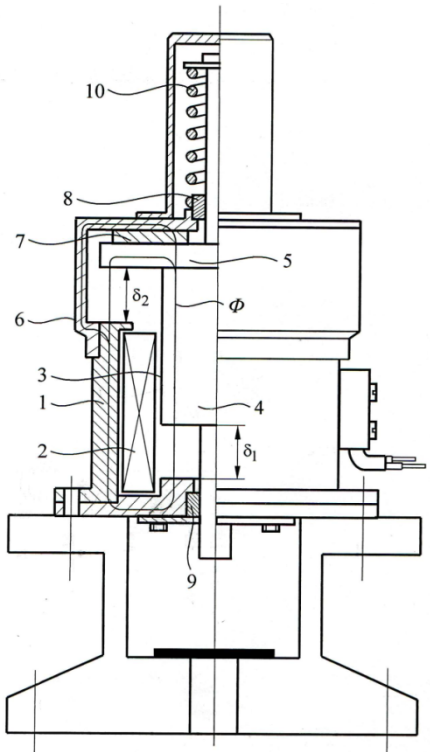


Рис. 1. Линейный электромагнитный преобразователь с контактным электромагнитным удержанием якоря.

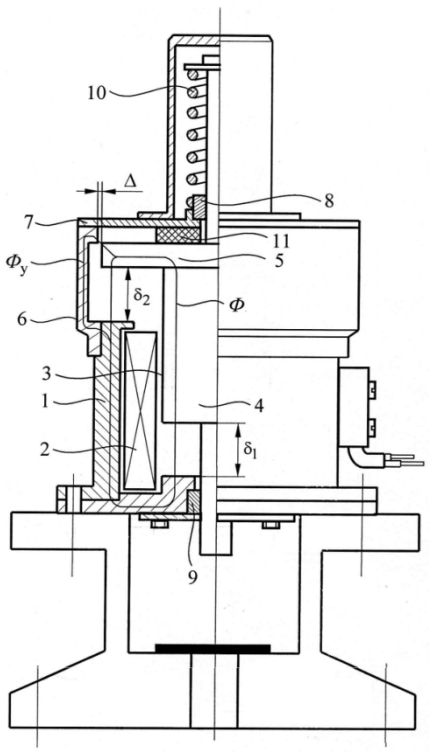


Рис. 2. Линейный электромагнитный преобразователь с бесконтактным электромагнитным удержанием якоря.

Линейный электромагнитный преобразователь (рис. 2) содержит цилиндрический статор 1 с размещенной внутри катушкой 2 и комбинированным якорем 3, выполненным в форме цилиндрической 4 и дисковой 5 частей, примыкающий к статору направляющий корпус 6 выполненный из ферромагнитного материала с меньшей площадью поперечного сечения по отношению к статору 1, крышку направляющего корпуса 7, подшипники скольжения 8, 9, возвратную пружину 10 и демпфирующую шайбу 11. Направляющий корпус 6 в верхней части примыкающей к крышке 7 имеет внутренний кольцевой выступ, обеспечивающий бесконтактное электромагнитное взаимодействие с боковой поверхностью дисковой части 5 якоря 3 через технологический зазор Δ. Внешняя торцевая поверхность цилиндрической части 4 якоря 3 и внутренняя торцевая поверхность дисковой части 5

якоря 3 образуют со статором рабочие воздушные зазоры δ_1 и δ_2. Технологический зазор Δ устраняет механический контакт внутреннего кольцевого выступа и боковой поверхности дисковой части якоря в местах их сопряжения.

Линейный электромагнитный преобразователь работает следующим образом. В исходном состоянии комбинированный якорь 3 под действием усилия возвратной пружины 10 находится в крайнем верхнем положении, т.е. внешняя дисковая часть 5 якоря 3 плотно поджата к демпфирующей шайбе 11.

При подаче на катушку 2 импульса напряжения по мере нарастания тока в магнитной цепи возбуждается магнитный поток Φ, который последовательно замыкается через сечения цилиндрической 4 и дисковой 5 частями якоря 3, направляющего корпуса 6, цилиндрического статора 1, технологического зазора Δ и рабочих воздушных зазоров δ_1 и δ_2.

В начальный момент времени протекания тока по катушке 2 усилие удержания возникающее между частями кольцевого выступа и боковой поверхности дисковой части якоря превышает усилие в рабочих воздушных зазорах δ_1 и .δ_2., т.е. $F_{\delta 1} + F_{\delta 2} > F_{\text{у}}$, и комбинированный якорь 3 остается неподвижным. На рис. 2 указано положение комбинированного якоря 3, при котором усилие удержания $F_{\text{у}}$ достигает максимального значения. Основной магнитный поток Φ замыкается по контуру: цилиндрический статор 1, направляющий корпус 6, технологический зазор Δ, дисковая часть 5 и цилиндрическая часть 4 якоря 3, рабочий воздушный зазор δ_1, цилиндрический статор 1 и частично через воздушный зазор δ_2.

По мере нарастания тока в цепи катушки 2 и увеличения основного магнитного потока Φ происходит насыщение участка цепи с направляющим корпусом 6, вследствие конструктивного исполнения его с меньшей площадью поперечного сечения по отношению к статору 1. Это приводит к увеличению его магнитного сопротивления и перераспределению пути замыкания основной части магнитного потока Φ: статор 1, рабочий воздушный зазор δ_2, дисковая часть 5 и цилиндрическая часть 4 комбинированного якоря 3, рабочий воздушный зазор δ_1, статор 1. Начиная с момента времени, когда усилие в рабочих зазорах δ_1 и δ_2, превысит усилие удержания, $F_{\delta 1} + F_{\delta 2} > F_{\text{у}}$, а магнитная система двигателя обеспечит необходимый запас магнитной энергии, происходит отрыв комбинированного якоря 3 и ускоренное его перемещение. При отключении импульса напряжения после завершения рабочего хода якорь 3, под действием усилия возвратной пружины 10, возвращается в исходное состояние.

Кинетическая энергия при возврате якоря гасится в демпфирующей шайбе 11, выполненной из пористого материала, что снижает механические нагрузки и уровень шума при возврате якоря.

Введение ферромагнитного направляющего корпуса с внутренним кольцевым выступом обеспечивает на этапе трогания прохождение основной части магнитного потока через боковую поверхность дисковой части комбинированного якоря, что обеспечивает бесконтактное удержание якоря на этапе трогания. Таким образом, предлагаемое новое техническое решение позволяет сохранить усилие удержания на требуемом технологическим процессом уровне вне зависимости от магнитного состояния ферромагнитных элементов линейного электромагнитного преобразователя, т.е. стабилизировать его энергию удара. Отсутствие смазочных материалов и вредных выбросов в окружающую среду обеспечивает экологически безопасное производство на протяжении всего срока эксплуатации.

В заключение необходимо отметить, что для реализации низкочастотных ударных технологий новый виток в своем развитии получили электромагнитные преобразователи с синхронным возвратно-поступательным движением якоря (бойка). Частота хода якоря в таких преобразователях, выполняющего функции ударной массы, синхронизирована с частотой питающей промышленной сети 50 Гц и достигает до 3000 ход/мин [12, 13]. Различные варианты известных и новых схем синхронных преобразователей в составе машин ударного действия подробно рассмотрены в работах [14–17].

Расширение области использования различных по конструкции электромагнитных преобразователей непосредственно связано с вопросами рационального конструирования и совершенствования методик по их расчету и проектированию [18–30]. Анализ процессов преобразования электрической энергии в полезную механическую работу позволил сегодня улучшить силовые и энергетические характеристики электромагнитных преобразователей и машин, созданных на их основе для внедрения в высокоэнергетические импульсные технологии АПК [31–34].

Литература.

1. Усанов К.М. Совершенствование технических средств и технологий АПК системами с электромагнитными импульсными машинами: автореф. дис. … д-ра техн. наук: 05.20.02. – Саратов, 2009. – 33 с.

2. Мошкин В.И. Импульсные линейные электромагнитные двигатели / В.И. Мошкин, В.Ю. Нейман, Г.Г. Угаров. Курган: Изд-во Курганского гос. ун-та, 2010. – 220 с.
3. Нейман В.Ю. Интегрированные линейные электромагнитные двигатели для импульсных технологий // Электротехника. – 2003. – № 9. – С. 25–30.
4. Нейман Л.А. К исследованию тяговых характеристик электромагнитных приводов с учетом зубчатости элементов магнитопровода / Л.А. Нейман, О.В. Рогова // Доклады Академии наук высшей школы Российской Федерации. – 2013. – № 1 (20). – С. 100–108.
5. Малинин Л.И., Нейман В.Ю. Предельные силовые характеристики электромагнитных двигателей постоянного тока // Электротехника. – 2009. – № 12. – С. 61–67.
6. Угаров Г.Г. Тенденции развития и применения ручных ударных машин с электромеханическим преобразованием энергии / Г.Г. Угаров, В.Ю.Нейман // Известия вузов. Электромеханика. – 2002. – № 2. – С. 37–43.
7. Угаров Г.Г. Анализ показателей электромагнитных ударных машин / Г.Г. Угаров, В.Ю.Нейман // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 1996. – № 2. – С. 72–80.
8. Нейман В.Ю. Анализ процессов энергопреобразования линейных электромагнитных машин с предварительным аккумулированием магнитной энергии в динамических режимах // Электротехника. – 2003. – № 2. – С. 30–36.
9. Нейман В.Ю. 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: Научный информационный сборник. – М.: Изд-во ВИНИТИ. – 2010. – № 8. - С. 29–31.
10. Патент № 2084071 РФ, МКИ H02K 33/02, H01F 7/16, B21J 7/30. Линейный электромагнитный двигатель / Г.Г. Угаров, В.Ю. Нейман; заявл. 22.06.1995. – опубл. 10.07.1997, Бюл. № 19.
11. Патент № 2405237 РФ, МКИ H02K 33/02, H01F 7/16. Линейный электромагнитный двигатель / В.Ю. Нейман, Ю.Б. Смирнова, А.А. Петрова, Д.М. Евреинов; заявл. 27.05.2009. – опубл. 27.11.2010, Бюл. № 33.
12. Нейман Л.А. Синхронный электромагнитный механизм для виброударного технологического оборудования / Л.А. Нейман // Справочник. Инженерный журнал с приложением. – 2014. – № 6 (207). – С. 17–19.
13. Нейман Л.А. Оценка конструктивного совершенства систем охлаждения синхронных электромагнитных машин ударного действия / Нейман Л.А. // Научный вестник НГТУ. – 2013. – № 4. – С. 177–183.
14. Нейман В.Ю. Тенденции в развитии конструкций синхронных двухобмоточных электромагнитых машин для импульсных технологий / В.Ю. Нейман, А.А. Скотников, Л.А. Нейман // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы II междунар. науч.-практ. конф. – Саратов: ФГОУ ВПО Саратовский ГАУ. – 2011. – С. 209–211.
15. Нейман В.Ю. Структурный анализ синхронных электромагнитных машин ударного действия / В.Ю. Нейман, А.А. Скотников, Л.А. Нейман // Автоматизированные электромеханические системы: сб. науч. тр. Под общ ред. В.Н. Аносова. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2011. – С. 106–120.
16. Нейман Л.А. Линейные синхронные электромагнитные машины для низкочастотных ударных технологий / Л.А. Нейман, В.Ю. Нейман // Электротехника. – 2014. – № 12. – С. 45–49.
17. Нейман В.Ю. Оценка конструктивного совершенства систем принудительного охлаждения синхронных электромагнитных машин ударного действия / В.Ю. Нейман, Л.А. Нейман // Журнал Сибирского Федерального университета. Серия: Техника и технологии. – 2015. – № 2, Т.8. – С. 166–175.
18. Нейман Л.А. Исследование перегрузочной способности цикличного электромагнитного привода в зависимости от начального превышения температуры в переходных тепловых режимах / Л.А. Нейман // Электротехника. – 2014. – № 7. – С. 7–12.
19. Нейман Л.А. Оценка перегрузочной способности ударного электромагнитного привода по средней температуре перегрева в переходных режимах / Л.А. Нейман // Известия вузов. Электромеханика. – 2013. – № 6. – С. 58–61.
20. Нейман Л.А. Приближенный расчет цикличного электромагнитного привода с учтенным начальным превышением температуры в переходном тепловом процессе нагрева / Л.А. Нейман // Доклады Академии наук высшей школы Российской Федерации. – 2014. – № 1 (22). – С. 113–122.
21. Нейман Л.А. К решению задачи рационального выбора электромагнитного двигателя заданного габарита и веса на основе численного эксперимента / Л.А. Нейман // Научный вестник НГТУ.- Новосибирск: Изд-во НГТУ. – 2013. – № 4. – С. 184–190.
22. Соловейчик Ю.Г. Оптимизация геометрии линейных электромагнитных двигателей с использованием конечноэлементного моделирования магнитного поля / Ю.Г. Соловейчик, В.Ю. Нейман,

М.Г. Персова, М.Э. Рояк, Ю.Б. Смирнова, Р.В. Петров // Известия вузов. Электромеханика. – 2005. – № 2. – С. 24–28.
23. Нейман В.Ю. Сравнение геометрически подобных систем электромагнитов по условию постоянства теплового критерия / В.Ю. Нейман, Л.А. Нейман, А.А. Петрова // Электротехника. – 2011. – № 12. – С. 14а–16.
24. Нейман В.Ю. К вопросу учета главных размеров при выборе типа электромагнита по значению конструктивного фактора / В.Ю. Нейман, Л.А. Нейман, А.А. Петрова, А.А. Скотников, О.В. Рогова // Электротехника. – 2011. – № 6. – С. 50а–53.
25. Петрова А.А. Моделирование в FEMM магнитного поля для расчета тяговых характеристик электромагнитных двигателей постоянного тока / А.А. Петрова, В.Ю. Нейман // Сборник научных трудов Новосибирского государственного технического университета. – 2008. – № 2. – С. 101–108.
26. Нейман Л.А. Анализ процесса нагрева электромагнитного двигателя работающего в импульсном режиме / Л.А. Нейман, А.А. Скотников // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. – 2012. – № 2. – С. 319–322.
27. Нейман Л.А. Исследование нагрева электромагнитного двигателя в переходных режимах / Л.А. Нейман, А.А. Скотников, В.Ю. Нейман // Известия вузов. Электромеханика. – 2012. – № 6. – С. 50–54.
28. Нейман В.Ю. О методике к выбору типа электромагнита по значениям конструктивного фактора / В.Ю. Нейман, Л.А. Нейман, А.А. Петрова // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. – 2011. – № 2. – С. 310–313.
29. Нейман Л.А. К оценке выбора типа электромагнита по значению конструктивного фактора / Л.А. Нейман, А.А. Петрова, В.Ю. Нейман // Известия вузов. Электромеханика. – 2012. – № 6.– С. 62–64.
30. Нейман Л.А. Упрощенный расчет электромагнитного ударного привода в повторно-кратковременном режиме работы / Л.А. Нейман, В.Ю. Нейман, А.С. Шабанов // Электротехника. – 2014. – № 12. – С. 50–53.
31. Нейман Л.А. Анализ процессов энергопреобразования в однокатушечной синхронной электромагнитной машине с двухсторонним выбегом бойка / Л.А. Нейман // Известия Томского политехнического университета. – Томск. Изд-во ТПУ, 2013. – № 4, Т323. – С. 112–116.
32. Нейман Л.А. Рабочий цикл двухкатушечной синхронной электромагнитной машины со свободным выбегом бойка / Л.А. Нейман, В.Ю. Нейман // Известия вузов. Электромеханика. – 2013. – № 6. – 48–52.
33. Малинин Л.И. Определение напряжения преобразования энергии и электромагнитных сил в электромеханических системах / Л.И. Малинин, В.Ю. Нейман // Электричество. – 2008. – № 6. – С. 57–62.
34. Нейман Л.А. Анализ процессов энергопреобразования в двухкатушечной синхронной электромагнитной машине с инерционным реверсом бойка // Известия Томского политехнического университета. Томск. Изд-во ТПУ, 2014. – № 4, Т. 325. – С. 157–163.

