

**МИНИСТЕРСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ПО ДЕЛАМ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ,  
ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ И ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ  
СТИХИЙНЫХ БЕДСТВИЙ**

ФГБОУ ВО ИВАНОВСКАЯ ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ



**VI Всероссийская научно-практическая конференция**

**НАДЕЖНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ  
МАШИН И МЕХАНИЗМОВ**

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ**

**16 апреля 2015 года**

**Иваново 2015**

Надежность и долговечность машин и механизмов: сборник материалов / под ред. В. В. Киселева, С. А. Никитиной. – Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2015. – 270 с.

В сборнике материалов VI Всероссийской научно-практической конференции опубликованы результаты научных исследований ученых, аспирантов, адъюнктов, аспирантов, курсантов и студентов образовательных и научных учреждений различных регионов России по направлениям: повышение надежности и долговечности машин и механизмов, смазочные материалы и процессы, трибология процессов механической обработки, использование инновационных образовательных технологий в учебном процессе.

Материалы сборника предназначены для широкого круга научных и инженерно-технических работников, адъюнктов, курсантов и студентов, занимающихся вопросами повышения надежности и долговечности машин и механизмов, техники и технологии трибологических исследований. Могут быть использованы для совершенствования практической, научной и педагогической деятельности.



# Ивановская пожарно - спасательная академия ГПС МЧС России

*ИПТУ МВД СССР (1966-1999)*

*ИФА ГПС МВД РОССИИ (1999-2004)*

*ИВИ ГПС МЧС РОССИИ (2004-2014)*

*ИПСА ГПС МЧС РОССИИ (2015)*



1966-2016

50 лет



VI Всероссийская  
научно-практическая конференция  
«Надежность и долговечность  
машин и механизмов»

VI Всероссийская научно-практическая конференция  
«Надежность и долговечность машин и механизмов»  
посвящается 50-летию со Дня образования учебного заведения  
(1966–2016 гг.)

## Оглавление

### РАЗДЕЛ 1 НАДЕЖНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

<u>Алешина А.П., Брик Е.Р., Фатахетдинов А.М., Огурцов В.А.</u> МОДЕЛИРОВАНИЕ КИНЕТИКИ ВИБРОГРОХОЧЕНИЯ В СЛОЕ ПЕРЕМЕННОЙ ВЫСОТЫ.....	10
<u>Блинов О.В., Годлевский В.А., Кичайкин В.В., Миньковский Д.А.</u> ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ РАБОЧЕГО КОЛЕСА ЦЕНТРОБЕЖНОГО ПОЖАРНОГО НАСОСА ПН-40 .....	12
<u>Вахмин С.Ю.</u> ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ МЕТАЛЛИЧЕСКОГО СТЕКЛА ЖЕЛЕЗА .....	16
<u>Волкова М.Ю.</u> ПОВЫШЕНИЕ СРОКА СЛУЖБЫ ПРОМЫШЛЕННЫХ ИЗДЕЛИЙ.....	17
<u>Гомонай М.В., Дегтярев И.С.</u> ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТАЯНИЯ СНЕГА ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ВЫХЛОПНЫХ ГАЗОВ АВТОМОБИЛЯ .....	19
<u>Гомонай М.В., Карамышева Е.А.</u> ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ УГЛА СКОЛЬЖЕНИЯ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ ПО ДНУ КУЗОВА АВТОСАМОСВАЛА В ЗИМНЕЕ ВРЕМЯ.....	21
<u>Гусев Л.А., Казанцев С.Г., Топоров А.В.</u> ПОВЫШЕНИЕ СТОЙКОСТИ БЫСТРОРАЗЪЕМНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПОЖАРНЫХ РУКАВОВ К УДАРНЫМ НАГРУЗКАМ.....	25
<u>Гутовский А.В., Гомонай М.В.</u> АНАЛИЗ СПОСОБОВ И ОБОРУДОВАНИЯ, ПРИМЕНЯЕМОГО ПРИ ЛОКАЛИЗАЦИИ НЕФТЕРАЗЛИВОВ НА ПРОТОЧНЫХ ВОДОЁМАХ В УСЛОВИЯХ ЛЕДОСТАВА .....	26
<u>Долгих И.Ю., Королёв А.Н.</u> ПОВЫШЕНИЕ НАДЁЖНОСТИ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПРИ ИНДУКЦИОННОЙ СВАРКЕ .....	28
<u>Жуков Л.В.</u> ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ НАГРЕВАТЕЛЬНОГО ЭЛЕМЕНТА УСТРОЙСТВА ДЛЯ ОБЛЕГЧЕННОГО ПУСКА ДВИГАТЕЛЯ ВОЕННОЙ И СПЕЦИАЛЬНОЙ ТЕХНИКИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ В ОСОБЫХ УСЛОВИЯХ.....	32
<u>Зарубина Е.В., Полякова А.М., Комельков В.А., Наумов А.Г., Шмелева Т.В.</u> РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ И КОНТРОЛЯ НАДЕЖНОСТИ ТРУБОПРОВОДОВ .....	36
<u>Зиангиров З.Г., Назаров Г.Е., Маршалов М.С.</u> ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМЫ ПИТАНИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ ПОЖАРНОЙ И АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ.....	39
<u>Калинин И.А., Полетаев В.А.</u> ОБРАБОТКА ДЕТАЛЕЙ ПОЖАРНОЙ ТЕХНИКИ АЛМАЗНЫМ ВЫГЛАЖИВАНИЕМ .....	43
<u>Козловский А.Э., Колобов М.Ю.</u> ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ОБЛИЦОВОЧНЫХ ПЛАСТИН ПРЕСС-ФОРМ .....	47
<u>Колобов А.Б., Огурцов Ф.Б.</u> ВИБРОДИАГНОСТИКА – СРЕДСТВО ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ РОТОРНЫХ МАШИН .....	49
<u>Колобов А.Б., Огурцов Ф.Б.</u> ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ ИМПУЛЬСОВ ВИБРАЦИИ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ .....	52
<u>Колобов М.Ю., Сахаров С.Е., Козловский А.Э., Бойцова В.В., Демидова Г.Д.</u> ПОВЫШЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ ЦЕНТРОБЕЖНО-УДАРНОГО ДЕЙСТВИЯ .....	57
<u>Копосов В.Н.</u> ПРИМЕНЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ НАДЕЖНОСТИ НА ЭТАПЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ГПС .....	58
<u>Коровкин А.А., Ведерникова И.И.</u> ИССЛЕДОВАНИЕ КОРРОЗИОННОЙ СТОЙКОСТИ УПРОЧНЕННОЙ ПОВЕРХНОСТИ .....	62

<u>Королева Л.А., Ложкин В.Н. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА КАК ОДНО ИЗ НАПРАВЛЕНИЙ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ ПОЖАРНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ</u> .....	64
<u>Левин Р.Ю., Таратанов Н.А. НАДЕЖНОСТЬ ПОДЗЕМНЫХ РЕЗЕРВУАРОВ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ ТОПЛИВА НА АВТОЗАПРАВОЧНОЙ СТАНЦИИ</u> .....	67
<u>Лукиенко Л.В. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗУБЧАТО-РЕЕЧНЫХ ДВИЖИТЕЛЕЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН С ЗАДАННЫМИ ПОКАЗАТЕЛЯМИ КАЧЕСТВА</u> .....	69
<u>Малышкин А.Н., Топоров А.В., Киселев В.В., Орлов О.И. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПОЖАРНЫХ МИКРОАВТОМОБИЛЕЙ</u> .....	73
<u>Марченко М.А., Печурин А.А. ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПОДЪЕМНИКОВ ПРИ ТЕХНИЧЕСКОМ ОБСЛУЖИВАНИИ И РЕМОНТЕ ПОЖАРНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ</u> .....	75
<u>Мионов М.В., Колобов М.Ю. ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ</u> .....	77
<u>Натареев С.В., Быков А.А., Захаров Д.Е., Натареев О.С. ИОНООБМЕННАЯ АДСОРБЦИЯ В АППАРАТЕ С НЕПОДВИЖНЫМ КОЛЬЦЕВЫМ СЛОЕМ ИОНИТА</u> .....	78
<u>Никифорова Е.Н., Тюрин П.Е. АНАЛИЗ РАБОТЫ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ С ПОМОЩЬЮ СИСТЕМЫ КОМПЬЮТЕРНОЙ ГРАФИКИ SIMULATION SUITE (AUTO DESK)</u> .....	82
<u>Новиков В.В., Березина Е.В., Бурченков К.С., Мионов С.В., Лисицын Р.Ю. ИССЛЕДОВАНИЕ СМАЗОЧНОГО ДЕЙСТВИЯ МАШИННЫХ МАСЕЛ В УСЛОВИЯХ ВЫСОКИХ КОНТАКТНЫХ ДАВЛЕНИЙ</u> ...	83
<u>Ноздрин М.А., Зарубин З.В., Михайлова Л.С. РАСЧЁТ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАГРУЗКИ ПО ШАРИКАМ В ПОДШИПНИКЕ</u> .....	87
<u>Ноздрин М.А., Шапин В.И., Мясникова Е.О. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕФОРМАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЛАСТИНЫ НА УПРУГОМ ОСНОВАНИИ</u> .....	88
<u>Покровский А.А., Покровская Е.П., Зарубин В.П., Коновалов А.С. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ АКТИВАТОРОВ ДЛЯ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРОЦЕССА КОНВЕКТИВНОЙ СУШКИ</u> .....	90
<u>Полетаев В.А., Пучков П.В. МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДЕТАЛЕЙ ЭЛЕКТРОНАСОСОВ, УПРОЧНЕННЫХ НАНЕСЕНИЕМ МЕТАЛЛИЗАЦИОННОГО ПОКРЫТИЯ</u> .....	92
<u>Полетаев В.А., Никоноров А.В. ВЛИЯНИЕ УПРОЧНЯЮЩЕЙ ОБРАБОТКИ НА КОРРОЗИОННУЮ СТОЙКОСТЬ ДЕТАЛЕЙ ЭЛЕКТРОНАСОСОВ</u> .....	96
<u>Полетаев В.А., Пучков П.В. МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДЕТАЛЕЙ ЭЛЕКТРОНАСОСОВ, УПРОЧНЕННЫХ НАНЕСЕНИЕМ ГАЛЬВАНОПОКРЫТИЯ</u> .....	99
<u>Пучков П.В., Киселёв В.В., Иванов В.Е. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ ПОСЛЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР</u> .....	101
<u>Сараев А.Г., Паньшев А.Л., Бубнов И.В., Курочкин В.Ю., Ведяскин Ю.А. ПОДХОД К РАЦИОНАЛЬНОМУ ВЫБОРУ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ОСНАЩЕНИЯ НИЖЕГОРОДСКОГО ГАРНИЗОНА ПОЖАРНОЙ ОХРАНЫ</u> .....	106
<u>Семенов А.Д., Костяев А.А., Балмасов А.В. ВЛИЯНИЕ ПРОЦЕССОВ КОРРОЗИИ ПРИ ХРАНЕНИИ ПЕНООБРАЗОВАТЕЛЯ В ЕМКОСТЯХ ИЗ СТАЛИ МАРКИ СТ3 НА ПЕНООБРАЗУЮЩУЮ СПОСОБНОСТЬ</u> .....	109
<u>Сиялов Н.В., Словесный С.А., Н.А. Фоменко ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ИЗОЛЯЦИИ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН ПО ХАРАКТЕРИСТИКАМ ЧАСТИЧНЫХ РАЗРЯДОВ</u> .....	114
<u>Топоров А.В., Киселев В.В., Смирнов М.В., Смирнов В.В. АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ ИСТОЧНИК ЭНЕРГИИ ДЛЯ ПРИВОДА ГИДРАВЛИЧЕСКОГО АВАРИЙНО - СПАСАТЕЛЬНОГО ИНСТРУМЕНТА</u> .....	117

<u>Терентьев В.В., Аколова О.Б., Телегин И.А. ПОВЫШЕНИЕ РЕСУРСА ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ УНДЕЦИЛАТА МЕДИ</u> .....	118
<u>Топоров А.В., Пучков П.В., Киселёв В.В. К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ НАДЁЖНОСТИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ</u> .....	121
<u>Чекан Г.В. ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ МОДИФИЦИРОВАННОГО ТОПОЛОГИЧЕСКОГО МЕТОДА ДЛЯ РАСЧЕТОВ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ</u> .....	122
<u>Чернов Л.К., Полетаев В.А. СХЕМЫ РАСПОЛОЖЕНИЯ МАГНИТОВ В МАГНИТНО-АБРАЗИВНОМ УСТРОЙСТВЕ</u> .....	125
<u>Широухов А.В. АНАЛИЗ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК В ЭЛЕМЕНТАХ БАЗОВЫХ ШАССИ ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ</u> .....	128
<u>Широухов А.В. ПРОБЛЕМЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ СИНТЕЗА ВИБРОЗАЩИТНЫХ СИСТЕМ ЭЛЕМЕНТОВ БАЗОВЫХ ШАССИ ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ</u> .....	130

## **РАЗДЕЛ 2 СМАЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ПРОЦЕССЫ**

<u>Берёзина Е.В., Минейчев П.В., Фомичев Д.С. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРИСАДОК ХОЛЕСТЕРИЧЕСКИХ ЖИДКИХ КРИСТАЛЛОВ С УГЛЕРОДНЫМИ НАНОТРУБКАМИ НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ</u> .....	132
<u>Березина Е.В., Годлевский В.А., Железнов А.Г., Ивонтьев К.Д. БАЗОВЫЕ ОБОСНОВАНИЯ ДЛЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ НАДМОЛЕКУЛЯРНОЙ СТРУКТУРЫ СМАЗОЧНЫХ СЛОЕВ ПРИ ТРЕНИИ</u> .....	135
<u>Березина Е.В., Блинов О.В., Годлевский В.А., Стулов С.А. ОСНОВНЫЕ ОГРАНИЧЕНИЯ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ МОЛЕКУЛЯРНОЙ ДИНАМИКИ ПРИ ОПИСАНИИ СМАЗОЧНЫМ СЛОЕВ</u> .....	138
<u>Власов А.М., Полетаев В.А. ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ИЗМЕНЕНИЕ МОМЕНТОВ ТРЕНИЯ В МАГНИТОЖИДКОСТНЫХ УСТРОЙСТВАХ</u> .....	140
<u>Власов А.М., Полетаев В.А., Пахолкова Т.А. ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ ПОВЕРХНОСТЕЙ ТРЕНИЯ РАБОЧЕГО ЗАЗОРА МАГНИТОЖИДКОСТНОГО ГЕРМЕТИЗАТОРА</u> .....	143
<u>Годлевский В.А., Шилов М.А., Миронов С.В. ПРИМЕНЕНИЕ МЕЗОГЕНОВ В КАЧЕСТВЕ НЕРАСТВОРИМЫХ ПОРОШКОВЫХ ТРИБОАКТИВНЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ К ПЛАСТИЧНЫМ СМАЗКАМ</u> .....	147
<u>Даровской Г.В., Елманов И.М., Поляков В.Н. НОВАЯ МЕТОДИКА МОДЕЛИРОВАНИЯ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО РЕЖИМА ТРЕНИЯ ПО СХЕМЕ «САМОУСТАНАВЛИВАЮЩАЯСЯ КОЛОДКА – РОЛИК»</u> .....	149
<u>Дементьева Н.А., Дорохов А.А., Егоров С.А., Коробов Д.В., Кудряшов А.С. ИССЛЕДОВАНИЕ СМАЗОЧНО-ОХЛАЖДАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СРЕДСТВ В ПАРОВОЙ ФАЗЕ</u> .....	152
<u>Зарубин В.П., Никитина С.А., Легкова И.А., Иванов В.Е. О ВОЗМОЖНОСТИ ПРОДЛЕНИЯ СРОКА СЛУЖБЫ ПАР ТРЕНИЯ ЗА СЧЕТ ПРИРАБОТКИ</u> .....	155
<u>Киселев Б.Р. ИСТОРИЯ ПРОИЗВОДСТВА МИНЕРАЛЬНЫХ МАСЕЛ В РОССИИ</u> .....	157
<u>Киселев Б.Р. СОВРЕМЕННЫЙ РЫНОК СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ РОССИИ</u> .....	159
<u>Киселев Б.Р. ПРОИЗВОДСТВО МАСЕЛ В ЕВРОПЕ</u> .....	164
<u>Киселев Б.Р. ПРОИЗВОДИТЕЛЬ МАСЕЛ США И ЯПОНИЯ</u> .....	169
<u>Киселев Б.Р., Замятина Н.И., Аллахвердиев Р.Э., Мельников А.А., Смирнов Д.В. ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СМАЗОЧНОЙ КОМПОЗИЦИИ ПУТЕМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ОБРАБОТКИ</u> .....	171

<u>Киселев В.В., Зарубин В.П., Топоров А.В., Пучков П.В., Калинин И.А.</u> КОМБИНИРОВАННАЯ СМАЗОЧНАЯ КОМПОЗИЦИЯ ДЛЯ УЗЛОВ ТРЕНИЯ АВТОТРАНСПОРТНОЙ ТЕХНИКИ.....	174
<u>Киселев В.В., Топоров А.В., Пучков П.В.</u> ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ МЕТАЛЛОПЛАКИРУЮЩИХ ПРИСАДОК В МАСЛЕ.....	177
<u>Киселев В.В., Топоров А.В., Пучков П.В., Коновалов А.С.</u> К ВОПРОСУ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ И ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗРАБОТКИ И ВНЕДРЕНИЯ НОВЫХ СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ .....	182
<u>Колбашов М.А., Лисицын Р.Ю., Сырбу С.А., Новиков В.В., Сырбу А.А.</u> ИССЛЕДОВАНИЕ ТРИБОТЕХНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МАШИННЫХ МАСЕЛ С ПРИСАДКАМИ ЖИДКИХ КРИСТАЛЛОВ.....	184
<u>Марков В.В., Лапочкин А.И.</u> ВЫСОКОЭФФЕКТИВНАЯ СМАЗОЧНАЯ КОМПОЗИЦИЯ «ИЗУМРУДНАЯ» .....	188
<u>Марков В.В.</u> СТЕКЛОВИДНЫЕ И СТЕКЛООБРАЗУЮЩИЕ КОМПОНЕНТЫ СМАЗОЧНО-ОХЛАЖДАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СРЕДСТВ.....	190
<u>Марусин А.П., Полетаев В.А.</u> ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ ТРЕНИЯ МАГНИТОЖИДКОСТНЫХ ГЕРМЕТИЗАТОРОВ .....	192
<u>Мугаев К.М., Колобов М.Ю.</u> РАЗРАБОТКА СМАЗОЧНЫХ КОМПОЗИЦИЙ ДЛЯ АВТОМОБИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ.....	194
<u>Орлова А.Н., Степанова Т.Ю., Шикова Т.Г.</u> ВЛИЯНИЕ ЗАМАСЛИВАТЕЛЕЙ НА ФРИКЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ХИМИЧЕСКИХ НИТЕЙ .....	196
<u>Пахотин Н.Е., Осадчий Ю.П., Пахотина И.Н.</u> НАДЕЖНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ОЧИСТКИ ОТРАБОТАННЫХ МОТОРНЫХ МАСЕЛ УЛЬТРАФИЛЬТРАЦИЕЙ .....	198
<u>Терентьев В.В., Наумова И.К., Галкин И.М., Субботкина И.Н.</u> ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВВЕДЕНИЯ ПЛАЗМООБРАБОТАННОГО ГРАФИТА НА ПРОТИВОИЗНОСНЫЕ СВОЙСТВА СЕРИЙНЫХ ТРАНСМИССИОННЫХ МАСЕЛ.....	200
<u>Топорова Е.А., Топоров А.В.</u> ПРИМЕНЕНИЕ МЕТАЛЛОПЛАКИРУЮЩИХ СМАЗОК ПРИ ТРЕНИИ ПОЛИМЕРОВ.....	201
<u>Шпенькова Е.В., Полетаев В.А.</u> ПРИМЕНЕНИЕ ТЕРМОРАСШИРЕННОГО ГРАФИТА В ПОЖАРНОЙ ТЕХНИКЕ.....	203

### **РАЗДЕЛ 3 ТРИБОЛОГИЯ ПРОЦЕССОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ**

<u>Егорычева Е.В.</u> СДВИГОВАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ И УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ МИКРОТРЕЩИН В КОНТАКТНОЙ ЗОНЕ ИНСТРУМЕНТА В ПРОЦЕССЕ РЕЗАНИЯ.....	207
<u>Орлов А.С., Полетаев В.А.</u> УПРОЧНЕНИЕ РЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ ИМПУЛЬСНОЙ МАГНИТНОЙ ОБРАБОТКОЙ.....	209
<u>Репин Д.С., Бокарев И.О.</u> ИЗУЧЕНИЕ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ ПРИ ОБРАБОТКЕ МЕТАЛЛОВ РЕЗАНИЕМ .....	212

### **РАЗДЕЛ 4 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ**

<u>Акулов А.Е., Иванов В.Е., Смирнов В.А.</u> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТРЕХМЕРНОЙ ГРАФИКИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ДИПЛОМНЫХ РАБОТ ПО ПОЖАРНОЙ ТАКТИКЕ.....	216
--	-----