РАЗРАБОТКА ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЭНЕРГИИ НА ОСНОВЕ ЭЛЕМЕНТА ПЕЛЬТЬЕ ДЛЯ ЭЛЕКТРОХИМЗАЩИТЫ НЕФТЕ- И ГАЗОПРОВОДОВ

Д.И. Федоровцев, П.В. Писарев, к.т.н доц.
Пермский национальный исследовательский политехнический университет
614000, Пермь, пр-кт Комсомольский, 29, тел.: (912)-789-59-39
E-mail: d.fedorovtcev@gmail.com

Введение

Эксплуатация современных подземных сооружений и конструкций связана с интенсивными динамическими нагрузками и неблагоприятными условиями их эксплуатации. В тех местах, которые подверглись деформации, начинается электрохимическая коррозия. Поиск способов снижения рисков масштабных разрушений данных конструкций и разработка технических решений позволяет сэкономить средства на ремонт и обслуживание подземных коммуникаций.

Данную задачу возможно решить путем разработки инновационных высокотехнологичных средств защиты на базе ЭХЗ. Разработка комплекса мер существенно продлит сроки эксплуатации и снизит расходы на проведение обслуживания и ремонтных мероприятий.

Все подземные коммуникации и сооружения имеют электродный потенциал – 0,5-0,7 Вольта. Используя катодный ток, это значение можно существенно снизить. Скорость коррозии в этом случае значительно уменьшается. Таким образом, ЭХЗ трубопроводов значительно продлевает срок их службы и устраняет самую главную опасность – внеплановые ремонты. В частности, в настоящее время на предприятии ОАО «Газпром» для предотвращения в рамках указанного метода использу-

ются дизельные генераторы и паротурбогенераторы ORMAT с замкнутым циклом. Однако, стоимость обслуживания неоправданно высока, что обуславливает актуальность разработок более экономичных технологий выработки электрической энергии.

Термоэлектропреобразователь на основе элемента Пельтье

Предлагаемое решение основано на понятии Пельтье-элемента. Элемент Пельтье – это термоэлектрический преобразователь, принцип действия которого заключается в появлении электродвижущей силы в замкнутой цепи из спая полупроводников при условии наличия разности температур в местах контактов. Между свободными сторонами термоэлемента (одна из сторон поглощает тепло, а вторая - выделяет) возникает разность потенциалов. В момент замыкания термоэлемента на внешнюю нагрузку в цепи возникает постоянный электрический ток. Таким образом, происходит преобразование тепла, полученного от сжигания топлива, в электрическую энергию.

Термоэлектрический модуль (элемент Пельтье) представляет собой совокупность термопар, состоящих из двух разнородных элементов с p- и n- типом проводимости (Рис. 1).

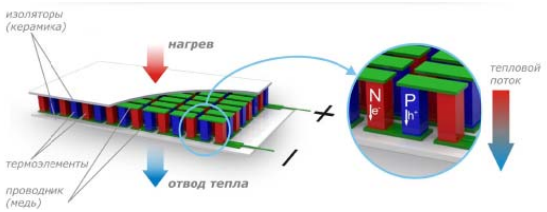


Рис. 1. Устройство и принцип работы термоэлектрического модуля

При обеспечении разности температур на сторонах модуля – одна сторона холодная (охлаждается), а другая горячая (нагревается), – в полупроводниках происходит p-n переход, возникает разность потенциалов. В момент замыкания термоэлементов на внешнюю нагрузку в цепи возникает постоянный электрический ток. Величина тока будет пропорциональна разности температур. Таким образом, происходит преобразования тепла в электрическую энергию. Количество термопар может изменяться в широких пределах – от единиц до сотен пар, что позволяет создавать термоэлектрические модули практически любой мощности – от десятых долей до сотен ватт.

Корпус термопреобразователя представляет полую призму, на передней стенке расположено отверстие для крепления горелки, на задней поверхности – отверстие для выхода продуктов сгорания. Диаметр входного отверстия значительно больше диаметра выходного отверстия. Это условие является необходим условием оптимального нагрева корпуса.

Ширина каждой грани и длина корпуса пропорциональна габаритам термоэлектрического генераторного модуля (ТГМ). Длина корпуса 2000 мм, диаметр 880 мм, ширина каждой грани 280 мм. На гранях корпуса расположены резьбовые шпильки для крепления ТГМ и радиаторов охлаждения.

Общая конструкция термопреобразователя (Рис.2) содержит узел нагревателя (горячий корпус), узел охладителя (радиаторы охлаждения) и модуля термопреобразования.

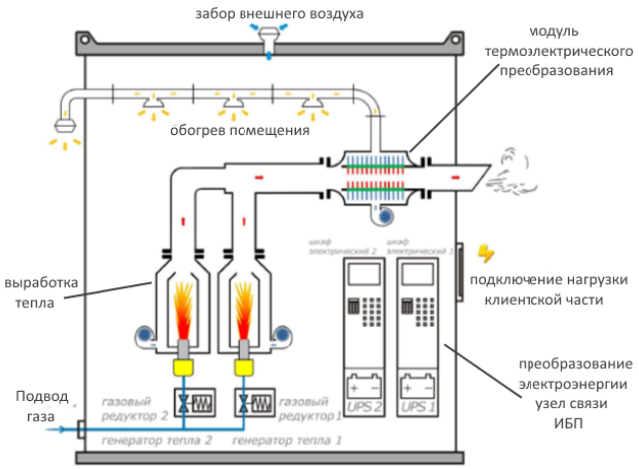


Рис. 2. Принципиальная схема устройства термоэлектропреобразователя энергии

Нагрев поверхности горячего корпуса модуля происходит за счет конвекционного тепла, полученного в результате сжигания газа газовой горелкой. Одновременно происходит охлаждение холодных спаев термоэлементов за счет протекания потока воздуха между ребрами радиаторов

Между горячим и холодным спаями термоэлемента возникает разность температур. Благодаря эффекту Зеебека в ТГМ возникает термоЭДС, которую можно по специальным токоотводам направлять в полезную нагрузку общего электрического контура.

Все части термоэлектропреобразователя расположены в стандартном блок-боксе (Рис.3). Габаритные размеры 6058 мм × 2438 мм × 2591 мм.

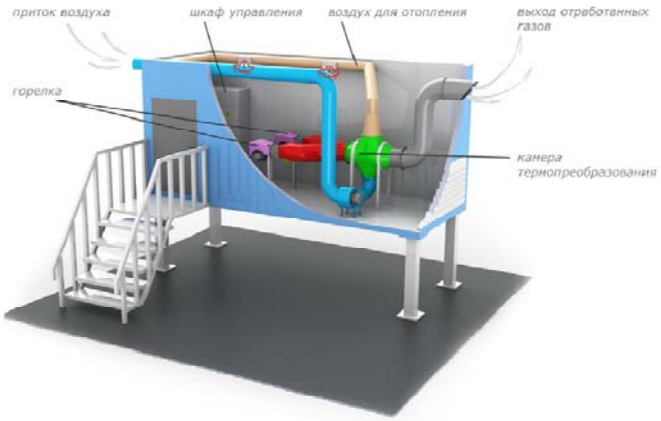


Рис. 3. Планируемое внутреннее расположение элементов термоэлектропреобразователя энергии

Резервная горелка предназначена для нештатных ситуаций, когда использовать основную горелку невозможно. Также горелки можно использовать поочередно с заданным интервалом времени для увеличения срока службы и снижения их износа.

Источники бесперебойного питания предназначены для нештатных ситуаций, в случаях, когда процесс термопробразования остановлен. Мощности источника питания достаточно для обеспечения процесса электрохимзащиты на время устранения причин остановки.

Средства удаленной связи предназначены для управления и мониторинга всех протекающих процессов. Побочное тепло расходуется на обогрев помещения в холодные периоды. Выход отработанных газов выведен дымоходом наружу.

Физическая и математическая модели

Рассматривается следующая задача. Имеется твердотельная полая конструкция с входным и выходным отверстиями. На гранях конструкции расположены термоэлектрические модули и радиаторы охлаждения. Во входное отверстие подаются продукты сгорания газа. Охлаждение радиаторов – пассивное, без нагнетания холодного воздуха.

Для проведения численного моделирования отвода тепла в термоэлектрическом преобразователе энергии использовались следующие исходные данные: материал полой конструкции – сталь 20; материал термоэлектрических модулей – теллурид висмута; материал радиаторов охлаждения – алюминий; температура окружающей среды – 293 К; температура продуктов сгорания – 1073 К; Скорость входа продуктов сгорания – 2 м/с.

При моделировании принимались следующие допущения [1]:

- рабочей температурой устройства является температура пластины-держателя в реперной точке;
- все материалы элементов конструкции однородны по составу и изотропны по свойствам;
- контакты между элементами идеальны;
- боковые поверхности теплоизолированы.

Уравнение нестационарной теплопроводности для теплового блока записывается следующим образом:

$$\frac{\partial}{\partial \tau}\left(\rho_i \cdot c_{pi} \cdot T_i\right) - div\left(\lambda_i \cdot gradT\right) = S_{Ti}, \qquad (1)$$

где $T = T(\Omega_i, \tau)$, К – температура; c_{pi}, Дж/(кг*К) – теплоемкость; ρ_i, кг/м3 – плотность; λ_i, Вт/(м*К) – коэффициент теплопроводности; τ, с – время; S_{Ti}, Вт/м3 – источниковый член, учитывающий источники и стоки теплоты.

Начальное условие:

$$T(\Omega_i)\big|_{\tau=0} = T_0 \tag{2}$$

Граничные условия:

$$\begin{aligned} &\left(-\lambda_1 \cdot gradT, \vec{n}\right)\big|_{\Gamma_1} = \alpha_1 \cdot \left(T_1 - T_{f1}\right)\big|_{\Gamma_1}, \\ &\left(-\lambda_5 \cdot gradT, \vec{n}\right)\big|_{\Gamma_5} = \alpha_5 \cdot \left(T_5 - T_{f5}\right)\big|_{\Gamma_5}, \end{aligned} \tag{3}$$

где T_{fi}, К – температура окружающей среды; α_i, Вт/(м2*К) – средний по поверхности коэффициент теплоотдачи воздуха со стороны соответствующего элемента; $\vec{n}$ – единичный вектор внешней нормали.

Движение газа описывается уравнением Навье-Стокса для сжимаемой жидкости:

$$\begin{aligned} &\rho\left(\frac{\partial v_i}{\partial t} + v_k \frac{\partial v_i}{\partial x_k}\right) = \\ &= -\frac{\partial p}{\partial x_i} + + \frac{\partial}{\partial x_k}\left(\mu\left(\frac{\partial v_i}{\partial x_k} + \frac{\partial v_k}{\partial x_i} - \frac{2}{3}\delta_{i,k}\frac{\partial v_l}{\partial x_l}\right)\right) + \frac{\partial}{\partial x_k}\left(\zeta \frac{\partial v_l}{\partial x_l}\delta_{i,k}\right), \\ &\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot \left(\rho \vec{v}\right) = 0, \end{aligned} \tag{4}$$

где ρ – плотность, p – давление, μ – коэффициент динамической вязкости (сдвиговая вязкость), ζ – объемная вязкость, $\delta_{i,k}$ – дельта Кронекера.

В ходе работы была построена твердотельная модель модуля термопреобразования с помощью программного комплекса SolidWorks (Рис.4).

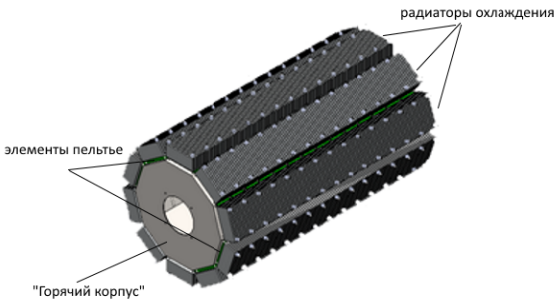


Рис. 4. Твердотельная модель модуля термопреобразования

Численный расчет проводился в программном комплексе ANSYS CFX. Ввиду симметрии геометрии расчет проводился на отдельном сегменте (Рис. 5), что позволило сократить время расчета и сэкономить вычислительные ресурсы [2].

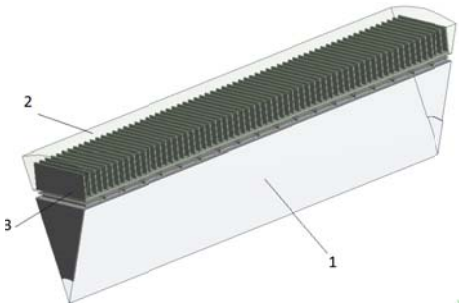


Рис. 5. Геометрическая модель: 1, 2 – области для газодинамического расчета,
3 – область для расчета теплообмена в твердотельной конструкции

Задача решалась в связанной постановке, поэтому сегмент необходимо разбить на три области: область газодинамического расчета (истечение продуктов сгорания) и область расчета конвективного охлаждения радиаторов, расчет теплопроводности в термоэлетропреобразователе-радиаторе – твердотельная конструкция. Для объединения решения газодинамического расчета и расчета теплообмена задан интерфейс на сопряженных сторонах расчетных областей. В качестве элемента расчетной сетки был выбран тетраэдр. Минимальный размер элемента – 1 мм, максимальный – 10 мм.

Результаты

В результате расчета были получены поля температуры, давления и скорости в различных плоскостях и сечениях. Распределение поля температуры в термоэлектрических модулях и радиаторе охлаждения представлено на Рис. 6. Значения температуры возрастают в направлении течения продуктов сгорания. Максимальное значение составило 936 К, минимальное – 839 К.

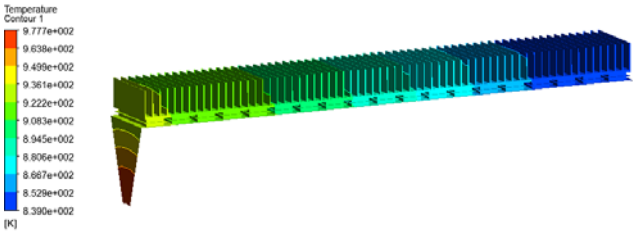


Рис. 6. Распределение поля температуры по поверхности термоэлектрических модулей и радиаторе охлаждения

Температура продуктов сгорания внутри полой конструкции (Рис. 7) понижается по мере отдаления от центра к стенкам. Максимальное значение – 1084 К, минимальное – 840 К.

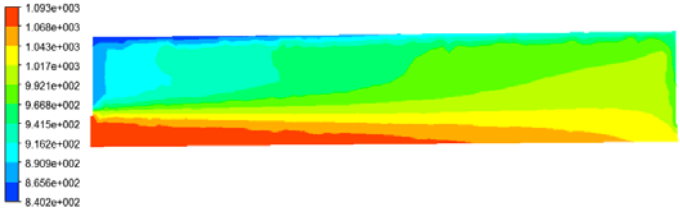


Рис. 7. Температура продуктов сгорания

Распределение векторов скоростей продуктов сгорания внутри полой конструкции представлено на Рис. 8. Максимальное значение – 4,654 м/с, минимальное – 0.

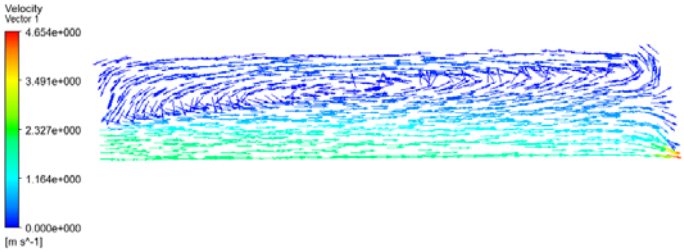


Рис. 8. Распределение векторов скоростей

Выводы

Результаты полученных численных расчетов подтверждают физичность и адекватность модели. Температура на горячей стенке равна 887,2 К и близка к рекомендуемой, однако темерература на охлаждающих радиаторах слишком высока 839 К. При этом температура возрастает в направлении течения продуктов сгорания. Данные значения температур обуславливаются режимами подачи продуктов сгорания, интенсивностью системы охлаждения радиаторов, а также образованием избыточного давления на выходе из горячего корпуса.

В целях получения значений температур близких к рекомендуемым в настоящее время ведутся численные эксперименты с уточненными режимами подачи продуктов сгорания.