<u>Беседина С.В., Паринов А.В.</u> РОЛЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ ВУЗА .....	218
<u>Легкова И.А., Данилов К.А.</u> О ВОЗМОЖНОСТЯХ КОМПЬЮТЕРНОЙ ГРАФИКИ .....	220
<u>Егорычева Е.В., Вьюнов Д.А.</u> ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ ОБУЧЕНИЯ ГРАФИЧЕСКИМ ДИСЦИПЛИНАМ .....	222
<u>Егорычева Е.В., Бубнов К.Н.</u> ПРИМЕНЕНИЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПО НАЧЕРТАТЕЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ.....	225
<u>Иванов В.Е., Никитина С.А., Куликова Л.К., Фокина Н.А., Фаустов О.С.</u> ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ .....	226
<u>Копосов В.Н.</u> СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ УМЕНИЯМ И НАВЫКАМ РАБОТЫ С САД-СИСТЕМАМИ.....	228
<u>Королева М.П.</u> О НЕКОТОРЫХ АСПЕКТАХ ПРЕПОДАВАНИЯ КУРСА «ДИСКРЕТНАЯ МАТЕМАТИКА И МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ЛОГИКА».....	231
<u>Королева М.П.</u> ОЦЕНКА ОСТАТОЧНЫХ ЗНАНИЙ ШКОЛЬНОГО КУРСА МАТЕМАТИКИ У СТУДЕНТОВ ПЕРВОГО КУРСА.....	234
<u>Кузнецова Н.Н.</u> ОСОБЕННОСТИ ПОДГОТОВКИ УЧЕБНОГО КУРСА ДЛЯ СИСТЕМ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ.....	236
<u>Легкова И.А., Никитина С.А., Зарубин В.П., Иванов В.Е.</u> СИСТЕМА AUTOCAD КАК СРЕДСТВО ВИЗУАЛИЗАЦИИ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА .....	239
<u>Милосердов Е.П., Сидоров А.А.</u> МЕТОДИКИ РАСЧЕТА И МОДЕЛИРОВАНИЯ ЕСТЕСТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ ПОМЕЩЕНИЙ ДЛЯ КУРСОВОГО И ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ .....	241
<u>Модина Г.В.</u> ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ВТОРОГО ИНОСТРАННОГО ЯЗЫКА (НЕМЕЦКОГО) .....	244
<u>Мочалова Т.А.</u> ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕРАКТИВНЫХ ФОРМ ОБУЧЕНИЯ НА ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЯХ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАЗВИТИЯ И ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ» .....	247
<u>Никитина С.А., Легкова И.А., Иванов В.Е., Зарубин В.П.</u> РОЛЬ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПРИ ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ ПОЖАРНОЙ ОХРАНЫ .....	248
<u>Никифорова Е.Н., Тюрин П.Е.</u> РАБОТА С ФОТОГРАФИЯМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СРЕДЫ «LIGHT WORKS» В СИСТЕМЕ ARCHI CAD 9.....	250
<u>Осколкова И.А., Модина Г.В.</u> ПРИРОДА ОШИБОК И МЕТОДЫ ИХ ИСПРАВЛЕНИЯ ПРИ ИЗУЧЕНИИ АНГЛИЙСКОГО ЯЗЫКА.....	251
<u>Осколкова И.А.</u> О СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДАХ ПРЕПОДАВАНИЯ АНГЛИЙСКОГО ЯЗЫКА В НЕЯЗЫКОВОМ ВУЗЕ.....	254
<u>Пятницкий Д.В.</u> РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА ОЦЕНКИ КВАЛИФИКАЦИОННЫХ РАБОТ .....	258
<u>Сидоров А.А.</u> МОДУЛЬНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ В ПРЕПОДАВАНИИ ИНЖЕНЕРНОЙ ГРАФИКИ .....	261
<u>Торопова М.В.</u> ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ ОСНОВАМ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ.....	263
<u>Третьякова Н.В.</u> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНАМ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ .....	265
<u>Уфимцева А.М.</u> О НЕКОТОРЫХ АСПЕКТАХ АКТИВИЗАЦИИ ТВОРЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОБУЧАЕМЫХ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ДОМАШНИХ ЗАДАНИЙ .....	272



## ВВЕДЕНИЕ

Ивановская пожарно-спасательная академия Государственной противопожарной службы МЧС России 15 сентября 2016 года отмечает 50-летие со дня образования. В историческом понимании 50 лет небольшой период времени, однако за этот период удалось сделать многое – подготовлены тысячи высококвалифицированных специалистов пожарной охраны. Одной из важнейших составляющих в подготовке специалистов пожарной охраны является научная и научно-исследовательская работа. В ивановской пожарно-спасательной академии науке выделено особое место: активно развиваются научные школы по приоритетным направлениям деятельности МЧС России, повышается качество и конкурентоспособность научно-технических разработок, активно ведётся инновационная деятельность. Для поддержки и развития научной работы в академии проводятся различные научные мероприятия: семинары, конференции, инновационные салоны, и т.д.

IV Всероссийская научно-практическая конференция «Надёжность и долговечность машин и механизмов» приурочена к 50-ти летнему юбилею академии. Целями конференции являются: популяризация и пропаганда научно-исследовательской работы обучающихся; обмен опытом между обучающимися, профессорско-преподавательским составом ВУЗов в том числе ВУЗов системы МЧС России; апробация проводимых научно-исследовательских работ; активизация научной деятельности обучающихся.

Мы надеемся, что публикации, представленные в сборнике материалов IV Всероссийской научно-практической конференции «Надёжность и долговечность машин и механизмов», будут способствовать как интеграции академической и вузовской науки в области надёжности и долговечности машин и механизмов, так и установлению профессиональных контактов между научными школами.

РАЗДЕЛ 1  
НАДЕЖНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

МОДЕЛИРОВАНИЕ КИНЕТИКИ ВИБРОГРОХОЧЕНИЯ В СЛОЕ ПЕРЕМЕННОЙ  
ВЫСОТЫ

А.П. Алешина, Е.Р. Брик, А.М. Фатахетдинов, В.А. Огурцов  
(ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет»)

Грохочение сыпучих материалов широко используется в строительной, химической, горно-обогатительной и других отраслях промышленности. Для выбора рациональных режимов грохочения необходимо определить кинетические характеристики, связывающие производительность и степень извлечения мелких фракций. Получение таких характеристик на основе эмпирических данных весьма трудоемко. Это задача существенно упрощается, если создать математическую модель, которая адекватно описывает процесс грохочения. Существующие в настоящее время стохастические модели, построенные на основе теории цепей Маркова, не учитывают убывание высоты слоя сыпучего материала, перемещающегося по просеивающей поверхности грохота [1,2]. В этих моделях высота сыпучего слоя считается постоянной, что не соответствует реальной физической картине процесса.

Ниже предлагается ячеечная модель процесса, где уменьшение высоты слоя замедляет кинетику процесса фракционирования, особенно при высокой степени извлечения мелких фракций из исходной сыпучей смеси в подситовое пространство грохота.

Расчетная схема процесса показана на рис. 1,а.

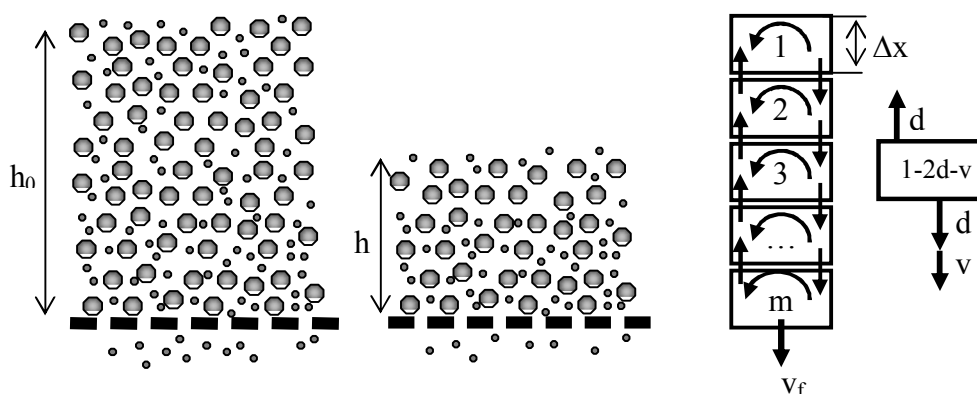


Рис. 1. Расчетная схема процес а) его ячеечная модель (б) и доли б) оса фр в) из ячейки (в)

Сыпучий материал расположен слоем высотой  $h_0$  на просеивающей поверхности вибрационного грохота. В результате виброоживления сыпучей среды мелкие частицы сегрегируют вниз к поверхности сита. Этот процесс сопровождается диффузионным перемешиванием частиц. Достигнув поверхности сита, мелкие частицы уходят в подситовое пространство.

На рис. 1,б показана ячеечная модель процесса. Слой разбит на ячейки идеального перемешивания высотой  $\Delta x = h_0/m$ . Процесс протекает в дискретные моменты времени  $t_k = (k-1)\Delta t$ , где  $\Delta t$  – продолжительность, а  $k$  – номер временного перехода (дискретный аналог времени). В течение времени перехода частицы могут перейти в соседние ячейки, то есть вверх или вниз, и остаться в ячейке. Направления возможных переходов показаны на рис. 1, б стрелками. Для мелкой фракции доли частиц, переносимых из ячеек вниз, больше, чем доли частиц переносимых вверх, что вызвано конвективным переносом мелкой фракции к поверхности сита (рис. 1, в).

В каждый момент времени распределение содержания мелкой фракции по ячейкам характеризуется вектором-столбцом  $S^k$  размером  $m \cdot 1$ . Эволюция этого вектора с течением времени описывается рекуррентным матричным равенством

$$S^{k+1} = P \cdot S^k, \quad (1)$$

где  $P$  – матрица переходных вероятностей, которая имеет вид:

$$P = \begin{bmatrix} p_{s1}^k & p_{u2}^k & 0 & \dots & 0 & 0 \\ p_{d1}^k & p_{s2}^k & \dots & \dots & 0 & 0 \\ 0 & p_{d2}^k & \dots & \dots & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & \dots & p_{s(m-1)}^k & p_{um}^k \\ 0 & 0 & 0 & 0 & p_{d(m-1)}^k & p_{sm}^k \end{bmatrix}, \quad (2)$$

где  $p_u^k$  – вероятности перейти в верхнюю соседнюю ячейку,  $p_d^k$  – вероятности перейти в нижнюю соседнюю ячейку и  $p_s^k$  – вероятности остаться в данной ячейке.

В соответствии с принимаемыми допущениями эти вероятности рассчитываются по следующим формулам:

$$p_{ui}^k = d, \quad (3)$$

$$p_{di}^k = d + v_i^k, \quad (4)$$

$$p_{si}^k = 1 - p_{ui}^k - p_{di}^k. \quad (5)$$

Выход мелкой фракции в подрешетный продукт описывается за пределами матрицы  $P$ . Пусть на каждом временном переходе после воздействия на вектор состояния  $S^k$  матрицей  $P$  из нижней ячейки цепи выводится доля  $v_f^k$  содержащейся в ней мелкой фракции, то есть ее выход составляет

$$q^{k+1} = S_m^{k+1} v_f^k, \quad (6)$$

а оставшаяся в ней доля мелкой фракции равна

$$S_m^{k+1} := S_m^{k+1} (I - v_f^k). \quad (7)$$

Кинетика извлечения фракции за  $(k+1)$  переход рассчитывается по формуле

$$\varepsilon^{k+1} = \sum_0^{k+1} q^{k+1}. \quad (8)$$

Изменение высоты слоя учитывается в матрице  $P$  следующим образом. Убывание мелкой фракции происходит более интенсивно в верхних ячейках цепи. Если в какой-то ячейке в номером  $i$  содержание мелкой фракции  $S_i^k$  становится меньше некоторого наперед заданного малого значения  $\alpha$ , то содержание  $S_i^k$  переносится в следующую ячейку  $i+1$ , содержание фракции в ячейке  $i$  приравнивается к нулю и приравнивается нулю вероятность перехода из этой ячейки вверх ( $p_{ui}^k=0$ ), что запирает  $i$  верхних ячейки цепи, а оставшиеся внизу ячейки составляют новую высоту слоя.

Определим, как зависит величина  $v_f^k$  от высоты слоя. Считаем, что если материал находится в виброожиженном состоянии, то его поведение аналогично поведению капельной жидкости, а скорость прохода мелкой фракции сквозь сито может рассматриваться как скорость ее истечения под напором, определяемым высотой слоя  $h_0$  (рис.1,а) или числом работающих ячеек  $m-i$ . Принимаем, что

$$v_f^k = v_{f0} \sqrt{\frac{m-i(k)}{m}}, \quad (9)$$

где  $(m - i(k))$  – выраженная через число ячеек переменная высота слоя,  $v_{f0}$  – скорость истечения при начальной высоте слоя  $m$ .

На рис. 2 показана кинетика извлечения при постоянной и переменной скорости извлечения. При скорости извлечения, зависящей от высоты слоя мелкой фракции, на начальной стадии кинетика распределения в обоих случаях почти одинакова, однако с дальнейшим убыванием скорости извлечения в случае (б) процесс заметно замедляется.

По модели (б) извлечение мелкой фракции значительно замедляется после примерно половины ее извлечения, особенно при высоких степенях извлечения, больших 70%. Это качественно соответствует опытным данным, то есть обеспечивает более адекватное описание процесса. Последнее позволяет положить эту модель в основу инженерного метода расчета процесса и повысить его прогностические возможности.

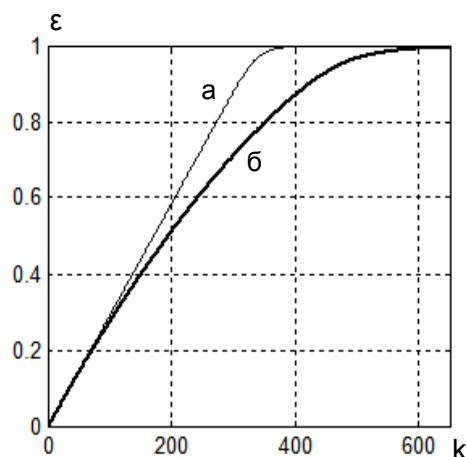


Рис. 2. Кинетика извлечения мелкой фракции при постоянной (а) и переменной (б) скорости извлечения

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Огурцов В.А., Федосов С.В., Мизонов В.Е. Моделирование кинетики виброгрохочения на основе теории цепей Маркова // Строительные материалы. – 2008. – № 5. – С. 33-35.
2. Огурцов В.А. Стохастическая модель распределения проходových частиц в слое сыпучего материала при виброгрохочении // Строительные материалы. – 2007. – № 11. – С. 38-39.

### ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ РАБОЧЕГО КОЛЕСА ЦЕНТРОБЕЖНОГО ПОЖАРНОГО НАСОСА ПН-40

**О.В. Блинов\*, В.А. Годлевский, В.В. Кичайкин, Д.А. Миньковский**  
 (ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»;  
 \*ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный политехнический университет»)

В настоящее время отечественные центробежные пожарные насосы производятся на основе конструкторских данных рассчитанных несколько десятилетий назад. За прошедшие годы существенно выросла энерговооруженность пожарных автомобилей, эффективная мощность их двигателей. Есть в связи с этим основания на новые шасси устанавливать более производительные насосные системы. Современное автоматизированное производство насосов могло бы расширить линейку производимых систем, обеспечивая более гармоничное взаимодействие привода автомобиля и установленной на нем пожарной гидравлики.

При этом, с развитием современных компьютерных систем появляется возможность усовершенствования конструктивных параметров практически всех узлов (рабочего колеса, нагнетательных и всасывающих камер, трубопроводов и т.д.) гидравлических машин, что в конечном итоге позволят увеличить эффективность работы насосов, уменьшить их энергопотребление, снизить массовые характеристики.

Ранее в публикациях [1], [2] нами была показана возможность анализа работы центробежного насоса путем компьютерной симуляции, выполненной посредством программ, использующих методы конечных элементов. На основании полученных результатов были разработаны и рассчитаны модели примитивных центробежных насосов, с разными конфигурациями и конструктивными параметрами узлов. Результаты проведенных исследований говорят о том, что методика компьютерной симуляции, примененная к задаче оптимизации конструктивных параметров центробежного насоса, может быть использована и для реальных насосных систем, применяемых в пожарной технике, в частности, для насосов нормального давления, устанавливаемых на серийных автоцистернах. В настоящей работе в качестве объекта анализа был выбран пожарный насос ПН-40, технические характеристики которого приведены в табл. 1.

Таблица 1. Технические характеристики пожарного насоса ПН-40

Наименование	ПН-40
Производительность, л/с	40
Потребляемая мощность, кВт	65
Частота вращения рабочего колеса, об/мин	2700
КПД.	60
Внутренний диаметр всасывающего патрубка, мм	125
Внутренний диаметр напорного патрубка, мм	70
Диаметр рабочего колеса, мм	320
Масса, кг	65
Габаритные размеры, мм	700x900x700

Эффективность работы модели центробежного насоса по параметру КПД определялась следующим образом:

$$\eta = \frac{N}{N_{\text{мех}}} = \frac{(P_{\text{наг}} - P_{\text{вс}})Q_{\text{нас}}}{\omega M}, \quad (1)$$

где  $P_{\text{наг}}$  и  $P_{\text{вс}}$  – манометрические давления во входной и выходной линиях насоса, Па;  $Q$  – создаваемый расход насосом, м<sup>3</sup>/с;  $\omega$  – угловая скорость рабочего колеса, рад/с;  $M$  – крутящий момент, всех внешних сил относительно оси вращения рабочего колеса, Нм;  $N$  – полезная мощность работы центробежного насоса, Вт;  $N_{\text{мех}}$  – мощность на валу двигателя, Вт.

Производительность насоса  $Q$  (расход жидкости) определяется из выражения:

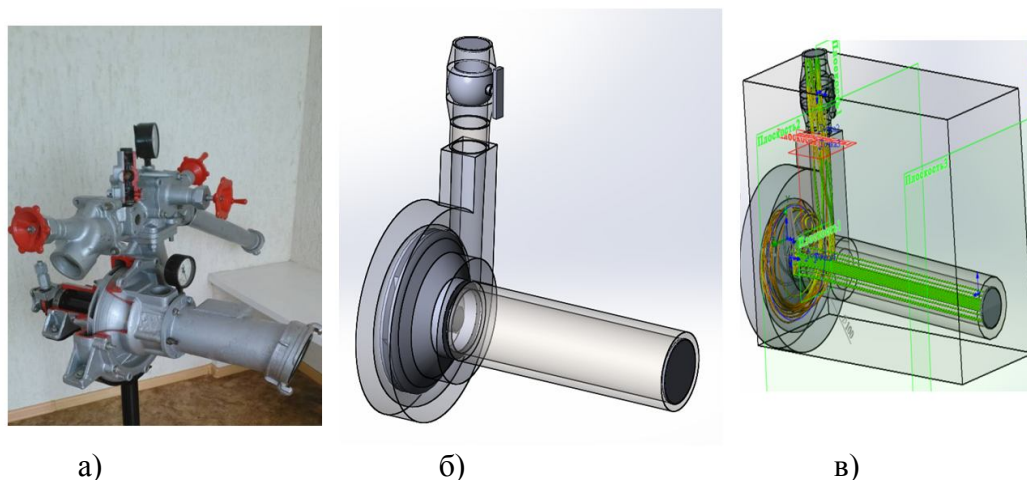
$$Q = VS, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (2)$$

$S$  – площадь поперечного сечения трубопровода, м<sup>2</sup>.

Внешний вид и трехмерная модель исследуемого пожарного насоса, созданная в пакете COSMOSFloWorks (программный комплекс САПР для автоматизации работ промышленного предприятия на этапах конструкторской и технологической подготовки производства) представлены на рис. 1

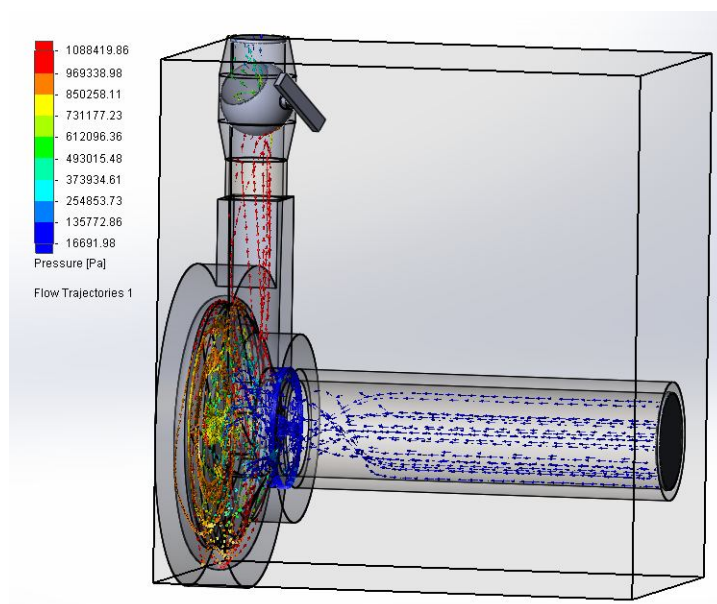
## НАДЕЖНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

В модели в несколько упрощенном виде были использованы основные реальные конструктивные и размерные параметры избранной конструкции насоса. При этом в модель введен дополнительный узел – шаровой кран (рис. 2), позволяющий задать необходимый расход (подачу) воды. Модельные эксперименты проводились при номинальном расходе данной конструкции насоса  $Q \approx 40$  л/с.



**Рис. 1.** Пожарный насос ПН-40 и его модельное представление: а – пожарный насос ПН-40, б – 3D модель насоса ПН-40, в - рассчитанная модель в COSMOSFloWorks

Модель симулировала процесс движения потока жидкости внутри конструкции. Нашей задачей было оценить возможности использования построенной модели для оптимизации конструктивных параметров насосной системы. В частности, были произведены численные [4,5] эксперименты с рабочими колесами, имеющими разное число лопастей – от 2 до 9. Это позволило бы дать ответ на вопрос, является ли оптимальным число лопастей, традиционно используемое в данной конструкции, выпускаемой давно и большими сериями. Визуализированная картина гидродинамического расчета и численного эксперимента представлены на рис. 2 и в табл. 2.



**Рис. 2.** Результаты гидродинамического расчета модели ПН-40

Таблица 2. Данные расчета модели насоса ПН-40 при разном числе лопастей рабочего колеса

Число лопастей рабочего колеса, шт.	Эффективность насоса (отн. ед)	Потребляемая мощность, кВт	Расход воды (подача) , л/с	Напор, м
2	0.47	48.3	30	84,0
3	0.6	47.1	35.3	84.2
4	0.58	57.6	39.9	84.5
5	0.64	74.55	48	105,0
6	0.69	74.48	49	110,6
7	0.67	56	37	93,8
8	0.73	54.5	40	93,4
9	0.49	50	32.4	75.1

Анализируя полученные данные можно сделать вывод, что насос эффективен в случае, когда используются рабочие колеса с 6, 7, и 8 лопастями (оригинальное колесо имеет 7 лопастей). Однако при 6 лопастях обеспечивается наибольшая подача воды и максимальный напор (но при этом насосом потребляется и наибольшая мощность – 74.48 кВт. ) Таким образом, данные численного эксперимента существенно совпали с реальными характеристиками насоса, что говорит о преимуществах примененного метода компьютерного моделирования. Результаты исследования говорят о том, что методика компьютерной симуляции, примененная к задаче оптимизации числа лопастей пожарного насоса, может быть принесена и на другие конструктивные параметры вновь проектируемых и модернизируемых пожарных насосов с целью их совершенствования.