Литература.
1. П.В. Писарев, В.Я. Модорский, Ю.В. Соколкин, «Решение междисциплинарных задач на примере взаимодействия струи горячего газа с металлической преградой», Механика и процессы управления, Том 1., - Материалы XXXXI Всероссийского симпозиума. М.: РАН, 2011 С. 123.
2. П.В. Писарев, Д.В. Зимин, В.Я. Модорский, Ю.В. Соколкин, «Численное моделирование взаимодействия в динамической системе “газ-конструкция”», Механика и процессы управления, Том 1., - Материалы XXXXI Всероссийского симпозиума. М.: РАН, 2011 С. 127.
3. П.В. Писарев, Д.В. Зимин, В.Я. Модорский, «Особенности разработки параллельных приложений по расчету газодинамических характеристик энергетических установок на ВВК ПГТУ», XII Всероссийская научно техническая конференция «Аэрокосмическая техника, высокие технологии и инновации-2009», 2009 С. 226.

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СУХИЕ СИЛОВЫЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ И ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ЭНЕРГОПОТРЕБИТЕЛЕЙ АПК

А.П. Хуан, аспирант
Новосибирский государственный технический университет
630073, Новосибирск, пр. К. Маркса, 20, тел. (383)3460442
E-mail: slen@ngs.ru

Повышенный интерес к сухому, без заполнения охлаждающей жидкостью, типу электрооборудования происходит по многим причинам, главной из которых является безопасность. Подстанции с КТП с сухим трансформатором используются в местах с повышенными требованиями к пожарной и экологической безопасности. Особенно данные преимущества очевидны для энергопотребителей АПК. Подстанции с трансформатором сухого типа можно широко использовать прямо в производственном цехе, так как они отвечают всем требованиям пожарной безопасности. Отсутствие в конструкции трансформатора пожароопасных охлаждающих масел значительно снижает вероятность возникновения возгораний в случае короткого замыкания или повреждения элементов конструкции электрооборудования.

По отношению к масляным трансформаторам, сухие трансформаторы более требовательны к условиям эксплуатации. В особенности эти требования предъявляются к температурным режимам. Нарушение теплового режима сухого трансформатора проявляется в виде дефектов изоляции. Также ввиду большей уязвимости к неблагоприятным внешним воздействиям не допускается хранение и эксплуатация данного оборудования в условиях низких температур.

Трансформаторы производства группы компаний EXC производятся по технологии RESIN GLASS FIBER (RGF). Технология основана на применении в качестве высоковольтной изоляции композиционного материала. Общий вид трансформатора TC(RG) представлен на рис. 1

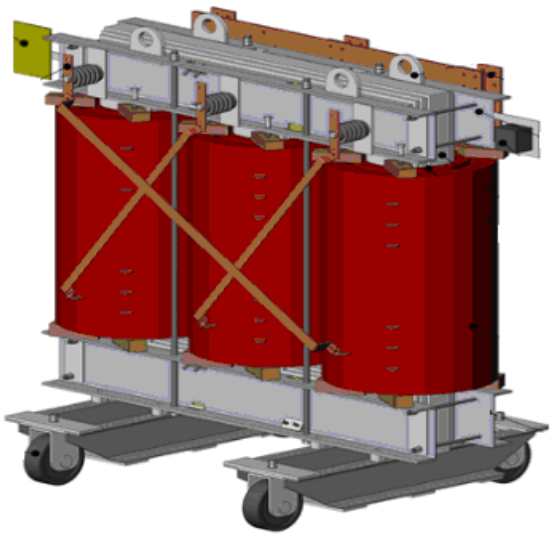


Рис. 1. Общий вид сухого трансформатора

В сухих трансформаторах TC(RG) в качестве изолирующего материала используется композиционный, который состоит из армирующего материала на основе алюмосиликатного стекла с тончайшими волокнами (элементарное волокно в 10 раз тоньше волоса) с повышенным содержанием кремния и с улучшенным свойством смачивания в сочетании с многокомпонентной электроизоляционной системой с высокими электроизоляционными свойствами.

При создании данного композита наши специалисты подбирали соотношение электроизоляционной системы и армирующего материала, таким образом, чтобы максимально приблизить коэффициенты теплового расширения материала проводника и композита. Это свойство, позволяет эксплуатировать трансформатор в экстремальных условиях, например, включение трансформатора на номинальную нагрузку при низкой температуре окружающей среды.

Трансформаторы, изготовленные по вакуумной технологии, считались безотказными в различных условиях эксплуатации, но в последнее время появилась статистика отказов и недостатков данной технологии:

- появление трещин в обмотках при холодных пусках (внезапный набор нагрузки 70-100 %);
- охлаждение отключенного трансформатора до температур ниже -25°С;
- недостаточная стойкость к динамическим усилиям при коротких замыканиях.

Известно, что при производстве монолитных обмоток сухих трансформаторов применяют технологию глубокого вакуума. Однако тепловой коэффициент расширения материала обмоток, как правило, отличается от коэффициента расширения материала литой изоляции. Электропроводящий материал сильнее расширяется при нагреве, чем изолирующий наполнитель обмотки. При частом нагреве и охлаждении в процессе эксплуатации это может привести к появлению микротрещин. Данную проблему не всегда удается решить применением современных материалов и технологий. В особенности это актуально для сухих трансформаторов больших мощностей.

Известный фактор, что трансформаторы с обмотками, выполненными по вакуумной технологии из эпоксидной изоляции с различными наполнителями (кварцевая мука, волластониты, тригидрат алюминия), недопустимо включать при низких температурах окружающей среды на номинальную нагрузку. Это связанно с технологией и в меньшей мере зависит от наполнителя (наполнитель позволяет получить более прочный материал в сочетании с эпоксидной системой, а также удешевляет затраты на изделие). Одна из монолитных обмоток трансформатора изготовленная по данной технологии приведена на рис. 2. Сухой силовой трансформатор в сборе приведен на рис. 3.

Рис.2. Монолитная обмотка трансформатора

Рис.3. Сухой трансформатор в сборе

Трансформаторы, изготовленные по технологии RGF, обладают очень высокой механической прочностью и допускают «холодные пуски» что учитывает особенности климата Сибири, Дальнего Востока, а также Крайнего Севера.

Также учитывая улучшенные свойства электрической прочности композитного материала данные трансформаторы выдерживают коммутационные и атмосферные перенапряжения. Это по-

зволяет использовать быстродействующую вакуумную технику, а следовательно снижает ущерб при разрушающих последствиях коротких замыканиях в сети.

Благодаря высокой механической прочности (механическая прочность композита сопоставима с механической прочности стали марки Ст3.) трансформаторы устойчивы к динамическим усилиям, возникающим при коротких замыканиях. Магнитопровод трансформаторов изготовлен из холоднокатаной анизотропной стали с низкими удельными потерями, что приводит, в общем, к снижению среднегодовых издержек предприятия, на протяжении всего срока эксплуатации изделия.

Обмотки низкого напряжения изготовлены из медной ленты, в качестве витковой изоляции в обмотках используется препрег на основе каландированной бумаги Nomex фирмы DuPont, которая является мировым лидером. После термоотверждения витки обмотки склеиваются и образуют монолитную систему. Данный материал допускает длительно рабочую температуру до 220°С, что обеспечивает высокий тепловой запас устройства, а значит повышенные аварийные перегрузки, также благодаря использованию в обмотках ленты улучшается теплопередача устройства и отсутствие точек перегрева, что приводит к повышению надежности.

Трансформаторы производства группы компаний EXC позволяют не только снизить среднегодовые издержки предприятия, связанные с эксплуатационным обслуживанием устройства, но и издержки предприятия, связанные с эксплуатационными потерями электроэнергии, а следовательно сокращают срок окупаемости изделия, сочетая Высокое качество и надежность. За 10 лет эксплуатации трансформаторов в различных климатических районах не было ни одного случая растрескивания изоляции.

Эффективность использования трансформатора как элемента системы электроснабжения определяется степенью соответствия режимных параметров, принимаемых при его конструировании, реальным условиям эксплуатации [1].

В условиях роста затрат на эксплуатацию энергооборудования и требований к снижению потерь в сетях энергосистем наряду с использованием лучших сортов электротехнической стали, потери в трансформаторах могут быть снижены за счет оптимизации размеров магнитопровода. По аналогии с методикой представленной в работе [2] решение задачи оптимального проектирования трансформаторов целесообразно разделить на два этапа:

- на первом этапе определяются оптимальные соотношения размеров при заданных критериях оптимизации (минимум массы стали и обмоточного материала, потерь, стоимости и т. д.) при фиксированных электромагнитных нагрузках;
- на втором этапе определяются оптимальные значения нагрузок (индукция в стали и плотность тока) при заданных ограничениях связанных с условиями или режимами работы.

Для выполнения первого этапа решения задачи уместно отметить, что использование аналитических подходов в определении оптимальных соотношений неприемлемо. Связанно это, прежде всего с тем, что данные подходы имеют большую до 15% погрешность. При этом данные методы не позволяют учитывать различные сечения стержня и ярма шихтованных магнитопроводов и различные плотности токов трехфазных обмоток, несмотря на то, что в реальных условиях это оказывает влияние на выбор электромагнитных нагрузок. В проводимых исследованиях относительно уже созданных конструкций сухих трансформаторов ставится задача снижения потерь не более чем на 5%. Это лишний раз подтверждает, что решение первого этапа возможно только с использованием численных методов моделирования магнитного поля. В качестве удачного примера можно привести использование современных программ конечно-элементного моделирования магнитного поля в задачах оптимизационного расчета и проектирования линейных электромеханических преобразователей электромагнитного типа [3–14]. Геометрические профили данных устройств практически совпадают с профилями стержневых трехфазных трансформаторов [15]. Также может оказаться полезным использование понятия теплового критерия при изучении подобных активных геометрических объемов [16].

Необходимо также учесть и то, что при этом снижается себестоимость самого трансформатора за счет экономии активных материалов.

Литература.

1. Биндлер И.И. Оптимальные соотношения размеров трансформаторов с магнитопроводом прямоугольного сечения /И.И. Биндлер, В.Г. Пекилис, А.И. Смирнов // Электротехника. – 1988. – № 7. – С. 2–6.
2. Макаров А.В. Оптимальные соотношения размеров трансформаторов с магнитопроводом прямоугольного сечения / А.В. Макаров // Электротехника. – 1988. – № 7. – С. 6–8.

3. Соловейчик Ю.Г. Оптимизация геометрии линейных электромагнитных двигателей с использованием конечноэлементного моделирования магнитного поля / Ю.Г. Соловейчик, В.Ю. Нейман, М.Г. Персова, М.Э. Рояк, Ю.Б. Смирнова, Р.В. Петров // Известия вузов. Электромеханика. – 2005. – № 2. – С. 24–28.
4. Нейман В.Ю. Расчет показателя экономичности силового электромагнита постоянного тока с помощью моделирования магнитного поля / В.Ю. Нейман, Л.А. Нейман, А.А. Петрова // Транспорт: Наука, техника, управление: Научный информационный сборник. – М.: Изд-во ВИНИТИ. – 2008. – № 6. – С. 21–24.
5. Петрова А.А. Моделирование в FEMM магнитного поля для расчета тяговых характеристик электромагнитных двигателей постоянного тока / А.А. Петрова, В.Ю. Нейман // Сборник научных трудов Новосибирского государственного технического университета. – 2008. – № 2. – С. 101–108.
6. Нейман В.Ю. К вопросу учета главных размеров при выборе типа электромагнита по значению конструктивного фактора / В.Ю. Нейман, Л.А. Нейман, А.А. Петрова, А.А. Скотников, О.В. Рогова // Электротехника. – 2011. – № 6. – С. 50а–53.
7. Малинин Л.И. Предельные силовые характеристики электромагнитных двигателей постоянного тока / Л.И. Малинин, В.Ю. Нейман // Электротехника. – 2009. – № 12. – С. 61–67.
8. Neyman V.Yu. Calculation of efficiency of DC electromagnet for mechanotronbic systems / V. Yu. Neyman., L.A. Neyman, A.A. Petrova // IFOST 2008: Proceedings of the 3d International Forum on Strategic Technology, June 23-29, 2008, Novosibirsk, Tomsk. – P.452–454.
9. Neiman V.Yu. Comparison of geometrically similar electromagnet systems by means of the constancy condition of heat criterion / V.Yu. Neiman, L.A. Neiman, A.A. Petrova // Russian Electrical Engineering. – 2011.– Vol. 82.– P. 651-652.
10. Neiman V.Yu. On the question of taking into account the main dimensions when selecting type of electromagnet according to value of constructive factor / V.Yu. Neiman, L.A. Neiman, A.A. Petrova, A.A. Skotnikov, O.V. Rogova // Russian Electrical Engineering. – 2011.– Vol. 82.– P. 328-331.
11. Malinin L.I. Limiting power characteristics of direct-current electromagnetic motors / L.I. Malinin, V.Yu. Neiman // Russian Electrical Engineering. – 2009.– Vol. 80.– P. 701-706.
12. Нейман В.Ю. О методике к выбору типа электромагнита по значениям конструктивного фактора / В.Ю. Нейман, Л.А. Нейман, А.А. Петрова // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. – 2011. – № 2. – С. 310–313.
13. Нейман Л.А. К оценке выбора типа электромагнита по значению конструктивного фактора / Л.А. Нейман, А.А. Петрова, В.Ю. Нейман // Известия вузов. Электромеханика. – 2012. – № 6.– С. 62–64.
14. Нейман Л.А. К исследованию тяговых характеристик электромагнитных приводов с учетом зубчатости элементов магнитопровода / Л.А. Нейман, О.В. Рогова // Доклады Академии наук высшей школы Российской Федерации. – 2013. – № 1 (20). – С. 100–108.
15. Нейман Л.А. К решению задачи рационального выбора электромагнитного двигателя заданного габарита и веса на основе численного эксперимента / Л.А. Нейман // Научный вестник НГТУ.- Новосибирск: Изд-во НГТУ. – 2013. – № 4. – С. 184–190.
16. Нейман В.Ю. Сравнение геометрически подобных систем электромагнитов по условию постоянства теплового критерия / В.Ю. Нейман, Л.А. Нейман, А.А. Петрова // Электротехника. – 2011. – № 12. – С. 14а–16.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ЗА СЧЁТ ПРИМЕНЕНИЯ НЕОДИМОВЫХ МАГНИТОВ В ВИБРОЗАЩИТНОМ УСТРОЙСТВЕ

Е.Г. Гурова, С.В. Макаров, А.А. Сергеев
Новосибирский государственный технический университет
630073, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20, тел. (383)-346-15-57
E-mail: lena319@mail.ru

В настоящее время одной из проблем во многих отраслях промышленности, транспорта и сельского хозяйства является значительный уровень вибрации, не отвечающий санитарным нормам. Вибрация оказывает негативное влияние на человека, окружающую среду, работоспособность механизмов и транспортных средств. Длительное воздействие вибрации и шума нарушает нормальное состояние человека, вызывая нарушения физиологического состояния, а также функциональные изменения работы внутренних органов.

Механические колебания также приводят к неисправностям работы оборудования, к накоплению повреждений в материалах, нарушения нормального функционирования различных объектов, неравномерному износу отдельных деталей механизма, дефектам в соединительных муфтах, неправильной центровке электродвигателя с приводимыми механизмами, неуравновешенности электродвигателя и механизмов.

Все это приводит к необходимости поиска мер, направленных на снижение уровня вибрации, не исключением в этом случае является и транспортная индустрия. Источниками вибрации на транспорте являются электродвигатели, двигатели внутреннего сгорания, плохое состояние дорожного покрытия, непосредственно движение транспорта. В настоящее время основные методы защиты от вибрации можно разделить на две группы. Первая группа, направлена на снижение уровня вибрации в источнике ее возникновения. Предупреждение неблагоприятного действия вибрации на организм человека, а также работу оборудования, в этом случае, сводиться к сокращению до минимума интенсивности механических колебаний и времени их действия. Для этого, прежде всего, необходимо обратить внимание на сам технологический процесс, а именно на работу оборудования, вызывающего вибрацию. Сокращение уровня вибрации от вращающихся узлов и механизмов на транспорте,возможно достичь за счет точной подгонкивсех деталей и их работы: балансировка, устранение перекосов, уменьшение до минимума допусков между соединяющими деталями, своевременная смазка узлов и агрегатов. Вторая группа, направлена на уменьшение параметров вибрации по пути ее распространения от источника к защищаемому объекту. В этом случае, для защиты от вибрации применяют следующие методы: снижение виброактивности машин, отстройка от резонансных частот, демпфирование, виброизоляция, виброгашение.

В настоящее время наиболее перспективным направлением снижения уровня вибрации следует считать применение виброизолирующих устройств с плавающим участком нулевой жесткости [1,2,3].