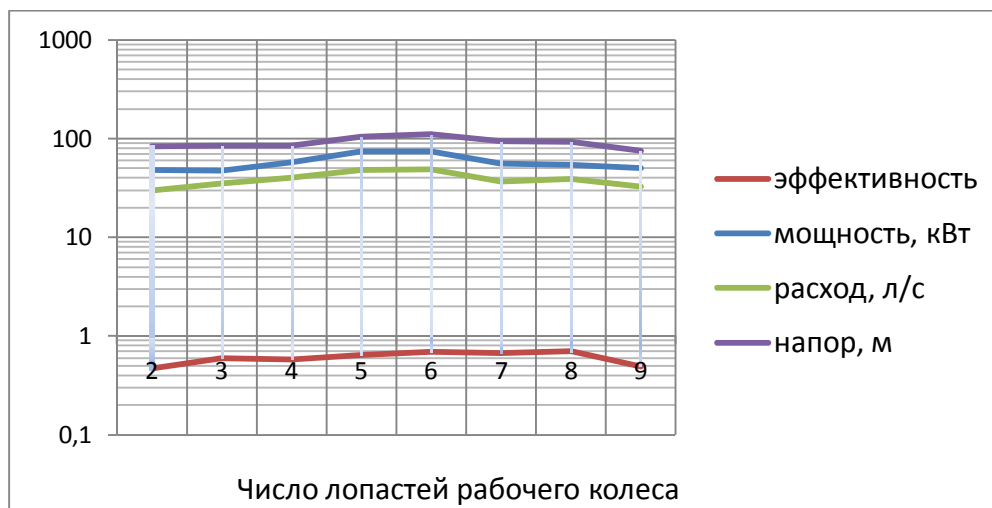


Рис. 3. Графическое представление результатов модельного эксперимента (эффективность, гидравлические параметры) в зависимости от числа лопастей рабочего колеса.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Блинов О.В. Численное моделирование конструктивных и гидродинамических параметров пожарных центробежных насосов / О.В. Блинов, В.А. Годлевский // Пожарная и аварийная безопасность. Мат. VIII Международной научно-практической конференции. Иваново, 26–27 ноября 2013. ИВИГПС МЧС – с. 121–123

2. Блинов О.В. Исследование гидравлически параметров пожарного центробежного насоса методом компьютерного моделирования / О.В. Блинов, В.А. Годлевский // Надежность и долговечность машин и механизмов. Сб. мат. V Всероссийской научно-практической конференции. Иваново, 17–18 апреля 2014. ИВИГПС МЧС РФ. – с. 74–76.

3. Герасимов М.Н. Гидравлика, гидравлические машины и гидроприводы / М.Н. Герасимов // учебное пособие. Иваново, ИГТА, 2011 – 164 с.

4. CosmosFlowWorks Tutorial 2008. Эл. Ресурс.

5. Алямовский А.А. SolidWorks. Компьютерное моделирование в инженерной практике / А.А. Алямовский, А.А. Собачкин, Е.В. Одинцов // СПб.: БХВ. Петербург, 2005 – 800 с.

## ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ МЕТАЛЛИЧЕСКОГО СТЕКЛА ЖЕЛЕЗА

**С.Ю. Вахмин**

*(ФГБОУ ВПО «Воронежский институт ГПС МЧС России»)*

При пожаре строительные конструкции, из которых выполнено здание, подвергаются воздействию огня и высокой температуры. При этом металлические конструкции теряют прочность, разрушаются конструкции из монолитного или сборного железобетона. При обрушении несущих конструкций ущерб от пожара достигает максимального значения.

Для повышения устойчивости здания при пожаре необходимо четко знать свойства материалов, из которых выполнены конструкции. Целью данной работы является исследование внутренней структуры железа в процессе его охлаждения с высоких температур.

Вопросы организации атомной структуры расплавов и полученных в результате их закалки металлических стекол в одинаковой степени сложные и не решенные до сих пор задачи физики неупорядоченных систем. Обнаруженная икосаэдрическая симметрия в расположении атомов расплавов некоторых металлов, а также металлических стекол, полученных в процессе закалки расплавов, тенденция к росту числа атомов, задействованных в построении некристаллографических локальных атомных конфигураций в процессе закалки, не раскрывают природу тех фундаментальных закономерностей, которые лежат в основе таких перестроек. Стеклование, как процесс формирования при закалке перколяционного кластера из взаимопроникающих и контактирующих между собой несовместимых с трансляционной симметрией икосаэдров был впервые продемонстрирован методом компьютерного моделирования на чистом железе, затем на сплавах Ag-Ni. Плотнупакованный перколяционный кластер, в построении которого задействовано от 55% для Fe атомов системы, играет роль сдерживающего кристаллизацию жесткого, пронизывающего всю структуру каркаса. Перколяционный кластер имеет фрактальную геометрию, а его составляющие – политетраэдрические нанокластеры - представляют собой одномерные разветвляющиеся цепочки взаимопроникающих икосаэдров. Присутствие в структуре кластеров, упорядоченных по принципу политетраэдрической укладки атомов, обеспечивает “средний” порядок в системе. Процесс формирования нанокластеров подобно процессу кристаллизации, сопровождается понижением потенциальной энергии системы и уменьшением ее объема, что указывает на признаки фазового перехода первого рода. В то же время процесс формирования перколяционного кластера из несовместимых с трансляционной симметрией икосаэдров при аморфизации не может быть описан в рамках классической теории зарождения кристаллической фазы. Физика стеклования может быть раскрыта лишь на пути всестороннего изучения процессов перестройки атомной структуры расплава на всех этапах превращения расплава в металлическое стекло.



В настоящей работе на основе анализа молекулярно-динамических моделей железа изучены процессы формирования икосаэдрической нанокластерной структуры при закалке железа в температурном интервале 2300К – 0К, прослежено изменение времени жизни, морфологии, распределения по размерам нанокластеров в указанном температурном интервале.

Исходная модель расплава с плотностью 7800 кг/м<sup>3</sup> была построена при  $T = 2300$  К путем случайной плотной упаковки 100000 атомов Fe в основном кубе с периодическими граничными условиями. Взаимодействие между атомами рассчитывали с помощью парного потенциала Пака-Доямы. Атомам в начальный момент времени сообщались скорости в соответствии с распределением Максвелла при заданной температуре. Методика молекулярно-динамического расчета состояла в численном интегрировании уравнений движения с временным шагом  $\Delta t = 1.523 \times 10^{-15}$  с по алгоритму Верле. Система выдерживалась при указанной температуре в течение 3000 временных шагов (изотермические условия). Затем температурное ограничение снималось, и в системе на протяжении 3000 временных шагов при постоянной внутренней энергии (адиабатические условия) устанавливалось тепловое равновесие.

Закалка модели проводилась со скоростью  $2.2 \cdot 10^{13}$  К/с. Процедура закалки имела циклический характер и сводилась к ступенчатому понижению температуры на 100 К, поддержанию этой температуры на протяжении 1000  $\Delta t$  и последующему отжигу в адиабатических условиях в течение 2000  $\Delta t$ .

Структурная организация изучалась в рамках анализа многогранников Вороного и кластерного анализа.

В перестройке структуры при закалке участвуют два конкурирующих процесса – атермический рост политетраэдрических нанокластеров за счет присоединения новых атомов (как и в случае статической релаксации) и их распад за счет перехода отдельных икосаэдров в другие типы координационных многогранников. Для установления влияния температуры на распределение нанокластеров из взаимопроникающих икосаэдров по размерам и морфологическим признакам был проведен кластерный анализ динамических моделей через каждые 20К в процессе закалки.

Для всего температурного диапазона закалки наибольшая доля икосаэдрических нанокластеров приходится на одиночные икосаэдры. В процессе закалки их число растет вплоть до температуры стеклования. При дальнейшем понижении температуры в результате формирования нанокластеров больших размеров их число меняется незначительно.

Изучены морфология нанокластеров, их симметрия, распределения нанокластеров по числу образующих их атомов. С ростом числа икосаэдров в нанокластере количество таких нанокластеров резко уменьшается. Показано, что число атомов в икосаэдрических нанокластерах зависит не только от числа образующих кластер икосаэдров, но и от характера сопряжения взаимопроникающих икосаэдров.

## **ПОВЫШЕНИЕ СРОКА СЛУЖБЫ ПРОМЫШЛЕННЫХ ИЗДЕЛИЙ**

**М.Ю. Волкова**

**(ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный энергетический университет  
имени В.И. Ленина»)**

В силу различных обстоятельств меняется внешний облик изделий, утрачиваются отдельные элементы. В результате взаимодействия с внешней средой резко ухудшается качество поверхности, которая в значительной степени определяет эстетическую ценность промышленного изделия. Атмосферная коррозия разрушает металл, в результате физико-химических процессов, протекающих на границе раздела твердая фаза – газовая среда. При

## НАДЕЖНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

этом нередко фронт реакции продвигается вглубь твердого тела, что приводит к изменению объемных свойств металла. Скорость коррозии и вид коррозионного разрушения зависят от природы металлов, влажности, загрязнения атмосферы, температуры.

Решая задачи, касающиеся повышения срока службы промышленных изделий, важное место следует отводить совершенствованию и развитию финишных методов обработки: шлифованию, полированию, в процессе которых окончательно формируется поверхностный слой деталей, определяющий их эксплуатационные свойства.

Некоторые способы отделки позволяют за счет уплотнения и выглаживания верхних слоев металла добиться не только блеска на поверхности изделия, но и увеличивают его коррозионную стойкость, а следовательно и срок службы. Непосредственным результатом полирования является уменьшение толщины внешнего деформированного слоя металла вследствие изменения микрогеометрии поверхности и возникновения блеска. Поэтому полирование оказывает влияние на те свойства металла, которые связаны с состоянием его поверхности. Полирование оказывает заметное влияние на твердость, прочность металла. Процессы финишной абразивной обработки, относящиеся к низкотемпературным и малоотходным, позволяют при минимальном съеме материала заготовки управлять микрометрическими и физическими показателями поверхностных слоев деталей.

Дальнейшее применение технологических процессов обработки деталей сложной формы свободными абразивами имеет определенные трудности. Они связаны с тем, что работая над повышением качества окончательной обработки поверхности изделий необходимо, с одной стороны решать одновременно вопросы по защите поверхностного слоя от вредных воздействий окружающей среды. С другой стороны – наиболее простым видом изнашивания является абразивное, когда возникновение частицы износа происходит чисто механически. Распространенность абразивного изнашивания велика; оно не исключено в процессах обычного трения. Бороться же с абразивным износом достаточно трудно. Поэтому вопрос о физической сущности сопротивляемости абразивному изнашиванию весьма актуален.

В настоящее время при обработке изделий и поверхностей сложной формы, к точности исполнения которых предъявляются высокие требования, применяются универсальные или специальные измерительные средства, производящие дискретный контроль положения точек или отдельных сечений обрабатываемых поверхностей.

В ходе проводимых исследований учитывались общие требования, предъявляемые к форме промышленных изделий. Использовались как визуальные так и оптические, а также механические методы контроля качества обрабатываемой поверхности. Оптические системы контроля в сравнении с электромеханическими обладают более высоким быстродействием. В последующих изысканиях, внимание уделялось анализу вариантов окончательной обработки поверхности элементов готового изделия.

Анализировались и проверялись опытным путем наиболее часто встречающиеся способы декоративной обработки поверхностей готовых скульптурных отливок, которыми являются шлифование, полирование, матирование, чернение, гравирование, чеканка, эмалирование, патинирование и оксидирование. Проверялась правильность выбранных способов обработки поверхности металла.

Выявлено, что к выбору способов обработки и пропорциональному соотношению обрабатываемых поверхностей необходимо подходить индивидуально, в зависимости от стоящей перед производителем задачи. Матированная, или фактурированная, поверхность отличается от полированной несущей декоративной нагрузкой. Участки фактурной поверхности получают, используя литьевую корку изделий, шлифованную поверхность (предварительно обработав пескоструйкой рабочую поверхность штампа), применяя травление в различных кислотных составах, механическое матирование (штихелем, молотой пемзой, кварцеванием). Чернь накладывается на изделие, подготовленное для черни, то есть с углублениями гравированным рисунком. Глубина рисунка в пределах 0,2–0,3 мм зависит от

размеров изделия. Поверхность изделия, не покрываемая чернью должна быть полированной, без рисок, царапин и других дефектов. Сочетание в изделиях матированных и глянцевых или черненных и глянцевых поверхностей чаще всего дает обширную информацию о художественном изделии, выполненном методом литья.

Чтобы не только придать литому изделию декоративный вид, а также защитить металл от разрушения, его необходимо покрывать защитной пленкой, имеющей определенный цвет.

Полировка производится только на тех частях изделия, куда может проникнуть абразивный наполнитель для полировки. Поэтому форма и размеры этих наполнителей, для полировки имеют важность. Неправильное шлифование сильно искажает структуру металла и может привести к уменьшению срока службы изделия в целом. Неправильно обработанная поверхность не только портит восприятие даже от самой совершенной и уникальной формы, но и влияет на сокращение срока службы изделия. При шлифовке образца необходим последовательный переход от грубой отделки к тонкой, чтобы не допустить так называемой ложной шлифовки

Выявлено, что полирование без съема металла в конце обработки уменьшает шероховатость и увеличивает микротвердость поверхности детали. Для получения перехода от активного резания к полированию целесообразно выполнять, в первую очередь, центробежно-ротационную обработку, а затем магнитно-абразивное полирование и галтовку. Борьба же с абразивным износом очень трудно. Поэтому вопрос о физической сущности сопротивляемости абразивному изнашиванию остается весьма актуальным. Следовательно возникает необходимость в дальнейшем исследовании и оптимизации технологических параметров отделочной обработки свободными абразивом

Процессы финишной абразивной обработки позволяют при минимальном съеме материала заготовки управлять микрометрическими и физическими показателями поверхностных слоев деталей.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Волкова М.Ю., Влияние методов окончательной обработки на восприятие художественного образа изделий мелкой пластики. // Состояние и перспективы развития электротехнологии. Материалы конференции. Международная научно-техническая конференция. Иваново. 2005.– С.145

2. Волкова М.Ю. Исследование параметров окончательной обработки поверхности, влияющих на восприятие художественного образа изделий // Вестник научно-промышленного общества – М.: «Алев-В», 2009 г., выпуск 13. (С.3 – 9)

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТАЯНИЯ СНЕГА ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ВЫХЛОПНЫХ ГАЗОВ АВТОМОБИЛЯ

**М.В. Гомонай, И.С. Дегтярев**  
**(ФГБОУ ВПО «Академия гражданской защиты МЧС России»)**

При строительстве зимних дорог и площадок в районах Сибири и Крайнего Севера основным строительным материалом является снег, который уплотняется на земляном полотне. Плотность снежного покрова можно повысить за счет увлажнения и перемешивания снега [1,2].

С целью установить возможность использования температуры выхлопных газов дорожной машины для подтаивания снега были проведены экспериментальные исследования. Для этого была разработана и изготовлена лабораторная установка (рис.1 и рис.2). На первом этапе была определена температура выхлопных газов автомобиля, и

## НАДЕЖНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

установлена закономерность ее изменения в зависимости от расстояния до выхлопной трубы (расстояние изменялось в диапазоне: 0;10;20;30;40 см).

Температура измерялась жидким керосиновым термометром марки СП-2. Результаты измерений представлены в таблице 1.

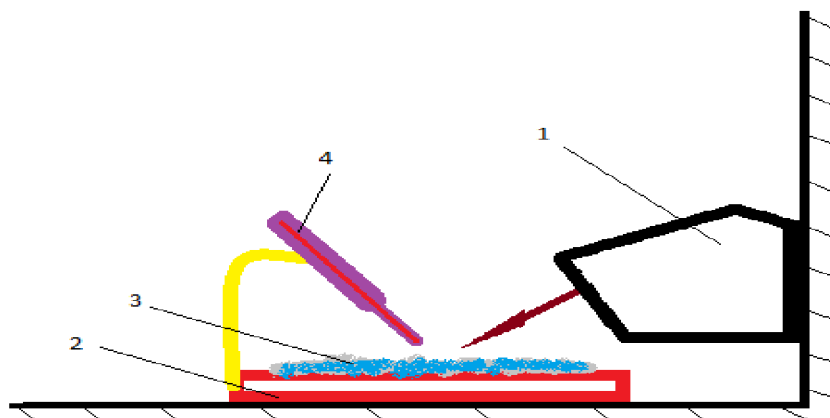
*Таблица 1. Изменение температуры в зависимости от расстояния*

Расстояние, см	Температура, градус, С	
	ВАЗ Priora	Камаз 4310
0	26	60
10	18	44
20	16	38
30	12	32
40	10	18-20

*Примечание:* Температура воздуха при измерениях находилась в пределах от  $-4^{\circ}$  до  $-7^{\circ}$ С.

Как видно из таблицы 1 по мере удаления от выхлопной трубы температура газов уменьшается. Зная величину клиренса для дорожной машины и пользуясь данными таблицы 1, можно установить температуру воздействия на слой снега.

На втором этапе были проведены экспериментальные исследования с целью определения времени таяния снега в зависимости от температуры выхлопных газов.



**Рис. 1.** Принципиальная схема лабораторной установки  
1 – тепловентилятор, 2 – опорная площадка, 3 – снег, 4 – термометр



**Рис.2.** Лабораторная установка

Принцип работы установки заключается в следующем: на тепловентиляторе устанавливается температура, равная температуре выхлопных газов двигателя автомобиля ( $60^{\circ}\text{C}$ ). На заданном расстоянии от тепловентилятора, а именно 20 см (величина принята по допустимому минимальному значению клиренса для автомобиля) была установлена площадка, на которую насыпали слой снега разной толщины (5;10;15;20 мм) Температура измерялась термометром марки СП-2, время таяния слоя снега фиксировалось с помощью электронного секундомера.

При испытаниях определялась плотность снега, которая составила  $308 \text{ кг/м}^3$ . Температура окружающей среды при испытаниях находилась в диапазоне:  $-5^{\circ} \div -8^{\circ}\text{C}$ . Полученные данные приведены в табл. 2.

**Таблица 2. Зависимость времени таяния снега от толщины снежного слоя, при температуре выхлопных газов  $45 \div 50^{\circ}\text{C}$**

Толщина снежного слоя, мм	Время таяния снега, с			Среднее значение времени, с
5	-	24	29	25,6
10	-	45	43	44
15	65	74	63	67
20	99	88	-	93
25	131	123	152	135

Из приведенных данных видно, что под воздействием температуры выхлопных газов слой снега толщиной 5 мм полностью тает в среднем за 25,6 с. Подтаивание слоя снега происходит значительно быстрее (в пределах  $4 \div 6$  с). На практике рассчитывать можно на температуру выхлопных газов в пределах  $40 \div 45^{\circ}\text{C}$ , что вызвано допустимым значением клиренса для дорожной машины (ниже опускать выхлопную трубу не рекомендуется).

Выполненные исследования подтвердили теоретическую предпосылку о возможности использования выхлопных газов дорожной машины для подтаивания снега при его уплотнении при строительстве зимних дорог и площадок в условия Арктики.

Разработанная конструкция дорожной машины защищена заявкой на изобретение.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Котельников В. В. Выбор скоростных режимов уплотнения снега дорожными машинами. Диссертация на соискание ученой степени к. т. н. Тюмень 2000, 158 с.
2. Шабанов П. П. Карнаухов Н. Н. и др. Строительство снеголедовых дорог в Заполярье. //Строительство трубопроводов, № 10, 1988, С 35-37.

### **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ УГЛА СКОЛЬЖЕНИЯ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ ПО ДНУ КУЗОВА АВТОСАМОСВАЛА В ЗИМНЕЕ ВРЕМЯ**

**М.В. Гомонай, Е.А. Карамышева**  
(ФГБОУ ВПО «Академия гражданской защиты МЧС России»)

Сыпучие материалы, как известно, перевозятся в основном автосамосвалами [1-3]. Важным фактором в работе автосамосвалов является процесс выгрузки материалов, который зависит от внешних условий и вида сыпучего материала. Так, например, один и тот же материал выгружается летом и зимой при разном угле подъема кузова. При вывозке снега возникает ситуация примерзания снега к днищу кузова автосамосвала, что усложняет процесс разгрузки. Кроме этого, разгрузка автосамосвала должна производиться на ровной

## НАДЕЖНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

площадке, что исключает возможность его опрокидывания. Высота подъема кузова автосамосвала при разгрузке сыпучих материалов может достигать 7-8 м, при этом в зоне выгрузки не должны быть воздушные инженерные коммуникации.

Авторами предложено техническое решение, позволяющее значительно уменьшить угол подъема кузова при разгрузке сыпучих материалов. Для проверки работоспособности данного решения были проведены экспериментальные исследования, для чего была разработана и изготовлена лабораторная установка, позволяющая менять:

- угол наклона дна кузова автомобиля;
- материал дна кузова автомобиля;

Величина угла наклона площадки в установке меняется в диапазоне  $0 \div 120^{\circ}$ .

В качестве материала для дна была выбрана: листовая сталь, плита из поликарбоната, полиэтиленовая пленка, фанера.

Опыты проводились на различных сыпучих материалах при разной температуре окружающей среды (от минус 8-10 до плюс  $2^{\circ}\text{C}$ ).

В качестве сыпучего материала в опытах были использованы: снег, песок, мелкая щебенка.

Экспериментальные данные:

1). Температура окружающей среды во время испытаний составляла: от 0 до  $-2^{\circ}\text{C}$ .

2). Определение плотности снега.

$Q_1 = 725 \text{ см}^3$  – объем I-й партии снега.

$m_1 = 224 \text{ г}$  - масса I-й партии снега при относительной влажности воздуха 92%

$Q_2 = 725 \text{ см}^3$  - объем II-й партии снега.

$m_2 = 222 \text{ г}$  - масса II-й партии снега при относительной влажности воздуха 92% .

Тогда плотность снега будет равна:

для первой партии:

$$\rho_1 = \frac{222 \cdot 10^{-3}}{725 \cdot 10^{-6}} = 306,2 \text{ кг/м}^3$$

для второй партии:

$$\rho_2 = \frac{0,224 \text{ кг}}{0,000725 \text{ м}^3} = 308,2 \text{ кг/м}^3$$

3). Высота от дорожного покрытия до дна кузова равна 1,65 м, высота кузова автосамосвала равна 1,5 м, длина кузова – 5 м.

Полученные экспериментальные данные приведены в табл. 1 и на рис. 1-3.

**Таблица 1. Зависимость угла скольжения сыпучих материалов от материала дна кузова**

Материал дна кузова автомобиля	Поликарбонат	Фанера	Сталь
Материал: снег			
Угол скольжения, град	36,6; 29,6; 27,5; 34,3; 41,3	58,1; 63,5; 63,7	90; 92; 86.
Среднее значение угла, град	33,86	61,76	89,33
Материал: песок			
Угол скольжения, град	48,4; 48,7; 54,2	39,0; 44,5; 44,9	60,4; 62; 57,2
Среднее значение угла, град	50,43	42,8	59,86
Материал: мелкий щебень			
Угол скольжения, град	30,9; 30,4	37,5; 38,1	42,7; 43,2
Среднее значение угла, град	30,65	37,8	42,95

Угол скольжения снега по стальному дну составляет в среднем  $89,33^{\circ}$  (имело места прилипание снега, и для разгрузки требовалась очистка дна). Наименьшее значение угла скольжения снега по дну кузова наблюдалось для материала дна из поликарбоната -  $33,86^{\circ}$ .