В работе [4] авторами представлена виброизолирующая подвеска с электромагнитным компенсатором жесткости. Электромагнитный компенсатор жесткости выполнен в виде двух встречно включенных электромагнитов постоянного тока. Предложенный компенсатор обладает рядом преимуществ над механическими корректорами жесткости, в числе которых: отсутствие силы трение, а как следствие и износ деталей; компенсатор обладает быстродействующей системой перестройки, перераспределяющей напряжение на электромагнитах при изменениях нагрузки, обеспечивает нулевую жесткость. Однако предложенная система в виду наличия электромагнитов предполагает использования регулятора напряжения, датчиков положения, а также предполагает систему слежения, что в итоге приводит к увеличению стоимости всей системы, а также необходимости периодического обслуживания. Практическое применение предложенного виброизолирующего устройства затрудняется в связи с достаточно большими массогабаритными показателями самих электромагнитных компенсаторов жесткости, несмотря на их высокую способность уменьшения уровня вибрации.

Внаучной работе [5] предложена конструкция компенсатора на основе супермагнитов. Виброизоляторы с супермагнитным компенсатором жесткости наиболее практически применимы, эффективность снижения вибрационных колебаний достаточно высокая, при том, что массогабаритные показатели значительно меньше, чем при использовании электромагнитных компенсаторов жесткости.

Основываясь на математическом описании, выполненном в [5], запишем систему уравнений, действующих в подвеске:

$$\begin{cases} m\frac{d^2x}{dt^2} + c \cdot x - F_k = F(t); \\ F_k = (ax^3 + cx) - F_p; \\ F_p = f(t) \cdot (ax^3 + cx) \cdot x. \end{cases} \quad (1)$$

Моделирование виброизолирующей подвески с нелинейным регулятором проводится в программе Simulink.Для представленной модели входным сигналом служит синусоидальный (SineWare) с параметрами: амплитуда 1; частота $2\pi \cdot 50\frac{рад}{c}$, остальные параметры 0. В качестве нагрузки используется ступенчатый сигнал (Step). На осциллографе Scope отражается реакция системы на синусоидальное воздействие.

Моделирование виброизолирующей подвески с компенсатором жесткости на основе неодимовых магнитов показало, что система устойчива. С увеличением нагрузки время переходного процесса и амплитуда колебаний несколько увеличатся.

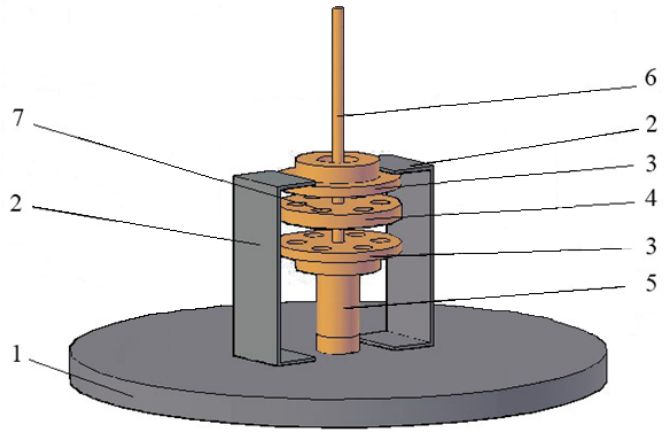


Рис. 1. Модель спроектированного виброизолятора жесткости
1- вибрирующее основание; 2- дюралюминиевые стойки; 3-дюралюминевый диск; 4- якорь; 5- дюралюминиевое основание; 6- шток; 7- отверстие для неодимовых магнитов;

На рисунке 1 представлен магнитный компенсатор, который представляет из себя два диска 3, один из которых жестко закреплен на вибрирующем основании 1 через дюралюминевое основание 5, другой диск 3 закреплен на вибрирующем основании 1 при помощи дюралюминиевых стоек 2. Шток 6 жестко связан с защищаемым объектом. Неодимовые магниты распложены на нижнем и верхнем дисках 3 в отверстиях 7, а также на обеих сторонах якоря 4. Магниты, расположенные в плоскости якоря и стороне диска имеют разную полярность. В этом случае суммарная жесткость виброизолятора будет определятся как сумма жесткостей упругого элемента (пружин) и магнитного компенсатора жесткости. Таким образом, жесткость может быть сведена к нулю, что позволит обеспечить идеальную виброизоляцию.

Принцип действия основан на перемещении якоря при изменении величины внешнего усилия, таким образом, чтобы силовая характеристика была падающей, что обеспечивает нулевую жесткость всего виброизолятора.

Супермагниты, используемые в предложенном компенсаторе, изготавливаются из сплава, содержащего редкоземельный материал неодим (Nd). Основным достоинством таких магнитов является большие тяговые усилия при достаточно небольших габаритах.

Магнитные характеристики закладываются на стадии изготовления магнита и не могут быть изменены в последствии. Основные параметры магниты это остаточная магнитная индукция и устойчивость к размагничиванию (коэрцитивная сила). Неодимовые магниты могут быть изготовлены в форме диска, куба, стержня, цилиндра, призмы, бруска, кольца, сектора или шара.

Неодимовые магниты располагаются так, чтобы на каждой оси было по два магнита. Это обусловлено тем, что все виброизолирующие опоры должны иметь не менее 6 степеней свободы. На рисунке 2 представлен изготовленный из дюралюминия диск, с установленными супермагнитами в отверстиях.

Рис. 2. Дюралюминевый диск, с установленными супермагнитами в отверстиях

Представленный виброизолятор, в основе которого используется компенсатор жесткости на основе супермагнитов, может найти применение в области машиностроения и транспортной инфраструктуры. Предложенное решение может оказаться эффективным в области предупреждения неблагоприятного действия вибрации на организм человека, а также повышения эффективности эксплуатации транспортных средств.

Работа выполнена при поддержке Стипендии Президента для молодых ученых, согласно приказа Министерства образования и науки РФ № 184 от 10 марта 2015 года.

Литература.

1. Gurova E. G. Power characteristics of the vibration isolators / E. G. Gurova, M. G. Gurov, V. V. Ivanov // Applied Mechanics and Materials. - 2015. – Vol. 698 : Electrical Engineering, Energy, Mechanical Engineering, EEM 2014. – P. 575-579.
2. Gurova E. G. Determination of traction characteristic of stiffness compensator for vibroisolation device / E. G. Gurova, M. G. Gurov, S. V. Makarov // Life Science Journal. - 2014. - Vol. 11, №12s. - P. 624-625.
3. Features of the power characteristics of the vibration isolations / E. G. Gurova, S. V. Makarov, M. G. Gurov, A. A. Sergeev // Advanced Materials Research. - 2014. - Vol. 1040 : High technology: research and applications. - P. 678-681.
4. Development of Spatial Vibration Protection Devices / E. G. Gurova, V. Y. Gross, V. S. Kurbatov, S. V. Makarov, A. A. Sergeev, N. I. Shchurov // World Applied Sciences Journal. - 2013. - Vol. 22 (Special Issue on Techniques and Technologies). - P. 44-48.
5. Gurova E. G. Vibro isolator with neodymium magnets compensator of the stiffness / E. G. Gurova, M. G. Gurov // Applied Mechanics and Materials. - 2014. - Vol. 682 : Innovative Technologies and Economics in Engineering. – P. 118-121.
6. Алексеев С.П., Казаков А.М., Колотилов Н.Н. Борьба с шумом и вибрацией в машиностроении М.: Машиностроение, 1970. - 208 с.
7. Вибрации в технике. В 6 т. / под ред. К.В. Фролова. - М.: Машиностроение, 1995 - Т. 6: Защита от вибрации и ударов. 2-е изд. - 1995. - 456 с
8. Санкин Ю.Н., Пирожков С.Л. Случайные колебания виброзащитных систем. Ульяновск: УлГТУ, 2000. - 83 с.

ПОВЫШЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ МАШИН

А.В. Еремеев, ст. преподаватель
Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского Томского политехнического университета
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел (38451)-6-05-37
E-mail: eremeev@tpu.ru

В настоящее время в отечественном сельскохозяйственном машиностроении практически все рабочие органы почвообрабатывающих машин изготавливаются из трех основных видов сталей: 65Г, 45, Л53. Износостойкость и прочность этих сталей невысоки. На некоторых предприятиях с целью повышения износостойкости применяется наплавка изнашиваемых частей рабочих органов токами высокой частоты либо сварочным твердосплавным (обычно марки Т-590) электродом. При этом не обеспечивается металлургическое качество наплавки (перегрев основы и сплава, высокая глубина проплавления, высокозернистая микроструктура и пр.) и соблюдение технологических параметров (толщины и ширины слоя). Кроме того, у таких наплавочных технологий существуют значительные ограничения по химическому составу, свойствам (магнитность и др.), толщине наносимых износостойких материалов.

Рабочие органы почвообрабатывающих машин в основном подвержены абразивному износу в результате трения контактируемых поверхностей сопрягаемых деталей. Работами ряда ученых установлен характер абразивного износа и его закономерности. По данным этих авторов процесс абразивного износа носит характер микрорезания твёрдыми абразивными частицами и усталостного разрушения микрообъёмов. Ими установлены закономерности износа от твердости и давления.

Исследование процессов изнашивания показывает, что интенсивность их протекания зависит от скорости процесса разрушения микрообъема материала при каждом элементарном акте взаимодействия пятен контакта.

Лезвие почворежущих рабочих органов в процессе эксплуатации теряет вследствие абразивного изнашивания свою работоспособность и поэтому его необходимо восстанавливать для устранения износа, т. е. восстанавливать работоспособность и, тем самым, продлевать долговечность.

Все известные способы сохранения работоспособности направлены на уменьшение скорости изнашивания путём применения более износостойких материалов или создания самозатачивающихся лезвий. Ещё в 1926г. изобретателем А. М. Игнатьевым было предложено многослойное лезвие. Этот способ получил применение в машиностроении особенно после разработки индукционною способа наплавки порошковыми твёрдыми сплавами.

Следует отметить, что в виду довольно высокой сложности и стоимости твёрдых сплавов он не нашёл пока должного применения в сельскохозяйственном производстве при восстановлении рабочих органов сельскохозяйственных машин.

Для повышения долговечности режущих элементов машин сельскохозяйственной техники (лемеха плугов, лапы культиваторов, ножи свеклоуборочных машин и др.) последние подвергаются упрочнению индукционным способом. К недостатку этого метода следует отнести то, что с уменьшением толщины наплавки до 0,2 мм снижается качество ввиду коробления детали из-за сильного теплового воздействия.

Ведутся разработки новых способов наплавок: метод упрочнения трением, метод плакирования износостойкой лентой из инструментальных сталей. Однако, они отличаются высокой сложностью и поэтому не находят широкого применения при восстановлении вышеуказанных деталей в ремонтном производстве.

Исследованиями НПО ВИСХОМ установлено, что использование закономерностей конструкционной износостойкости, теории абразивного изнашивания, применение современных износостойких материалов и технологических методов упрочения, позволяют в большинстве случаев многократно повысить ресурс деталей и рабочих органов машин. В частности, путем применения расчетно-экспериментальных методов оптимизации конструкционных параметров технически возможно повышение ресурса лемехов, отвалов, лап, зубьев бороны и других рабочих органов почвообрабатывающих машин в 2-4 раза и более при снижении удельной материалоемкости до 3-5 раз. Совместно с ПО "Одессапочвомаш" проведены исследования по определению ресурса и характера изнашивания долотообразных лемехов, зонально упрочненных твердыми сплавами. Твердый сплав марки ФБХ наносили на лицевую сторону но совой части серийных ненаплавленных лемехов ПНЧС методом плазменной наплавки, а вальцованных лемехов П-702 методом намораживания. Толщина слоя твердого сплава составляла 1,5-2,5 мм. Сравнительные ресурсные испытания опытных и серийных лемехов показали, что повышение износостойкости носка позволяет сохранить исходную форму и функциональные качества лемеха и, тем самым, значительно увеличить его ресурс. По результатам испытаний наработка опытных лемехов составила 55-67 га, а наработка серийных наплавленных лемехов до выбраковки - 31-39 га. Лемеха с упрочненным носком к моменту завершения испытаний не достигли предельного состояния по износу и были пригодны к дальнейшей эксплуатации. Сохранение первоначальной формы лемеха в процессе его эксплуатации, достигаемое зональным упрочнением носовой части и выравниванием интенсивности изнашивания носка и лезвия, позволяет значительно расширить границу изнашивания лемеха по ширине, более полно используя при этом заложенный в детали металл.

Для повышения прочности и износостойкости стрельчатых лап был опробован способ поверхностного упрочнения материалов в высокочастотной плазме на установке Плазма-401. В разрядной камере высокочастотного плазмотрона в плазменный поток при атмосферном давлении вводился пучок кварцевых стержней, которые в зоне высоких температур испаряются и плазменным потоком транспортируются на поверхность изделия. На поверхности изделия происходит конденсация паров напыляемого материала толщиной 2-3 мм за три периода напыления. Время одного периода не более 15 с. Для оценки повышения ресурса лап в результате их поверхностного упрочнения провели сравнительные полевые испытания серийных и экспериментальных стрельчатых лап в двух колхозах Павлодарской и Кокчетавской областей. Установлено, что линейный износ серийных лап характеризуется большой неравномерностью по длине лезвия, износ экспериментальных лап происходит равномерно. Экспериментальные лапы обладают большей износостойкостью (до 1,5 раза) и обеспечивают значительно лучшее самозатачивание, чем серийные. Износ носка лап как серийных, так и экспериментальных в 2—

3 раза превышает их износ по длине лезвия, однако износ экспериментальных пап несколько ниже серийных. Наибольшей износостойкостью среди экспериментальных лап обладают лапы каленые не наплавленные, упрочненные снизу. Полученные результаты показали перспективность предлагаемого способа поверхностного упрочнения материалов в высокочастотной плазме.

В результате наплавки намораживанием с последующей термической обработкой на поверхности рабочих органов почвообрабатывающих машин из стали 65Г образуется слой повышенной износостойкости, происходит изменение структуры и свойств основного металла из-за термического воздействия. Наплавка намораживанием ведется из расплава при температуре выше 1273°К, что приводит к образованию крупнозернистой структуры основного металла, снижению его эксплуатационных свойств. Проведенные сравнительные испытания рыхлительных оборотных лап (сталь 65Г) культиватора КШП-8 подтвердили целесообразность применения после их наплавки намораживанием закалки в полимерной закалочной среде и последующего среднего отпуска. Установлено, что ресурс деталей, упроченных наплавкой намораживанием с после дующей термической обработкой, в среднем в 1,4 раза выше ресурса деталей, упроченных наплавкой намораживанием без термической обработки. Применение закалки и последующего отпуска при упрочении деталей сельскохозяйственных машин наплавкой намораживанием не требует значительных капитальных затрат .

В результате исследований различных вариантов термомеханической обработки лемехов установлено, что после такой обработки материал характеризовался мартенситной структурой; различия в технологическом процессе обработки не привели к изменениям в твердости материала; при задержке свыше 40 сек. времени от момента окончания формирования лемеха до момента его охлаждения в воде, значительно снижалась ударная прочность материала. Термомеханическую обработку лемехов можно с успехом применять вместо термической обработки, существенного повышения ударной прочности можно достигнуть путем сохранения правильного ритма производственного процесса и соблюдения технологических требований .

Сравнительный анализ основных методов упрочнения с.-х. орудий, подвергающихся различным типам износа — трению, абразии, коррозии, воздействию высоких температур, усталостным напряжениям и др. показал, что электродуговая наплавка эффективна при упрочнении достаточно массивных деталей и сопровождается большими температурными напряжениями. Плазменная наплавка карбидосодержащих материалов может употребляться для упрочнения почвообрабатывающих орудий, когда требуется образование одного наплавленного слоя без изменения структуры основного металла. Метод напыливания твердого порошка в плазменной струе производится в присутствии боратов или силикатов, которые при температуре более 1000°С очищают поверхность металла от окислов. Другим способом упрочнения является внедрение твердых порошкообразных материалов в основной металл с помощью направленного взрыва, который сообщает частицам скорость в 2 раза превосходящую скорость звука. Этот метод не вызывает термических напряжений в металле. В качестве износостойкого материала для нанесения на поверхность рабочих органов применяют карбиды хрома, ванадия, вольфрама и титана.