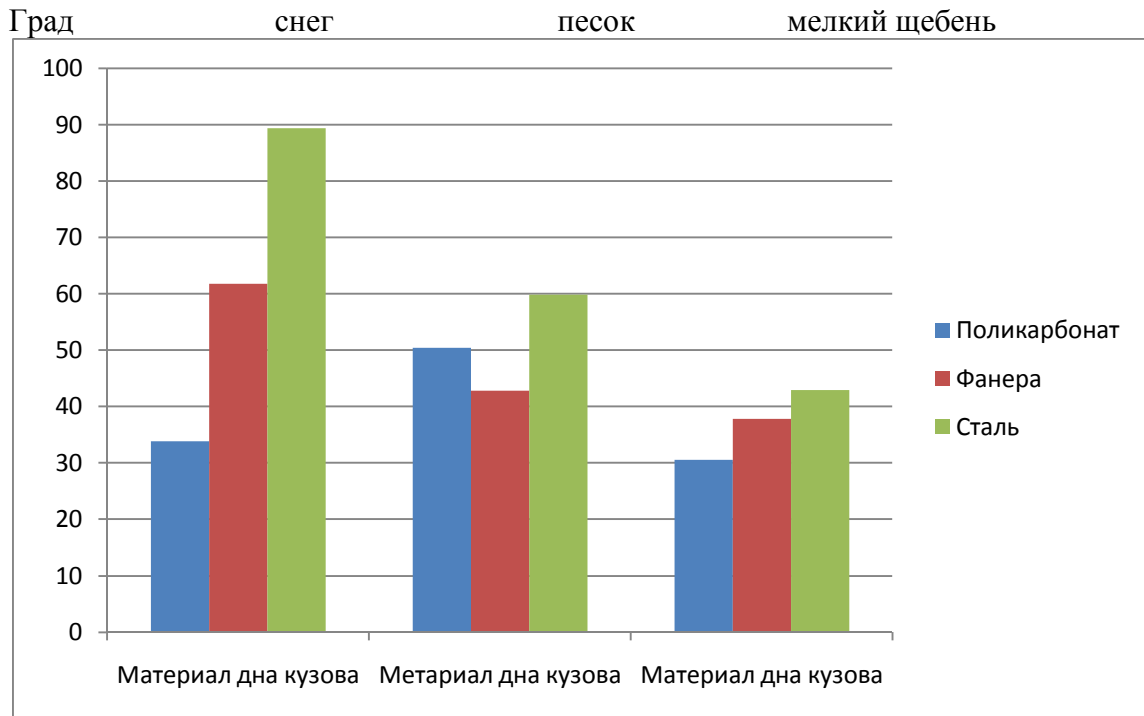


Рис. 1. Диаграммы изменения угла скольжения сыпучего материала в зависимости от материала дна кузова

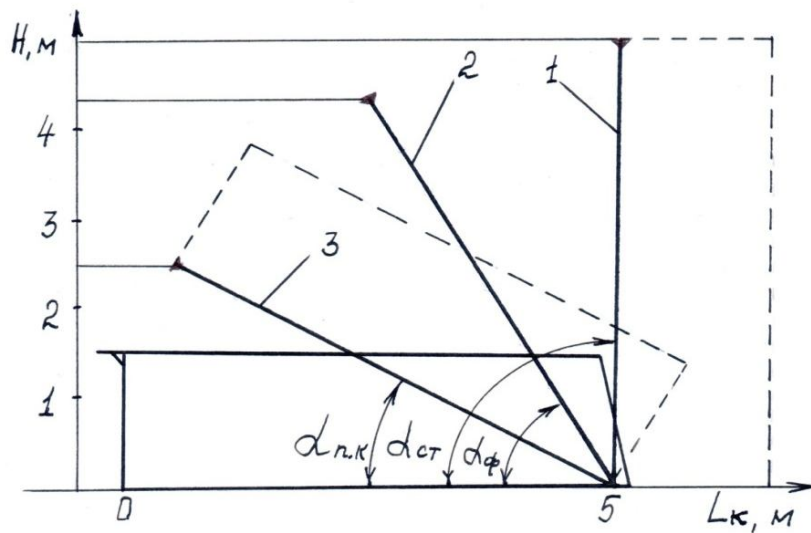
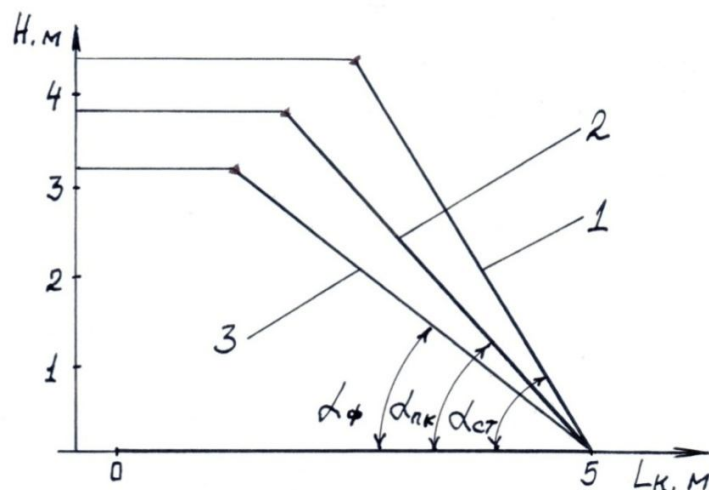


Рис. 2. Изменение высоты (H) подъема кузова автосамосвала при разгрузке снега при разных материалах дна кузова: 1- дно кузова стальное; 2 - дно кузова из фанеры; 3 - дно кузова из поликарбоната;  $L_k$  - длина кузова



**Рис. 3.** Изменение высоты (Н) подъема кузова при разгрузке песка в зимнее время при разных материалах дна кузова: дно кузова стальное; 2 - дно кузова из фанеры; 3 - дно кузова из поликарбоната;  $L_k$  - длина кузова.

На следующем этапе были проведены опыты по определению угла скольжения поликарбоната по стали и фанеры по стали (экспериментальные данные приведены в табл. 2).

**Таблица 2. Зависимость угла скольжения от материала**

Материал	Поликарбонат по стали	Фанера по стали
Угол скольжения, град	21,1; 19,5; 20,8	33,4; 32,1; 34,4
Среднее значение угла, град	20,46	33,3

*Примечание:* Условия проведения опыта:  $t^0$  - от минус  $4^0$  до минус  $6^0$  С. Влажность  $W=86\%$ .

Из данных табл. 2 видно, что если на металлическое дно кузова установить плиту поликарбоната, то угол скольжения уменьшится почти в 3 ÷ 4 раза по сравнению с металлическим дном (в данном случае снег находится на поликарбонатовой плите, которая скользит вместе со снегом по металлическому дну кузова).

Реализация полученных данных на практике может осуществляться следующим образом. Перед загрузкой снега дно кузова покрывают плитками из поликарбоната или фанеры, при выгрузке снега плитки скользят по дну кузова. Высота подъема кузова в этом случае незначительная (1,8 м для пары поликарбонат-сталь и 2,7 м для пары фанера-сталь). После выгрузки груза плитки обратно размещают в кузове.

Анализ полученных данных позволяет сделать следующие выводы:

- угол скольжения сыпучих материалов зависит от материала дна кузова автомобиля (наименьшее значение угла при выгрузке снега наблюдается в случае, когда материал дна выполнен из поликарбоната);

- при разгрузке песка и мелкого щебня в зимнее время (дно выполнено из поликарбоната) угол скольжения по сравнению со стальным дном кузова также снижается;

- высота подъема кузова при разгрузке сыпучих материалов также меняется (снижается) в зависимости от материала дна кузова, например, при выгрузке снега она уменьшилась с 5 м (стальное дно) до 2,8 м (дно из поликарбоната)

- при нечастых вывозах снега с целью уменьшения угла скольжения на первом этапе может быть рекомендован способ укладки на стальное дно кузова плит из поликарбоната или фанеры.



ЛИТЕРАТУРА

1. Сироткин З.Л., Автомобили-самосвалы и автомобили-тягаи БелАЗ, М., Изд-во «Транспорт», 1973 г., 304 с.
2. Белокуров В.Н. и др., Автомобили-самосвалы, Машиностроение, 1987г., 217с.
3. Автомобили и спецтехника КАМАЗ, Москва, 2005 г., 54 с.

**ПОВЫШЕНИЕ СТОЙКОСТИ БЫСТРОРАЗЪЕМНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПОЖАРНЫХ РУКАВОВ К УДАРНЫМ НАГРУЗКАМ**

**Л.А. Гусев, С.Г. Казанцев, А.В. Топоров**

*(ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России)*

Одним из наиболее распространенных типов быстроразъёмных соединений является устройство Богданова [1]. Надёжность крепления в таких соединениях обеспечивается направляющими ребрами по поверхности втулки. Изготавливаются из алюминиевого сплава или комбинируются с пластмассовыми деталями [2].

Несмотря на хорошие рабочие характеристики соединению Богданова присущи и недостатки. Одной из основных проблем, связанных с эксплуатацией подобных соединений является скалывание запорных выступов - «клыков» вследствие внешних механических воздействий (рис. 1). В результате опроса технических служб пожарных частей города Иваново установлено, что в течение года при эксплуатации напорных рукавных линий выходят из строя в результате скола «клыков» от 6 до 13 соединений. В учебной пожарной части Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России в год по этой же причине выходят из строя от 9 до 16 соединений.



**Рис. 1.** Скол запорных выступов соединительной головки пожарного рукава

Прямой материальный ущерб от разрушения соединений является незначительным, однако выход из строя рукавов может привести к срыву выполнения задачи по тушению пожара. При выезде на тушение пожара, вдалеке от базы, замена рукава с разрушенным соединением становится серьезной проблемой. Проведение ремонта соединений в полевых условиях так же не представляется возможным. Поэтому стойкость быстроразъёмных соединений пожарных к ударным нагрузкам является актуальной задачей.

В решении данной задачи можно выделить два основных направления:

1. использование более стойких к ударным нагрузкам материалов для изготовления корпусов соединений;
2. разработка мер по защите «клыков» соединения от ударных нагрузок.

Использование новых материалов, например сплавов на основе меди, взамен алюминиевых, традиционно применяемых для изготовления корпусов соединений, приведет к их значительному удорожанию. Кроме того в эксплуатации в подавляющем большинстве находятся именно алюминиевые соединения и их замена может затянуться на значительных срок.

Таким образом, наиболее перспективным является именно второе направление. В рамках этого направления возможна разработка специальных защитных устройств, предотвращающих удар частей соединения при падении, демпфирующих покрытий «клыков», например на основе резины, поглощающих ударные нагрузки, усиление мест наиболее частого разрушения за счет применения композиционных материалов.

## НАДЕЖНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

Исследования стойкости материала быстроразъемного соединения к ударным нагрузкам выполнялось на маятниковом копре КМ-50. Что бы качественно оценить возможность применения резины для защиты запорных выступов от ударов были изготовлены испытательные образцы одинакового поперечного сечения с использованием вышедших из строя соединительных головок. При разрушении на копре было установлено, что нанесение на поверхность образца слоя резины (герметика) толщиной 2 мм позволяет увеличить энергию разрушения на 20 %.

Полученные предварительные результаты позволяют судить о выборе правильного направления в решении задачи защиты быстроразъемных соединений от ударных нагрузок.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Казанцев С.Г., Сорокин Д.В., Волков О.Г. Сравнительный анализ использования быстроразъемных соединений в России и за рубежом. / Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых «Актуальные вопросы противопожарного водоснабжения», 2013 г.

2. Тербнев В.В. Справочник руководителя тушения пожара. Тактические возможности пожарных подразделений. Академия ГПС МЧС России. – М., 2004. – 248 с.