При использовании для изготовления кованых или катаных плужных лемехов и других рабочих органов почвообрабатывающих орудий легированной стали, имеющей состав (по массе): 0,7-1,0% Mn; 0,7-2,2% Cr, 0,3-0,6% Mb; 0,5-2,2% Ni; не более 0,45% С, остальное-Fe с известными примесями, благодаря аустенитному нагреву и закалке в масле с последующим отпуском она приобретает предел прочности 1300-1700 Н/м2, а благодаря поверхностной закалке на глубину до 2 мм имеет твердость в поверхностном слое 55-60 единиц по Роквеллу. Орудия, изготовленные из такой стали и прошедшие соответствующую термообработку, обладают высокой износостойкостью при одновременной прочности на излом и скол и хорошо работают в абразивных почвах с каменистыми компонентами.

Азотирование является эффективным средством повышения твердости и износостойкости стальных поверхностей. Однако этот процесс продолжается в течение длительного — до 60 ч времени, что ограничивает область его применения. Разработаны способы ускорения этого процесса применением плазменного и высокочастотного нагрева деталей в газовой азотосодержащей среде. При азотировании в аммиаке при температуре менее 60°С атомы азота абсорбируются поверхностью металла и медленно диффундируют на небольшую глубину. При температуре 600-800°С процесс протекает ускоренно в течение 1-10 ч и сопровождается фазовыми превращениями железа. Твердость поверхностного слоя в 2-4 раза превышает твердость цементации. При сравнении прямой закалки и цементации с новым режимом азотирования деталь подвергалась предварительной закалке и высокому отпуску. В последнем случае износостойкость деталей повысилась в 2,5 раза.

Изучение профилей лезвий лемехов показывает, что при изнашивании на лезвии образуется «затылочная» фаска, которая наклонена к дну борозды под небольшим отрицательным углом (рис. 1), т. е. режущая кромка лезвия приподнята над дном борозды. Сама режущая кромка получается острой или закругленной (притупленной) в зависимости от типа и состояния почвы. Острая кромка и плоская, наклоненная под углом до 10°, затылочная фаска характерны при изнашивании лезвия на легких песчаных почвах. Получаются они за счет интенсивного износа нижней стороны лемеха. Обычно такой износ оценивают как своеобразное самозатачивание на песке . На связных глинистых почвах режущая кромка имеет значительно больший радиус закругления, фаска бочкообразная, наклоненная к дну борозды в среднем под углом 20—25°.

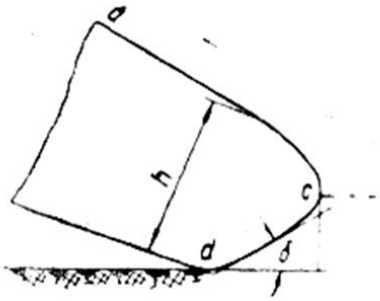


Рис. 1. Профиль лезвия изношенного лемеха

Вследствие клиновидной формы сечения лезвия, ширина его затылочной фаски по мере износа лемеха растет. Одновременно наблюдается медленный поворот этой фаски в сторону увеличения отрицательного угла наклона к дну борозды .

Появление затылочной фаски на лезвии лемеха вызывает дополнительные силы сопротивления почвы, которые нарушают равновесие хода плуга по глубине, стремясь как бы вытолкнуть его из борозды. Эти силы также увеличивают тяговое сопротивление плуга. Они тем больше, чем шире фаски и чем круче они повернуты ко дну борозды.

В отличие от многих режущих деталей, осуществляющих процесс разделения материала путем среза или скалывания сминающим клином, почворежущие детали работают главным образом своим лезвием, вдавливающимся в материал и создающим в нем предельные напряжения . Поэтому лезвия почворежущих деталей воспринимают большие нагрузки и быстро изнашиваются о почву.

Как установлено исследованиями, соприкасающиеся с почвой поверхности лемеха изнашиваются главным образом абразивными частичками — кварцевыми песчинками, которые царапают и пластически деформируют (выдавливают с последующим разрушением) металл . Чем больше кварца в почве, тем больше частиц проходит в единицу времени по поверхности лезвия. Чем тверже почва, тем с большей силой эти частички прижимаются к поверхности лезвия и глубже изнашивают ее.

Это физически очевидное представление о сущности явления выражается многократно проверенной опытным путем математической формулой:

$$\frac{d\tau}{dT} = Cp \qquad (1)$$

где τ — линейный износ по толщине, замеренный перпендикулярно к поверхности металла;

T — путь трения почвы (абразивной массы) по поверхности металла;

C — коэффициент изнашивания, зависящий от свойств почвы (количества, размеров и формы песчинок), износостойкости материала и условий изнашивания;

p — удельное давление почвы, действующее перпендикулярно к поверхности режущего органа.

Следовательно, скорость износа поверхности лемеха, вызванного прошедшей по ней почвенной массой, прямо пропорциональна давлению p, с которым эта масса прижимается к истираемой поверхности.

Наблюдая за изменением профиля лезвия лемеха или другой почворежущей детали по их отпечаткам, можно убедиться в том, что при изнашивании такой профиль постепенно стабилизируется, принимая форму, характерную для данной детали и условий ее работы (рис. 1.8). Эта закономерность имеет основное значение, и она подробно изучена.

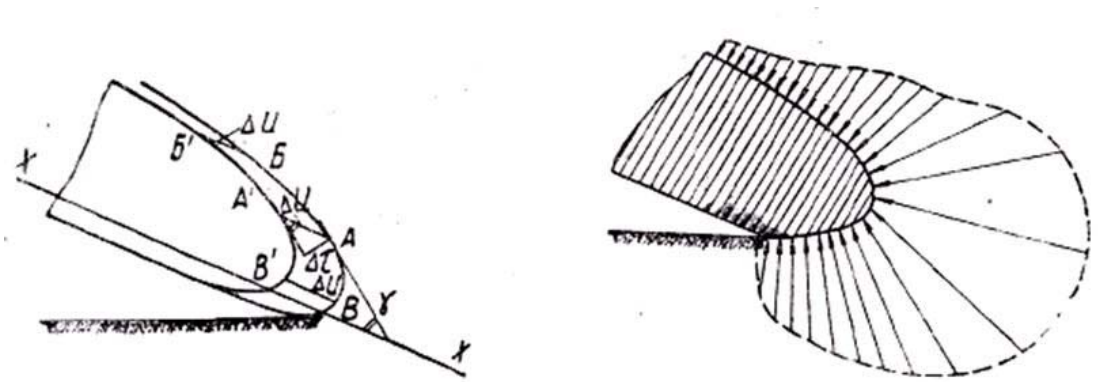
Стабилизация профиля лезвия и ее закономерности наблюдаются также в опытах по изнашиванию лап культиваторов, ножей фрез и других режущих деталей в полевых условиях и на образцах в лабораторных условиях.

Определив стабилизированный профиль лезвия и используя формулу закона износа (1), можно приближенно рассчитать и построить эпюру давления почвы на этот профиль .

При изнашивании стабилизированного лезвия его профиль не изменяется, все его точки сдвигаются в направлении износа лезвия по ширине, параллельно тыльной не изнашиваемой стороне на одинаковую величину Δи (рис. 2). При небольших износах смещение профиля Δи и износ по нормали к профилю At в любой его точке связаны по формуле:

$$\Delta\boldsymbol{\tau} = \Delta\boldsymbol{u}\,\mathbf{sin}\,\boldsymbol{\gamma}, \qquad (2)$$

где γ — угол между касательной к профилю в этой точке и на правлением его смещения.



а) б)

Рис. 2. Схема изнашивания (а) и эпюра давления почвы (б) на стабилизированное лезвие

Если, разделив правую и левую части этого равенства на ΔT, перейти к пределу при ΔT→0 воспользоваться законом износа (1), то удельное давление почвы

$$\boldsymbol{p} = \frac{\boldsymbol{v}}{\boldsymbol{c}}\mathbf{sin}\,\boldsymbol{\gamma}, \qquad (3)$$

где v = — скорость (темп) изнашивания по ширине, постоянная для всех участков профиля стабилизированного лезвия;

С — постоянный коэффициент изнашивания однородного лезвия.

Таким образом, давление почвы на профиль стабилизированного лезвия из однородного материала пропорционально sinγ.

Как видно из рисунка 2, давление черноземной почвы на стабилизированное лезвие лемеха особенно велико на режущей кромке и затылочной фаске лезвия. На лицевой же стороне давление значительно меньше и более равномерно по величине.

С помощью приведенных формул можно также подсчитать весовой износ лезвия. В первом приближении при q =0 и ho = 0

$$\boldsymbol{S}=\boldsymbol{QaCT}. \qquad (4)$$

Следовательно, износ лезвия по весу растет пропорционально выработке и не зависит от угла клина лезвия, т. е. от его толщины. Эта закономерность также хорошо подтверждается опытными данными. Она давно замечена исследователями и использовалась, в частности, для объяснения того факта, что заточенные под меньшим углом клина лезвия работают до предельного затупления дольше, чем заточенные под большим углом. Действительно, если наложить профиль сечения таких лезвий друг на друга (рис. 3), отметить на «толстом» лезвии предельную толщину hП и отложить равную площадь (пропорциональную объему — весу) на тонком лезвии, то можно заметить, что толщина этого лезвия h1 будет значительно меньше предельной толщины.

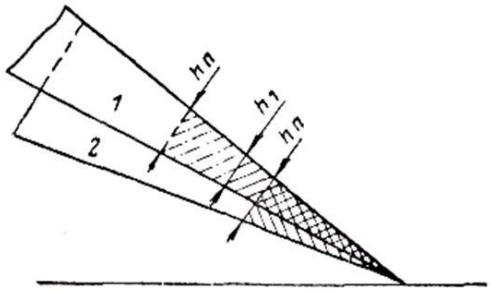


Рис. 3. Схема износа тонкого и толстого лезвий

Следовательно, тонкое лезвие, хотя и износилось больше по ширине, но может еще работать продолжительное время до достижения предельной толщины hП.

Литература.

1. Беликов И.А. Повышение долговечности рабочих органов плуга керамическими материалами текст.: дисс. канд. техн. наук /И.А.Беликов. М. 2002. - 162с.
2. Бахтин П.У. Твердость почв и износ текст.:// Тракторы и сельхозмашины, 1973, №2.-с.68-69.
3. Розенбаум А.Н. Исследование износостойкости сталей для режущих органов почвообрабатывающих орудий текст.:/ А.Н.Розенбаум// Исследование материалов деталей сельскохозяйственных машин. М.: ВИСХОМ, 1969.-с.35-45.
4. Крагельский И.В. Трение и износ текст.:/ И.В.Крагельский// М.: Машгиз, 1962.-526с.
5. Новожилов В.И. Исследование условий изнашивания лезвий почворежущих деталей и разработка методов ремонта ножей противоэрозийных культиваторов текст.:/ В.И. Новожилов//Автореферат диссертации к.т.н. Минск, 1982.-19с.

ВЛИЯНИЕ РЕЦИПРКНОГО СКРЕЩИВАНИЯ НА ОТКОРМОЧНЫЕ И МЯСНЫЕ КАЧЕСТВА СВИНЕЙ

Д.А. Барков, канд. с.-х. наук, А.А. Демидкин, студент гр. 10Б20
Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского Томского политехнического университета
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26
E-mail: barkoff82@tpu.ru

Как бы ни развивался современный мир, извечным остаётся продовольственный вопрос. Важную роль в обеспечении мясом и мясопродуктами играет свиноводство – отрасль животноводства, на долю которой приходится 35 – 45 % общего производства мяса в мире и 30 – 35 % в России. Свиноводство является одной из эффективных отраслей и обеспечивает наибольшую отдачу на единицу затраченных материально-технических ресурсов. Следовательно, развитие свиноводства является наиболее приемлемым, объективно обусловленным, экономически выгодным и перспективным направлением возрождения производства мяса в нашей стране [2, 6, 8, 9].

До последнего времени в качестве основной материнской формы в системах гибридизации использовались свиньи крупной белой породы, отличающиеся высокими репродуктивными, но недостаточными откормочными и особенно мясными показателями. Поэтому очень важно найти лучшие варианты скрещивания с использованием пород, которые могли бы сочетать в себе отличие репродуктивные, откормочные и мясные свойства с высоким качеством свинины у финальных гибридов. В силу сложившихся объективных обстоятельств отечественные породы мясного направления продуктивности, используются не так часто, в то же время генетический потенциал откормочной и мясной продуктивности свиней породы СМ-1, значительно выше, чем у остальных пород России, свиноматки характеризуются хорошими воспроизводительными качествами [1, 3, 4 5, 7].

Результаты контрольного откорма показали, что реципрокное скрещивание способствовало увеличению среднесуточного прироста в обеих опытных группах. Исследованиями установлено (табл. 1), что лучшей энергией роста от постановки на откорм до снятия в 100, обладали подсвинки III группы. В этой группе среднесуточный прирост был на 106 г или 13% (P<0,001) выше чем в первой контрольной и на 46 г или 5,6% (при P<0,05) выше, чем во второй контрольной группе.

Таблица 1

Откормочные и мясные качества синей при откорме до 100 кг, n=20

Группа	Среднесуточный прирост, г		Скороспелость, дн.		Толщина шпика над 6 – 7-ми грудными позвонками, мм		Масса задней трети полутуши, кг		Выход мяса, %	
	$\overline{X} \pm m_{\bar{x}}$	C_v	$\overline{X} \pm m_{\bar{x}}$	C_v	$\overline{X} \pm m_{\bar{x}}$	C_v	$\overline{X} \pm m_{\bar{x}}$	C_v	$\overline{X} \pm m_{\bar{x}}$	C_v
I	710±14,7$^{3)***}$	9,0	185±1,76$^{2)**}$	4,1	26,4±1,34	22,2	9,6±0,23	10,3	61,3±0,97	2,7
II	770±17,1$^{1)*}$	9,7	177±2,20$^{3)**}$	5,4	28,8±0,99	15,0	10,1±0,30	12,8	60,2±0,64	1,8
III	816±15,2$^{2)*}$	8,1	167±2,78$^{1)***}$	7,3	28,0±1,24	149,3	10,2±0,29	12,2	60,3±1,11	3,2
IV	786±18,3$^{1)**}$	10,1	172±1,77$^{1)***}$	4,5	27,3±1,14	18,1	11,2±0,52$^{1)**}$	20,1	60,8±1,18	3,3

*Примечание: здесь и далее *) – разница достоверна при P<0,05;*
***) – при P<0,01;*
****) – при P<0,001;*
1) в сравнении с I группой;
2) в сравнении со II группой;
3) в сравнении с III группой;
4) в сравнении с IV группой.

Высоко достоверная разница обнаружена между среднесуточным приростом у подопытных животных I и IV групп, в пользу вторых, она составила 76 г или 9,7% (P<0,01).

Разница среднесуточного прироста между контрольными группами составила 60 г или 7,8 % (P<0,05) в пользу чистопородных свиней СМ-1, это объясняется лучшими откормочными качествами данной породы.

Наилучшей скороспелостью характеризуются подсвинки из III опытной группы, которая составила 167 дней. В сравнении с чистопородными животными из I и II контрольной групп разница получена соответственно на 18 (P<0,001) и 10 (P<0,01) дней или на 9,7 и 5,6%.

Скороспелость у IV опытной группы получена выше на 13 дней (P<0,001)в сравнении с аналогами из I контрольной группы.

При убое подсвинков в 100 кг толщина шпика над 6 – 7-ми грудными позвонками получена в пределах 26,4 – 28,8 мм и в среднем составила 27,6 мм.

Помеси из IV опытной группы где в качестве материнской основы использованы свиноматки породы СМ-1 характеризуются наиболее развитой массой задней третьи полутуши, которая составила 11,2 кг, что в сравнении с чистопородными подсвинками КМ-1 выше на 1,6 (P<0,01).

Достоверных различий по выходу мяса с туши между группами не получено, в среднем он составил 60,7%.

При откорме подсвинков до повышенной массы тела 120 кг сохраняется закономерность большей энергии роста помесных поросят из III и IV опытных групп, которая была получена при откорме до 100 кг, разница по среднесуточному приросту с аналогами из I контрольной группы составила 101 г (P<0,001) и 87 г (P<0,05) соответственно (таблица 3).

Таблица 3

Откормочные и мясные качества синей при откорме до 120 кг, n=10

Группа	Среднесуточный прирост, г	Возраст достижения живой массы 120кг, дн.	Толщина шпика над 6 – 7-ми грудными позвонками, мм	Масса задней трети полутуши, кг	Выход мяса, %
	$\overline{X} \pm m_{\bar{x}}$	$\overline{X} \pm m_{\bar{x}}$	$\overline{X} \pm m_{\bar{x}}$	$\overline{X} \pm m_{\bar{x}}$	$\overline{X} \pm m_{\bar{x}}$
I	720±12,5	212±2,51$^{2)**}$	32,0±1,18	11,7±0,45	58,7±1,04
II	794±15,3$^{1)**}$	200±1,96$^{4)*3)*}$	34,7±0,88	12,2±0,38	58,1±0,70
III	821±18,1$^{1)***}$	191±3,31$^{1)***}$	34,3±1,52	12,8±0,64	58,7±0,86
IV	807±11,9$^{1)*}$	194±1,96$^{1)***}$	32,7±1,95	13,1±0,79	58,8±0,69

Следует также отметить, что чистопородные подсвинки породы СМ-1 отличались от аналогов заводского типа КМ-1 по среднесуточному приросту на 74 г (P<0,01).

Оценка мясных качеств животных при убое в 120 кг показала, что по толщине шпика, массе окорока и выходу мяса с туши чистопородные и помесные животные получены с оптимальным соотношением мясосальной продукции: в среднем толщина шпика над 6 – 7-ми грудными позвонками составила – 33,4 мм; масса окорока – 12,5 кг; выход мяса с туши – 58,6%.

Некоторые достоверные различия были выявлены при оценке линейных промеров туш. Длина туши при достижении животными живой массы 100 кг лучшей была у подсвинков из IV опытной группы, она составила 99,6 см, что больше на 2,8 см (P<0,05), чем в I и на 2,6 см (P<0,05), в сравнении со II контрольной группами. При откорме до 120 кг данный показатель оказался лучшим также у животных в IV группе и был равен 105,4 см, что на 4,8 см (P<0,05) выше длины туши подсвинков из первой контрольной группы.

Чистопородные животные КМ-1 и СМ-1 характеризуются высокими показателями откормочной и мясной продуктивности.

Реципрокное скрещивание формирует наибольшую энергию роста у помесей как при откорме до 100 кг, так и 120 кг и высокую скороспелость.

Использование хряков заводского типа КМ-1 оказывает влияние на формирование лучших мясных качеств у подсвинков. При откорме до живой массы 100 кг прослеживается тенденция меньшей толщины шпика, большей массы окорока и выхода мяса с туши. Данная закономерность имеет место и при откорме до повышенной весовой кондиции 120 кг.

Литература.

1. Гарт В. В. Иммуногенетические системы сывороточных белков крови свиней скороспелой мясной породы // Доклады российской академии сельскохозяйственных наук. – 2004 - №5. – с. 32 – 34.
2. Грикшас С.А., Петров Г.А., Фуников Г.А. Комплексная оценка продуктивности и качества мяса свиней отечественной и западной селекции // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. - 2009. № 3. С. 123-131.
3. Гришкова А. П. Кемеровский заводской тип мясных свиней – КМ-1 / А. П. Гришкова: Монография. – Кемерово: Кузбассвузиздат, 2001. – 88 с.
4. Гришкова А.П., Плешков В.А., Барков Д.А. Использование хряков заводского типа КМ-1 в вводном скрещивании с животными скороспелой мясной породы (СМ-1) кемеровской селекции // Вестник Новосибирского государственного аграрного университета. 2014. Т. 1. № 30. С. 52-56.
5. Гудилин И. И. Методы создания и совершенствования пород свиней в Сибири // Проблемы сельскохозяйственных животных. – Новосибирск: Наука. Сибирское предприятие РАМН, 1997. – с. 172 – 188.
6. Дардик В. Б., Лаврентьева О. В. Мясо в России скоро станет деликатесом // Мясная индустрия. – 2005. - №3. С. 23 – 24.
7. Клемин В. Эффективность скрещивания свиноматок породы ландрас с хряками других пород // Свиноводство. – 2006 - №6. – с. 2 – 3.
8. Турьянский А. Свиноводство – отрасль перспективная // Экономика сельского хозяйства России. – 2003. - №6. С. 7.
9. Шарнин В. Н. Проблемы развития свиноводства в России // Мясная индустрия. – 2007. - №7. С. 13 – 15.

УЛУЧШЕНИЕ ПРОДУКТИВНЫХ КАЧЕСТВ СВИНЕЙ СКОРОСПЕЛОЙ МЯСНОЙ ПОРОДЫ СМ-1

В. А. Плешков, ст. преподаватель
ФГБОУ ВПО "Кемеровский ГСХИ"
650056, Кемерово, ул. Марковцева, 5
E-mail: 6110699@mail.ru

Проблему снабжения населения продовольствием Правительства всех развитых стран рассматривают как стратегическую и стараются не ставить ее решение в зависимости от третьих стран. Свиноводство как высокодоходная и экономически выгодная отрасль играет огромную роль в решении этого вопроса [4, 5, 6].

К сожалению, на современном этапе развития рыночных отношений российский товаропроизводитель больше ориентирован на закупку селекционного материала в других странах. Но животные зарубежной селекции наряду с высокими откормочными и мясными качествами, имеют и определенные недостатки, они стресс чувствительны и требовательны к условиям кормления и содержания, и не всегда дают тот эффект, на который рассчитывают специалисты при покупке этих животных [1, 5].

В конце прошлого столетия в Сибири были созданы уникальные генотипы свиней, такие, как кемеровский заводской тип мясных свиней (КМ-1) и скороспелая мясная порода СМ-1 (кемеровской

селекции), которые характеризуются высокими откормочными и мясными качествами, стрессоустойчивостью и приспособленностью к местным условиям, при откорме до повышенных весовых кондиций дают высококачественную мясную свинину [2, 3].

В связи с выше изложенным актуальным является сохранение и дальнейшее совершенствование отечественных пород свиней.

Цель работы заключалась в обогащении генофонда, расширении генеалогической структуры популяции свиней породы СМ-1 (кемеровской селекции), и улучшение ее продуктивных качеств на основе вводного скрещивания с животными кемеровского заводского типа мясных свиней КМ-1.

Исследования проведены в период с 2005 по 2008 гг. в хозяйстве-оригинаторе ЗАО «Ваганово» Кемеровской области. Объектом исследования являлись чистопородные животные скороспелой мясной породы СМ-1 и помесные подсвинки с прилитием крови кемеровского заводского типа мясных свиней КМ-1 - (1/2СМ-1+1/2КМ-1; 3/4СМ-1+1/4КМ-1). Исследования проведены в соответствии со схемой опыта (таблица 1), группы были сформированы по принципу аналогов. Все свиньи находились в одинаковых условиях кормления и содержания, предусмотренных технологией предприятия.

При контрольном откорме от 30 до 100 кг живой массы 30 гол. молодняка из каждой группы (ОСТ 10 3-86) учитывали скороспелость, среднесуточный прирост и затраты корма на 1 кг прироста. Мясные качества определяли по результатам контрольного убоя 10 животных из каждой группы. Для определения выхода мяса, сала и костей проводили морфологическую разделку туш. Химический анализ мяса выполнен по общепринятым методикам зоотехнического анализа в химлаборатории Кемеровского НИИСХ.

Статистическую обработку результатов исследований проводили с использованием пакета прикладных программ Statistica 6.0 фирмы Start Soft, Excel версия 10 корпорации Microsoft.

Таблица 1

Схема опыта

Группа	Назначение	Породная принадлежность		Обозначение группы
		свиноматки	хряка	
I	контрольная	СМ-1	СМ-1	СМ-1
II	опытная	СМ-1	КМ-1	1/2СМ-1+1/2КМ-1
III	опытная	1/2СМ-1+1/2КМ-1	СМ-1	3/4СМ-1+1/4КМ-1

Результаты контрольного откорма (таблица 2) показали, что полукровные животные из второй опытной группы характеризуются большей энергией роста. За период откорма среднесуточный прирост в данной группе составил 822 г, что выше в сравнении с чистопородными аналогами и подсвинками из третьей опытной группы 129 г (P<0,001) и 50 г (P<0,01) соответственно. Помеси с долей кровности превосходили чистопородных аналогов из контрольной группы на 79 г (P<0,001).

Лучшая скороспелость получена у животных из второй опытной группы 172 дня, и в сравнении с аналогами из контрольной и третьей опытной групп разница получена соответственно на 17 и 8 дней (P<0,001). Скороспелость помесей из третьей опытной группы была выше в сравнении с контролем на 9 дней (P<0,001). Конверсия корма по всем группам практически равнозначна и в среднем составила 3,71 корм. ед./кг прироста живой массы.

Таблица 2

Откормочные и мясные качества исследуемых животных (X±sx)

Показатель	Группа		
	I	II	III
Откормочные качества			
Среднесуточный прирост, г	693±14,17	822±15,35***1**	772±14,9***
Скороспелость, дней	189±1,91	172±1,45***1***	180±1,59***
Затраты корма на 1 кг прироста, к. ед.	3,74±0,06	3,68±0,06	3,72±0,06
Мясные качества			
Толщина шпика над 6-7 грудными позвонками, мм	25,2±1,05	25,1±0,71	24,0±0,54
Длина туши, см	95,4±0,64	97,1±0,58	96,4±0,66
Масса окорока, кг	10,9±0,16	11,0±0,13	10,9±0,14
Выход мяса, %	59,7±0,46	59,6±0,52	60,8±0,61

Примечание: * Разница достоверна при P<0,05; ** при P<0,01; *** при P<0,001; 1** - разница между 2-ой и 3-ей группами достоверная при 1** при P<0,01; 1*** при P<0,001

Достоверных отличий по мясным качествам туш между контрольной и опытными группами не выявлено. В то же время отмечена несколько меньшая толщина шпика (на 1,21 мм) и больший на 1,12 % выход мяса в тушах животных III группы. На основании таких показателей, как длина туши, толщина шпика, масса окорока и выход мяса с туши у помесей III группы (соответственно 96,4 см, 24,0 мм, 10,87 кг, 60,78 %), можно констатировать, что животные этого генотипа соответствуют мясному направлению продуктивности.

По содержанию протеина и золы достоверных отличий между группами также не установлено. Большая на 1,05 % (P<0,01), в сравнении с контролем, концентрация влаги отмечена в мясе животных III группы – 76,04 %. Внутримышечного жира было больше в I группе – 2,52 %, но различия между группами не существенны. Химический состав и температура плавления сала животных разных групп также достоверно не отличались. В среднем по группам температура плавления составила 41,5 ^{o}C, доля влаги – 7,02 %, жира – 91,12 %, обезжиренного остатка – 1,86 %.

Выводы: Прилитие крови животных кемеровского заводского типа мясных свиней (КМ-1) свиньям сибирского типа скороспелой мясной породы (СМ-1) оказало положительное влияние на откормочные качества. Отмечена тенденция улучшения мясных качеств у помесей проектного генотипа (3/4СМ-1×1/4КМ-1), в сравнении с чистопородными животными.

Для расширения генеалогии породы, снижения гомозиготности и улучшения продуктивных качеств можно рекомендовать использование животных заводского типа КМ-1 в селекционном процессе с животными скороспелой мясной породы СМ-1.

Литература.

1. Акимов С., Перетятько Л., Фесенко О. Отечественные свиньи мясных пород в системах гибридизации /С. Акимов, Л. Перетятько, О Фесенко// Животноводство России. – 2008. – №4. – С. 47.
2. Барков Д.А. Продуктивные и биологические свойства чистопородных свиней заводского типа КМ-1 и породы СМ-1 и их помесей при реципрокном скрещивании // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2012. № 2. С. 154-157.
3. Гришкова А.П. Продуктивные свойства и характерные особенности мясных пород свиней Сибири // Тенденции и факторы развития агропромышленного комплекса Сибири: доклады научно-практической конференции. – Кемерово: КемГСХИ, 2006. – С. 181-185.
4. Данкверт С. и др. Свиноводство сегодня и завтра / С. Данкверт, И. Дунин, В. Гарай, Е. Суслина // Животноводство России. – 2003. - №10. – с.2-5.
5. Комлацкий Г. Использование лучших мировых генетических ресурсов для усовершенствования отечественных пород свиней // Свиноферма. – 2008. – №8. – С. 24-26.
6. Мысик А.Т. Животноводство стран мира на рубеже веков / А.Т. Мысик // Зоотехния. – 2004. - №1. – с. 2-8.

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ЭКОПРОДУКТОВ НА КАЧЕСТВО ЯИЦ

*Н.Н. Ланцева, А.Н. Швыдков, А.Л. Верещагин**, Л.А. Рябуха, Н.В. Бычин**, К.С. Барабошкин **, А.Е. Мартыщенко, В.П. Чебаков**
ФГБОУ ВПО «НГАУ»,
630039, г. Новосибирск, ул. Добролюбова, 160, е-
** «ИП Чебаков», г. Бердск*
***БТИ АлтГТ, 659305, Алтайский край, г. Бийск, ул. Трофимова, д. 27.*
E-mail: a-shvidkov@mail.ru

Вопросы качества продукции птицеводства становятся все более актуальными в связи с высокой конкуренцией в ВТО, предъявляющей высокие требования для отечественной продукции. Технология содержания птицы, включающая применение различных профилактических и лечебных препаратов, несомненно, влияет на экономические показатели предприятия, сохраняя поголовье от бактериальных, вирусных и паразитарных инфекций. Но, нарушая физиологические процессы, происходящие в организме, такая технология способна повлиять на безопасность продуктов питания, снижая их качество и сроки хранения. Предъявляемые сегодня требования к качеству яиц, не затрагивают степени абсорбционных и адсорбционных свойств или пористости яичной скорлупы.

Между тем, учет и контроль этого параметра, могли бы значительно повысить уровень экологической безопасности птицеводства. Возможность влияния на факторы, определяющие эти свойства, могли бы улучшить кроме этого и экономические показатели, за счет снижения количества боя и

увеличения сроков хранения товарных яиц, а так же за счет улучшение качества инкубационных яиц, влияющего на процент вывода цыплят и их смертность в ранний постэмбриональный период.

Согласно нашим исследованиям, в скорлупе при снесении яиц, консервируется часть микрофлоры яйцевода и клоаки, для последующей передачи и заселения нормофлоры кишечника цыпленка, при его выводе из яйца [8]. Чем выше пористость скорлупы, тем больше эта скорлупа может адсорбировать вещества, в том числе патогенные микроорганизмы, находящиеся технологическом оборудовании на производстве (гнезда, инкубаторий). Товарное яйцо, проходит все те же пути яйцеобразования, что и инкубационное, консервируя в толще скорлупы микрофлору несушки и производственного оборудования (лента яйцесбора, склад, транспортировка). Изменение температуры и влажности, вызывают естественные процессы адсорбции и абсорбции, характерные для материалов соответствующей структуры, воздействуя иногда на качество содержимого яиц. Возможно обезвоживание, приводящее к изменению качества как инкубационного, так и товарного яйца. В процессе хранения подобных веществ адсорбентов происходит поглощение ими, или выделение компонентов воздуха или влаги, являющейся еще и транспортом для патогенной флоры. Величина удельной поверхности, является одной из самых важных сорбционных характеристик адсорбентов. По нашему мнению исследование этого параметра применительно к скорлупе яиц кур-несушек, является актуальным. Наиболее удобным и эффективным методом определения удельной поверхности пористых тел является метод Браунауэра-Эммета-Тэйлера, названного по первым буквам авторов Методом БЭТ [1,7,2].

Цель исследований: определить степень влияния технологии производства на химический состав, показатели качества яичной скорлупы, значение величины удельной поверхности яйца.

Для исследования качества яичной скорлупы были выбраны образцы товарного яйца от групп кур, содержащихся по разным технологиям. Первая контрольная группа кур-несушек, содержалась в клетках, получала рацион, рекомендуемый поставщиком кросса. Антибиотики, кокцидиостатики, применялись согласно схемам, рекомендуемым поставщиком кросса. Вторая опытная группа содержалась в аналогичных условиях, но получала рацион в соответствии с технологией производства функциональных экопродуктов птицеводства, разработанной и внедренной в ООО «Птицефабрика Бердская» [3,10,11].

Отличительной особенностью данной технологии является применение кормовых добавок природного происхождения, пробиотиков, пребиотиков, природных минеральных комплексов, взамен традиционным антибактериальным, противопаразитарным средствам и ферментам.

На первом этапе исследований были изучены образцы проб скорлупы яиц, полученных от кур-несушек обеих групп, с целью определения химического состава материала скорлупы.

На втором этапе исследований при помощи сканирующего электронного микроскопа марки JSM-840 JEOL (Japan) были исследованы внутренняя и внешняя поверхность скорлупы образцов яиц обеих групп и края сколов.

На третьем этапе, с помощью метода БЭТ, определялась удельная поверхность вещества скорлупы. Метод основан на исследовании процесса адсорбции газообразного азота поверхностью скорлупы, являющейся обычным адсорбентом, при определенной температуре кипения. Удельная поверхность образцов скорлупы рассчитывалась по изотермам абсорбции азота, измеренной на автоматической сорбционной установке «ASAP- 2000» при 77,5^{o} К. Согласно методике, образцы подвергались тренировке при температуре 393 К. Расчет величины удельной поверхности S, проводился по формуле 1.

$$S = S_{эт} \bullet \frac{\Delta P_{обр} - \Delta P_{пуст}}{\Delta P_{эт} - \Delta P_{пуст}} \bullet \frac{m_{эт}}{m_{обр}}, \qquad (1)$$

где

$m_{эт}$ – масса эталона,

$m_{обр}$ – масса исследуемого образца,

$\Delta P_{эт} - \Delta P_{пуст}$, $S_{эт}$ - величины, полученные при калибровке прибора;

$\Delta P_{обр}$ – разность давлений над исследуемым образцом при комнатной температуре и при температуре жидкого азота 78 К.

Все три этапа лабораторных исследований проводились в Бийском технологическом институте филиале Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова».

Анализ химического состава скорлупы по 11 параметрам показал практически одинаковый результат (таблица 1) по обеим группам яиц.

Таблица 1

Химический состав яичной скорлупы, %

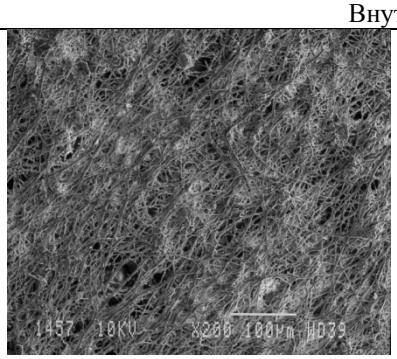
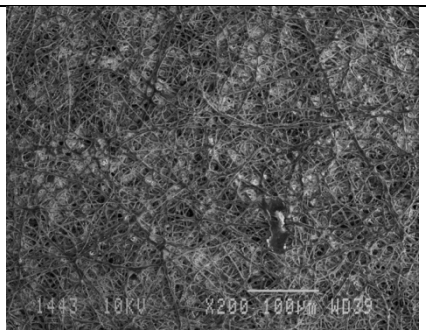
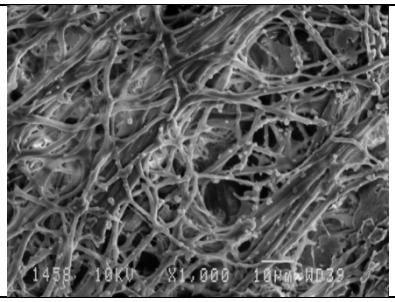
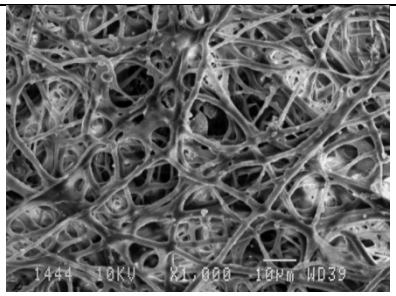
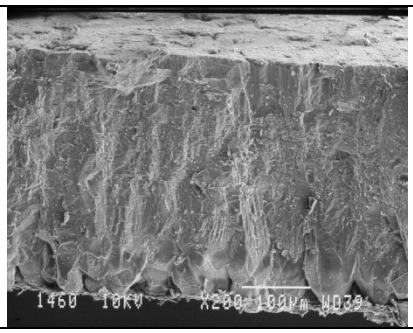
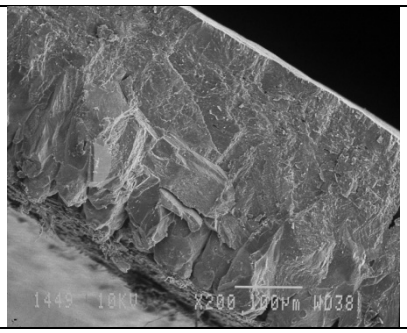
Образцы	Элемент										
	Ca	Mg	Al	B	Ba	Cu	Fe	K	Na	P	Zn
1-контрольный	37,1	0,32	0,1	$9*10^{-4}$	$20*10^{-4}$	$4*10^{-4}$	0,01	0,14	0,05	0,1	$1,3*10^{-4}$
2-опытный	38,1	0,31	0,1	$15*10^{-4}$	$17*10^{-4}$	$3*10^{-4}$	0,01	0,12	0,04	0,1	$4*10^{-4}$

Проведенный анализ химического состава яиц подтвердил исследования, проведенные ранее группой наших ученых, о положительном влиянии внедренной на ООО «Птицефабрика Бердская» технологии производства функциональных экопродуктов птицеводства и высокого содержания эссенциальных микро- и макроэлементов в мясе, печени цыплят-бройлеров и куриных яиц [9,6,4,5].

Изучение качества скорлупы при помощи электронного микроскопа (таблица 2) показало целый ряд видимых отличий в структуре материала яичной скорлупы двух образцов. Структура опытного образца имеет более равномерное распределение волокон, приводящее к равномерному распределению микропор.

Таблица 2

Результаты исследований при помощи сканирующего электронного микроскопа

1 группа – контрольная	2 группа – опытная
Внутренняя поверхность	
	
	
Поверхность скола	
	

В контрольном образце, наоборот, нитевидное вещество материала имеет неравномерное распределение, вследствие чего образуются большие пространства, не охваченные волокнами. Эти пространства образуют полые участки, которые составляют поры. При одинаковой толщине скорлупы, и не больших отличиях в химическом составе, величина суммарной удельной поверхности скорлупы образцов оказалась совершенно разной.

Края скола контрольного образца имеют по всей поверхности, явно выраженные, поперечные следы разлома. Край скола выглядит рыхлым. В опытном образце скол ровный, без характерных следов откола ответной части. Край выглядит твердым.

В таблице 3 приведены расчетные данные величины удельной поверхности яичной скорлупы, в сравнения показатели удельной поверхности некоторых адсорбентов [1].

Таблица 3

Величина удельной поверхности яичной скорлупы и адсорбентов S, $м^2$\г

Температура дегидратации Т,°С	Удельная поверхность S,$м^2$\г					
	контрольный образец яичной скорлупы	опытный образец яичной скорлупы	активированный углеродно-волокнистый материал (АУВМ)	активированный уголь (СКТ-3)	синтетические цеолиты	
					CaA	NaA
120	0,36	0,24	1530	880	17	8

Судя по полученным результатам, величина удельной поверхности контрольного образца яичной скорлупы имеет большее значение, чем у опытного образца. Разница составляет 50%. Следовательно, адсорбционные свойства скорлупы контрольного образца намного выше, чем опытного. Для материалов адсорбентов, судя по таблице, высокий показатель удельной поверхности может являться решающим при выборе соответствующего адсорбента. В нашем случае, зависимость между качеством скорлупы и величиной удельной поверхности, является обратно пропорциональной. То есть, чем выше удельная поверхность, тем ниже качество, так как с увеличением удельной поверхности яичной скорлупы повышается пористость, способность удерживать, впитывать, или отдавать воздух, влагу и другие вещества.

Проведенные исследования показали, что с помощью метода БЭТ, определения удельной поверхности применяемой к адсорбентам, можно оценивать качество яичной скорлупы, являющейся естественным адсорбентом. В нашем случае удельная поверхность скорлупы опытного образца яйца заметно отличалась от контрольного, что говорит о позитивном влиянии технологии производства функциональных экопродуктов на адсорбционные свойства качества скорлупы. Данный метод логично использовать в птицеводстве для решения вопросов повышения качества инкубационного яйца, а так же увеличения сроков хранения инкубационного и товарного яйца. Для определения критериев оценки качества инкубационного и товарного яйца по величине удельной поверхности, требуется провести комплексные исследования, увязав действующие критерии качества с величиной удельной поверхности.

Литература.

1. Грег, С. Адсорбция, удельная поверхность, пористость / С. Грег, К. Синг. – М.: Мир. – Пер. с англ. 2-е изд. – 1984. – С. 180-182.
2. Григорова, Т.К. Влияние температуры регенерации адсорбентов на значение величины удельной поверхности, определяемой методом БЭТ / Т.К. Григорова, В.Г. Колобродов // Вопросы атомной науки и техники. Серия: Вакуум, чистые материалы, сверхпроводники (18). – 2009. – №6. – С. 154-157.
3. Кобцева, Л.А. Эффективность использования высококремнистых природных минералов в рационах цыплят-бройлеров / Л.А. Кобцева, Н.Н. Ланцева, А.Н. Швыдков // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – №10, ч. 2. – С. 43-47.
4. Ланцева, Н.Н. Экспериментальное обоснование механизма действия высококремнистых минеральных комплексов – кудюритов в птицеводстве / Н.Н. Ланцева, К.Я. Мотовилов, А.Н. Швыдков // Монография. – Новосиб. гос. аграр. ун-т. – Новосибирск: Изд-во НГАУ. – 2013. – С. 70-149.
5. Ланцева, Н.Н. Экспериментальное обоснование системы использования природных минералов – кудюритов в кормлении сельскохозяйственной птицы: автореф. дис. … д-ра с.х. наук: 06.02.08 / Ланцева Надежда Николаевна – Барнаул. – 2009. – 41 с.

6. Мотовилов, К.Я. Технология производства функциональных экопродуктов птицеводства / К.Я. Мотовилов, О.К. Мотовилов, А.Н. Швыдков [и др.] // Методические рекомендации. ГНУ СибНИИП. Новосибирск. – 2012. – С. 18-24.
7. Половнева, С.И. Оптимизация параметров измерительного устройства удельной поверхности сорбентов и катализаторов / С.В. Саливон, А.С. Мальчихин, А.Н. Погодаева, А.А. Носенко // Южно-Сибирский научный вестник. – 2014. – №2. – С. 38-40.
8. Швыдков, А.Н. Актуальность биологического подхода к кормам для сельскохозяйственных животных / А.Н. Швыдков, Н.Н. Ланцева // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. – 2011. – №6. – С. 3-8.
9. Швыдков, А.Н. Влияние кормовых добавок на качество и экологическую безопасность птицеводческой продукции / А.Н. Швыдков, Л.А. Кобцева, Н.Н. Ланцева // Сб. тр. V Междунар. науч.-практ. конф. «Инновационные технологии и экономика в машиностроении» (Юрга, 22-23 мая 2014 г.) – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – Т. 2. – С. 333-338.
10. Швыдков, А.Н. Использование пробиотиков в бройлерном производстве / А.Н. Швыдков, Л.А. Кобцева, Р.Ю. Килин, Т.В. Усова, Н.Н. Ланцева // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. – 2013. – №2. – С. 40-47.
11. Швыдков, А.Н. Эффективность использования пробиотиков в бройлерном птицеводстве / А.Н. Швыдков, Р.Ю. Килин, Т.В. Усова, Л.А. Кобцева, Н.Н. Ланцева // Главный зоотехник. – 2013. – №5. – С. 22-29.

ВЛИЯНИЕ КОРМОВЫХ ДОБАВОК НА ОБМЕН ВЕЩЕСТВ ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ

А.Н. Швыдков, канд.с.-х., доцент, Л.А. Рябуха, аспирант,
Н.Н. Ланцева, д-р с.-х. наук, профессор, А.Е. Мартыщенко, аспирант,
М.Д. Шаронина, студентка БТФ ФГБОУ ВПО «НГАУ»
ФГБОУ ВПО «Новосибирский государственный аграрный университет»,
630039, г. Новосибирск, ул. Добролюбова, 160
E-mail: rector@nsau.edu.ru

Актуальность темы. Увеличение производства кормов и повышение эффективности их использования - одно из главных условий увеличения продукции птицеводства. В решении этих вопросов значительное место принадлежит определению переваримости питательных веществ отдельных компонентов комбикормов. Это обуславливается тем, что отдельные корма могут иметь очень близкий химический состав, но значительно отличаться по переваримости питательных веществ. В результате происходят существенные изменения питательности, биологического воздействия на организм птицы [1,2,3,4,5,6,7,8].

Определение переваримости питательных веществ кормов приобретает особо важное значение при внедрении в производство новых кормовых средств, дает возможность расширить наши познания в области оценки питательности кормов [9,10].

Цель исследования: Определить влияние кормовых добавок на переваримость и усвояемость питательных веществ комбикорма при введении в рацион цыплятам-бройлерам МКД и кудюрита.

Материал и методы исследования:

Исследования проводились в ООО «Птицефабрика Бердская». В качестве объекта исследований использовался кудюрит Клитенского месторождения, молочно-кислая кормовая добавка и цыплята бройлеры кросса ISA F-15.

Для определения переваримости и усвоения питательных веществ комбикорма проводился балансовый опыт, в котором использовался основной рацион и рационы с изучаемыми кормовыми добавками в различных дозах. Для опыта подобрали однородную по возрасту, живой массе (средней по группе), полу птицу по 5 голов в каждой группе.

Химический анализ кормов и продуктов обмена проводился в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Сибирском научно-исследовательском и технологическом институте переработки сельскохозяйственной продукции» (ФГБНУ СибНИТИП).

Птицу помещали в клетки с сетчатым полом, под которым устанавливали поддон для сбора помета. Кормушки находились с наружной стороны клетки.

Опыт состоял из подготовительного и учетного периодов. Длительность подготовительного периода – 5 дней, цель его – исключить влияние предшествующего кормления, приучить птицу к

новым условиям кормления. В этот период учитывали количество заданных комбикормов, но помет количественно не учитывали. В заключение перед учетным периодом птицу не кормили 6 часов. Выделенный за этот период помет снимали и удаляли.

Учетный период длился 3 дня, проводился тщательный учет потребления кормов, выделенного птицей помета. Перед началом опытного периода птицу взвешивали, кормушки освобождались от остатков корма. Распорядок кормления был таким же, как в производственных условиях. В кормушки в сутки по мере поедания насыпали по 100-200 г. На протяжении дня помет счищали лопаткой-скребком в эксикаторы, которые закрывали крышками. Учитывая, что птица ежедневно теряет перья, пух, перьевые чешуйки, перед съемом помета их удаляли. Перья и пух, покрытые пометом, счищали совместно с пометом в эксикатор. В конце дня помет количественно переносили на эмалированные кюветы и взвешивали. Данные записывали в журнал учета первичных данных. После окончания учетного периода, когда птица потребила весь заданный комбикорм, через 6 часов отбирали и учитывали последний раз выделенный помет.

Для подготовки кормов и помета к анализу в начале учетного периода отбирают на анализ комбикорм основного рациона контрольной группы и опытный комбикорм, изучаемых кормовых добавок.

Применяемые методы анализа являются общепринятыми методами зоотехнического анализа. Гигроскопическую влагу определяли высушиванием до постоянной массы при 100-105°С. Золу определяли методом сухого озоления в муфельной печи при температуре 500-600° С. Кальций после сухого озоления определяли объемным методом. Фосфор определяли после сухого озоления колориметрическим методом. Сырую клетчатку определяли методом Ганнеберга-Штомана в модификации С. А. Водолажченко. После высушивания фильтр совместно с клетчаткой и нерастворимыми веществами сжигали в муфельной печи, одновременно сжигали в тиглях также несколько фильтров. Массу нерастворимого остатка отнимали от общей массы сырой клетчатки. Общий азот корма, помета определяли методом Кьелъдаля, протеина - путем умножения содержания азота на коэффициент 6,25.

При определении коэффициентов переваримости протеина изучаемых комбикормов и компонентов помет отмывали от мочевой кислоты. Для этого использовали метод, предложенный М. И. Дьяковым.

Результаты исследований и обсуждение. На основании полученных данных по количеству потребляемых и выделенных с пометом питательных веществ были определены коэффициенты переваримости протеина, жира клетчатки и безазотистых экстрактивных веществ (БЭВ) рациона цыплят-бройлеров, таблица 1.

Таблица 1 – Переваримость питательных веществ при вскармливании различных кормовых добавок, %

Показатель	1-я (контрольная)	2-я группа (кудюрит, 4%)	3-я группа (кудюрит, 5%)	4-я группа (кудюрит, 6%)	5-я группа (МКД-L 0,1 мл/гол/сут)	6-я группа (МКД-L 0,25 мл/гол/сут)	7-я группа (МКД-L 0,7 мл/гол/сут)	8-я группа (МКД-В 0,1 мл/гол/сут)	9-я группа (МКД-В 0,25 мл/гол/сут)	10-я группа (МКД-В 0,7 мл/гол/сут)
Сухое вещество	82,1	83,2	85,2	84,9	84	85,2	84,1	84,9	85,5	84,9
Сырой протеин	73,1	77,1	77,9	75,5	76,2	77,8	77,9	77,5	78,1	75,5
Сырой жир	70,8	74	74,9	64,3	73,6	75,2	72,9	73	75,1	73,2
Сырая клетчатка	14,1	15,5	26,1	15,1	15,1	26,5	17,4	15,9	27	18,5
БЭВ	82,5	85,1	88,3	87,6	85	88,7	87,7	85,9	88	87,1

Результаты опыта показали, что добавление кормовых добавок в рационы птицы способствовало улучшению переваримости питательных веществ корма. Переваримость органического вещества у птицы экспериментальной группы с минеральной добавкой была выше, чем в контроле на 1,5 – 3,04%, с молочно-кислой кормовой добавкой МКД-В на 1,85-3,12%, МКД-L на 2,83-3,34%.

Коэффициент переваримости протеина был наибольшим в 3-ей группе, где основной рацион замещали 5% кудюрита. А также в группах с МКД-В и МКД-L, наилучшими результаты были в группах с дозировкой 0,25 мл на голову в сутки, что составило на 5,0% – МКД-В и 4,7% – МКД-L больше, чем в контрольной группе.

В группах 2-й и 3-й с минеральной добавкой коэффициент переваримости жира превышал показатель контрольной группы на 3,21% и 4,09%, а в 4-й группе переваримость жира была ниже контроля на 6,55%. В группах 6-й и 9-й с добавлением молочно-кислой кормовой добавки в дозировке 0,25 мл на голову в сутки переваримость жира по сравнению с контрольной группой была на 4,4% больше.

Уровень переваримости клетчатки у цыплят-бройлеров опытных групп с добавлением минеральной добавки превышал контрольный показатель на 0,99-12,01%. А контрольный показатель опытных групп с добавление МКД-В превышал на 1,76-12,93% и МКД-L на 1,04-12,43%.

Переваримость БЭВ в опытных группах с минеральной добавкой превышала показатель в контрольной группе на 2,63 - 5,82%, с МКД-В на 3,42-5,47% и МКД-L 2,5-6,25% ($p<0,05$-0,001).

Из данных балансового опыта следует, что в организме птицы опытных групп по отношению к контролю отложилось большее количество азота: в третьей группе на 0,51 г ($P<0,05$), в шестой на 0,44 г, в девятой на 0,47 г. При этом процент использования азота был выше также в третьей группе на 3,34%, в шестой на 3,06%, в девятой на 3,09%.

Кальция по отношению к контролю в организме птицы опытных групп получавших кормовые добавки в дозировке 5% кудюрита (третья группа), 0,25 мл на голову в сутки МКД-L (шестая группа) и 0,25 мл на голову в сутки МКД-В (9-я группа), как и азота откладывалось больше: в 3-й – на 0,07 г, в 6-й – 0,05 г, в 9-й – на 0,05 г.

Процент использования фосфора был также выше в 3-й группе на 14,34% ($P<0,05$), в 6-й на 14,65% и на 14,95% в 9-й группе.

Таким образом, у подопытных птиц баланс минеральных веществ был положительным, при этом наилучшие показатели отмечены у птицы 3-й, 6-й и 9-й групп, получавших с основным рационом кормовые добавки в дозировке 5% кудюрита и МКД-L и МКД-В по 0,25 мл на голову в сутки.

Результаты наших исследований по использованию питательных веществ корма при добавлении в рацион высококремнистых минеральных соединений и пробиотической добавки согласуются с данными других ученых, таких, как Н.Н. Ланцева, К.Я. Мотовилов (2009); С.А. Водолажченко, А.Р. Мацерушка (1988); А.М. Караджян, Л.Г. Чиркинян (1985;1986); Г.Д. Хошабов (1988); M.D. Olver (1983); Ю.В. Матросова, В.Ш. Магокян (2013); М. Гальванови, А. Хабиров (2013); В.А. Ишимов, Л.Ю. Овчинникова (2013); В.Ю. Матросова (2013); А.Н. Швыдков, Р.Ю. Килин (2013); В.И. Фисинин, Т.М. Околелова, И.А. Егоров (2013) и др.

Таким образом, использование кормовых добавок (высококремнистых минеральных и пробиотических) в рационах цыплят-бройлеров оказало положительное влияние на переваримость и усвояемость питательных веществ комбикорма в дозировках 5% от основного рациона – кудюрит и 0,25 мл на голову в сутки МКД. Все это обеспечено благодаря раннему формированию у цыплят кишечной микрофлоры, следовательно, повышению продуктивности и сохранности поголовья.

Литература.

1. Ланцева, Н.Н. Управление качеством и безопасностью пищевой продукции птицеводства / Н.Н. Ланцева, А.Е. Мартышенко, Л.А. Кобцева [и др.]: метод. рекомендации. – Новосиб. гос. аграр. ун-т. Биолого.-технолог. фак.; разраб. ФГБОУ ВПО НГАУ, биолого-технолог. фак., ФАНО ГНУ СибНИИП, ФГБОУ ВПО КемТИИП, ООО «Птицефабрика Бердская». – Новосибирск: ИЦ «Золотой колосс», 2014. – 59 с.
2. Швыдков, А.Н. Эффективность использования пробиотиков в бройлерном птицеводстве / А.Н. Швыдков, Р.Ю. Килин, Т.В. Усова, Л.А. Кобцева, Н.Н. Ланцева // Главный зоотехник. – 2013. – №5. – С. 22-29.
3. Кобцева, Л.А. Эффективность использования высококремнистых природных минералов в рационах цыплят-бройлеров / Л.А. Кобцева, Н.Н. Ланцева, А.Н. Швыдков // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – №10, ч. 2. – С. 43-47.

4. Ланцева, Н.Н. Эффективность использования кудюрита камышловского месторождения в птицеводстве / Н.Н. Ланцева, Л.А. Кобцева, А.Н. Швыдков // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 11-9. – С. 1975-1980.
5. Кобцева, Л.А. Действие монокультур пробиотика молочно-кислой кормовой добавки на синтез интерферона α-2 человека в кишечнике лабораторных мышей / Л.А. Кобцева, А.Н. Швыдков, Н.Н. Ланцева // Сб. Интеграция науки и бизнеса в агропромышленном комплексе Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию Курганской ГСХА. – 2014. – С. 84-87.
6. Швыдков, А.Н. Исследование ферментативных свойств кормовых добавок / А.Н. Швыдков, А.Е. Мартыщенко, Н.Н. Ланцева [и др.] // Успехи современного естествознания. – 2014. – №11 ч. 2. – С. 49-53.
7. Швыдков, А.Н. Использование пробиотиков в бройлерном производстве / А.Н. Швыдков, Р.Ю. Килин, Т.В. Усова [и др.] // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. – 2013. – №2. – С. 40-47.
8. Швыдков, А.Н. Влияние кормовых добавок на качество и экологическую безопасность птицеводческой продукции / А.Н. Швыдков, Л.А. Кобцева, Н.Н. Ланцева // Сб. тр. Инновационные технологии и экономика в машиностроении. Национальный исследовательский Томский политехнический университет. Томск. – 2014. – С. 333-338.
9. Мальцева, Н.А. Перспективный компонент кормосмесей при выращивании цыплят-бройлеров / Н.А. Мальцева, Е.Л. Амиранашвили [и др.] // Новые подхода к решению актуатьных ветеринарно-санитарных и зоотехнических проблем в птицеводстве на современном этапе: мат. Междунар. науч.-практич. конф. - СПб.: Астерион. – 2011. – С. 197-202.
10. Матросова, Ю.В. Влияние глауконита и пробиотика на показатели крови цыплят-бройлеров/Матросова Ю.В., Магокян В.Ш. // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. – 2013. – С. 50-53.

АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ АВТОРОВ

Pasquet Alona 301
Абабков Н.В. 47
Абрамова М.А. 45, 52
Агеева М.В. 40
Аксенов В.В. 430, 448
Аксенова Ю.В. 271
Аксютин В.А. 337
Алексеенко Л.Н. 357
Архипова Д.А. 178
Баглаева М.С. 385
Балашов А.В. 69
Барабошкин К.С. 493
Баракаев Н.Р. 453
Барков Д.А. 489
Баталова А.Ю. 341
Бахадиров Г.А. 453
Бахадиров К.Г. 73
Бегляков В.Ю. 436
Белицкая М.Д. 13
Березовский А.Н. 105
Битюков В.В. 415
Блащук М.Ю. 448
Бориев З.В. 205
Борисов А.Ю. 417, 424
Борозна В.Ю. 94
Боянгин Е.Н. 134
Бубин М.Н. 210
Булкин В.В. 343, 346
Булыгин Ю.И. 357
Бурова О.А. 252
Буялич Г.Д. 158, 441
Бычин Н.В. 493
Важдаев А.Н. 219
Валентов А.В. 183, 185
Валуев Д.В. 76, 80
Верещагин А.Л. 493
Власов В.А. 94
Волокитин О.Г. 13
Воробьев А.В. 417, 424
Выдмыш П.А. 40
Газенаур Е.Г. 146
Галевский Г.В. 16, 86, 100, 167, 170
Галеева А.А. 141
Гарина Е.А. 415
Гербель Д.П. 387
Глазков Ю.Ф. 430
Гнедаш Е.В. 291
Голиков Н.И. 63
Григорьева А.А. 214
Гриценко В.В. 36
Гришагин В.М. 351
Громов К.В. 322
Грубый С.В. 197
Губайдулина Р.Х. 141
Гурова Е.Г. 481
Данилов С.Н. 444
Демидкин А.А. 489
Димитрова О.И. 226
Добрычева И.В. 298
Дюпина А.С. 320
Епифанцева О.А. 372
Еремеев А.В. 484
Есаулов В.Н. 295
Ефимова К.А. 86, 167
Жидецкая А.С. 69
Жиленков А.А. 322
Захарова А.А. 214, 257, 274, 279, 284
Заяц И.А. 391
Зернин Е.А. 60
Игишева А.Л. 151
Изоткина Н.Ю. 325
Казанцев А.А. 430, 439
Калиниченко М.В. 343
Капустин А.Н. 434
Карнышев В.И. 266
Карцев Д.С. 60
Качаева С.Г. 238
Квеглис Л.И. 120
Кириллов И.Н. 346
Клименов В.А. 94
Клопотов А.А. 94
Козырев Н.А. 16, 30, 100
Козырева О.А. 30
Коноводов В.В. 183, 185
Коперчук А.В. 436, 439
Корниенко Л.А. 108
Корончик Д.А. 357
Корсун Д.Е. 45, 52
Корчагин М.А. 90
Корчуганова М.А. 457, 460
Косовец А.В. 234
Костюченко Е.Ю. 266
Крашенинин В.И. 146
Криницын М.Г. 90
Крюков А.В. 36
Крюков Р.Е. 16, 30
Кузнецов М.А. 60
Кузьмина Л.В. 146
Куркина Л.В. 393
Кучумова И.Д. 175
Лагунов С.Е. 105
Лазарева А.Н. 274
Лазаревский П.П. 110
Ланцева Н.Н. 493, 497
Лапшин В.В. 197
Лесин Ю.В. 398
Лешуков Т.В. 398
Лисачев А.Н. 224
Лисачева Е.И. 219
Литвиненко В.В. 151
Литовкин С.В. 361
Луговцова Н.Ю. 369
Лю Гуансюнь 134
Ляхова Е.А. 236
Макаров С.В. 481
Малушин Н.Н. 76, 80
Мальчик А.Г. 361
Маметьев Л.Е. 417, 424
Мамунц Д.Г. 330
Мартемьянов Д.В. 341
Мартемьянова И.В. 341, 364, 369
Мартыщенко А.Е. 493, 497
Марчук И.В. 301
Маслов А.В. 229
Медведева О.В. 303
Мицель А.А. 262
Моисеенко М.О. 188
Молнин С.А. 284
Молнина Е.В. 284
Момот М.В. 309
Нгуен Суан Тьук 108
Нейман В.Ю. 469
Нейман Л.А. 463
Нестерук Д.Н. 234, 301
Никулин А.Н. 372
Ноздрин И.В. 170
Носов Д.Г. 23
Нохрина О.И. 114, 161
Нырков А.П. 205
Обанин С.В. 444
Овчаренко В.Е. 130, 134
Олейникова Т.С. 291
Орлова К.Н. 401
Орлова Ю.А. 120
Осетковский В.Л. 76
Осипов О.Ю. 192
Осипов Ю.М. 192, 325
Осколкова Т.Н. 125, 128
Ососова Н.А. 366
Останин В.В. 274, 279
Павлов Н.В. 36
Панин С.В. 108
Перемитько В.В. 23
Пестов С.П. 139
Петров Е.В. 238
Петрушин С.И. 141
Петькова Ю.Р. 401
Писарев П.В. 473
Платонов А.А. 63
Плешков В.А. 491
Поболь О.Н. 380
Полицинская Е.В. 313, 315
Попов О.Н. 188
Попова О.А. 288
Потапов И.С. 69
Прибытков Г.А. 90
Размышляев А.Д. 40
Разумников С.В. 242
Ретюнский О.Ю. 183
Родзевич А.П. 146
Рожихина И.Д. 114, 161
Романенко Ю.Е. 110
Рудакова С.И. 393
Руднева В.В. 86, 100, 167
Рябуха Л.А. 493, 497
Сакенова Р.Е. 120
Сапрыкин А.А. 178
Сапрыкина Н.А. 178
Сараев Ю.Н. 63
Сергеев А.А. 481
Сидоров В.П. 45, 52
Скотников А.А. 337
Смирнов А.Н. 47
Соболева Э.Г. 151
Соколов С.С. 205, 330
Солоненко О.П. 130
Статников И.Н. 247
Степанов А.П. 55
Сушко А.В. 317
Сушко Н.А. 313, 315
Сырбаков А.П. 457, 460
Тараканов О.В. 105
Тащиян Г.О. 252
Телипенко Е.В. 257
Теслев С.А. 155
Теслева Е.П. 155
Титов Д.А. 16
Торосян Е.С. 377
Трепутнева Т.А. 188
Трифонов В.А. 192, 320, 325
Увакин С.В. 158
Умрихина В.Ю. 441
Ушаков А.Г. 385
Федорова С.А. 391
Федоровцев Д.И. 473
Филонов А.В. 377
Филонов А.В. 57
Фирсов Г.И. 247, 380
Фисоченко О.Н. 236
Фрянова К.О. 387, 404, 407
Ходосов И.Е. 161
Хорешок А.А. 417, 424
Хуан А.П. 478
Цеплит А.П. 214
Чебаков В.П. 493
Чернухин Р.В. 448
Черный С.Г. 322
Чернышева Т.Ю. 219, 291
Черняева Н.В. 262
Чесноков А.Е. 130
Шабанов А.С. 469
Шавва М.А. 197
Шаронина М.Д. 497
Швыдков А.Н. 493, 497
Шеховцов В.В. 13
Ширяева Л.С. 170
Шокарев А.В. 266
Шурупов В.М. 16
Юдин С.Н. 139
Ярмонов С.В. 40

Научное издание

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ЭКОНОМИКА В МАШИНОСТРОЕНИИ

Сборник трудов
VI 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 15.05.2015 Формат 60x84/8. Бумага «Снегурочка»
Печать XEROX. Усл. печ. л.58,39. Уч.-изд. л. 52,81 .
Заказ 350-15. Тираж 200 экз.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет
Система менеджмента качества
Издательства Томского политехнического университета
сертифицирована в соответствии с требованиями ISO 9001:2008

ИЗДАТЕЛЬСТВО ТПУ. 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
Тел./факс: 8(3822)56-35-35, www.tpu.ru