### **АНАЛИЗ СПОСОБОВ И ОБОРУДОВАНИЯ, ПРИМЕНЯЕМОГО ПРИ ЛОКАЛИЗАЦИИ НЕФТЕРАЗЛИВОВ НА ПРОТОЧНЫХ ВОДОЁМАХ В УСЛОВИЯХ ЛЕДОСТАВА**

**А.В. Гутовский, М.В. Гомонай**  
**(ФГБОУ ВПО «Академия гражданской защиты МЧС России»)**

Природные и техногенные катастрофы в последние годы происходят всё чаще. Это связывают как с изменением климата на планете, так и с ростом темпа урбанизации планеты Земля. Последствия этих явлений многообразны, но наиболее интересными являются аварии на нефтепроводах проходящих через проточные водоёмы в зимних условиях, когда нефтепродукты попадают в реки и перемещаются подо льдом, что приводит к экологической катастрофе.

Для ликвидации разливов нефтепродуктов на речных водоёмах применяют различные способы и оборудование, с проведением работ по установке боновых заграждений разных конструкций [1-10].

Одной из особенностей установки боновых заграждений является создание во льду направляющих ледовых прорезей, которые располагаются под углом к течению реки в зависимости от скорости в соответствии с рекомендуемыми углами установки боновых заграждений [9]. Длина прорези может составлять от нескольких десятков до нескольких сотен метров. Ширина прорези выбирается исходя из того, какая используется модель заграждения и какое применяется ледорезное оборудование. Производство прорези во льду: во первых ослабляет его несущую способность, что усугубляется в условиях малой толщины льда и наличия тяжёлого оборудования, влияя на безопасность выполнения работ, большая часть которых производится на определённом удалении от берега; во вторых производство прорези, довольно таки длительный и трудоёмкий процесс, влияющий на время реагирования, который включает в себя извлечение ледовых блоков из прорезей выполненных в ледовом покрытии водоема (за исключением установок типа УЛ-1100), что требует применения такого дополнительного оборудования как устройство для извлечения ледяных блоков. Так же для создания прорези используют обычные бензопилы, которые значительно уступают своей производительностью относительно других средств. В

следствии вышеизложенных факторов ледорезные работы при глубине воды подо льдом более 0,5 м допускается выполнять после определения приведенной толщины ледяного покрова, способного выдержать нагрузку работающей ледорезной техники. Допустимую толщину льда определяют расчётным путём [9]. Для предохранения прорези и майн от промерзания необходимо принимать меры по их утеплению. Ещё одной особенностью установки зимних боновых заграждений является то, что боны как правило сборные и состоят из секций изготовленных из металла или синтетического бензостойкого материала. Недостатками этих технологий установки боновых заграждений в зимнее время является: во первых значительные затраты времени на их сборку и монтаж, что так же влияет на время реагирования спасательных формирований; во вторых привлечение большого количества личного состава спасателей для установки собранного на льду бонового заграждения в ледовую прорезь, что усложняется при необходимости установки заграждений длиной уже в несколько десятков метров; в третьих при использовании металлических секций вес и объём перевозимого (переносимого) груза затрудняет его транспортировку к месту сборки; в четвёртых зимние заграждения не универсальны, их применение ограничивается зимним периодом, когда поверхность рек покрыта льдом, в связи с их конструктивными особенностями, эксплуатация в условиях отсутствия льда невозможна. На ряду с зимними боновыми заграждениями так же используют боны заградительные типа БН, которые как и зимние, устанавливаются в ледовую прорезь, но при этом не требуется их крепление кронштейнами ко льду [9].

Известные существующие установки боновых заграждений на проточных водоёмах в условиях ледостава имеют ряд существенных недостатков, которые требуют разработки новых технических решений, направленных на повышение эффективности процесса сбора разливов нефти подо льдом.

В рамках выпускной квалификационной работы, совместно с научным руководителем доктором технических наук Гомонай М.В. были проведены исследования в области аварийно-спасательных работ на водоёмах, в результате которого разработан новый способ, и поданы в патентное ведомство заявочные материалы на выдачу патента на изобретение «Способ установки бонового заграждения подо льдом проточного водоёма для сбора нефтепродуктов.» (№ заявки 2014143900 от 30.10.2014г.), который более эффективно позволяет решить указанные выше задачи, а именно по локализации разливов нефтепродуктов в речных водоёмах в условиях ледостава.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Статья “Метод локализации и ликвидации аварийных разливов нефти на подводных переходах нефтепроводов.” // Трубопроводный транспорт нефти. №11 за 1999 г.;
2. Патент РФ №1765292, Е 02 В 15/04 “Устройство для сбора нефти из-под ледяного покрова водоёма.” опубл. 1992 г. ;
3. Патент РФ №2107127, Е 02 В 15/04 “Способ сбора нефти или нефтепродукта из-под ледяного покрова проточного водоёма, преимущественно реки, и устройство для его реализации.” опубл. 1998 г.;
4. Патент РФ №2176701, Е 02 В 15/04 “Способ сбора нефти из-под ледяного покрова проточного водоёма.” опубл. 2001 г.;
5. Патент РФ №2370593, Е02В15/00 “Способ защиты покрытого льдом водоёма.” опубл. 2009 г.;
6. “Боны заградительные зимние БЗ-10/1250 ЗО.” ТУ 6416-003-35615057-98;
7. “Боновые заграждения подледные (БЗ-П).” ТУ 4834-024-20504853-2002;
7. “Боны нефтеограждающие зимние БНЗ-15/1000, БНЗ -15/1250, БНЗ 15/1500.” ТУ 2291-001-68457461-11;

8. “Правила ликвидации аварийных повреждений на магистральных нефтепроводах.” РД 153- 39.4-114-01;

9. “Способы и средства нейтрализации аварийных разливов нефти в условиях низких температур Якутии.” Попов С.Н. и др. // Нефтегазовое дело №2, 2011 г., 184-191 с.

### **ПОВЫШЕНИЕ НАДЁЖНОСТИ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПРИ ИНДУКЦИОННОЙ СВАРКЕ**

**И.Ю. Долгих, А.Н. Королёв**

*(ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»)*

Сварка является одной из самых распространенных технологических операций, позволяющей получать широкий спектр неразборных соединений, применяющихся в самых различных отраслях промышленности. При этом надёжность изготовленных с помощью неё изделий во многом определяется качественными показателями сварного соединения. В связи с этим в зависимости от требований, предъявляемых к готовой продукции, подбирается вид сварки и технология её реализации.

Наиболее широкое распространение получила группа технологии сварки на основе воздействия электрического тока, включающая в себя электродуговую, контактную, электронную и другие виды. В зависимости от вида сварки происходит воздействие на околошовную зону, изменяющее структуру свариваемого металла и его прочностные и другие характеристики. Поэтому рационально снижать уровень этого неблагоприятного воздействия. В этом плане широкими возможностями обладает индукционная сварка, при которой с помощью электромагнитного поля бесконтактно передаётся энергия в нагреваемую зону с последующим сжатием и созданием условий для получения неразборного соединения. Наиболее эффективно применение разработанного авторами способа индукционно-стыковой сварки, основанной на использовании плоских индукторов требуемой формы, позволяющая посредством подбора частоты и величины индуктируемого тока нагревать только свариваемые поверхности. Указанное обстоятельство даёт возможность значительно снизить зону неблагоприятного воздействия на свариваемый металл и одновременно повысить энергетические характеристики технологии сварки через экономию электрической энергии.

Совершенствование технологии индукционно-стыковой сварки возможно только при создании адекватных методов анализа происходящих электромагнитных и тепловых процессов. Авторами предложен метод послойной декомпозиции нагреваемого изделия, позволяющий совместно использовать теорию трансформатора с разомкнутым магнитопроводом и уравнения теплового баланса в нагреваемой зоне. В этом случае в соответствии с предлагаемой теорией изделие разделяется на  $n$  слоёв, каждый из которых может быть рассмотрен как замкнутая накоротко вторичная обмотка многообмоточного трансформатора с характерным для каждого слоя коэффициентом взаимоиндукции [1, 2]. Функциональная схема индуктора и нагреваемого изделия представлена на рис. 1.

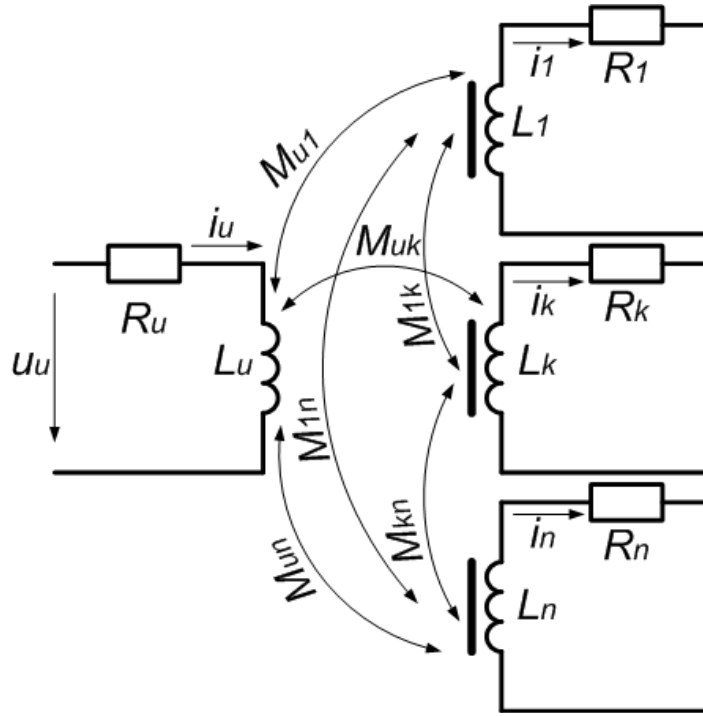


Рис. 1. Функциональная схема индуктора и нагреваемого изделия, разделённого на  $n$  слоёв

Система уравнений, описывающая представленную функциональную схему, имеет вид:

$$\begin{cases} u_u = R_u i_u + L_u \frac{di_u}{dt} - M_{u1} \frac{di_1}{dt} - \dots - M_{uk} \frac{di_k}{dt} - \dots - M_{un} \frac{di_n}{dt} \\ 0 = -M_{1u} \frac{di_u}{dt} + R_1 i_1 + L_1 \frac{di_1}{dt} + \dots + M_{1k} \frac{di_k}{dt} + \dots + M_{1n} \frac{di_n}{dt} \\ 0 = -M_{ku} \frac{di_u}{dt} + M_{k1} \frac{di_1}{dt} + R_k i_k + L_k \frac{di_k}{dt} + \dots + M_{kn} \frac{di_n}{dt} \\ 0 = -M_{nu} \frac{di_u}{dt} + M_{n1} \frac{di_1}{dt} + \dots + M_{nk} \frac{di_k}{dt} + R_n i_n + L_n \frac{di_n}{dt} \end{cases} \quad (1)$$

Здесь  $u_u$  – напряжение, приложенное к индуктору;  $i_u, i_1, i_k, i_n$  – токи в индукторе и слоях нагреваемого изделия;  $R_u, R_1, R_k, R_n$  – активное сопротивление индуктора и слоёв изделия, изменяющиеся в процессе нагрева;  $L_u, L_1, L_k, L_n$  – индуктивность индуктора и слоёв изделия;  $M_{u1}, M_{1u}, M_{uk}, M_{ku}, M_{un}, M_{nu}, M_{1k}, M_{k1}, M_{1n}, M_{n1}, M_{kn}, M_{nk}$  – коэффициенты взаимной индуктивности индуктора со слоями и слоёв между собой.

Наиболее удобным методом решения системы уравнений (1) относительно токов является метод структурного моделирования, позволяющий учитывать влияние температурной зависимости параметров, характеризующих систему «индуктор – нагреваемое изделие». Структурная схема модели трансформатора для действующих значений напряжений и токов представлена на рис. 2.

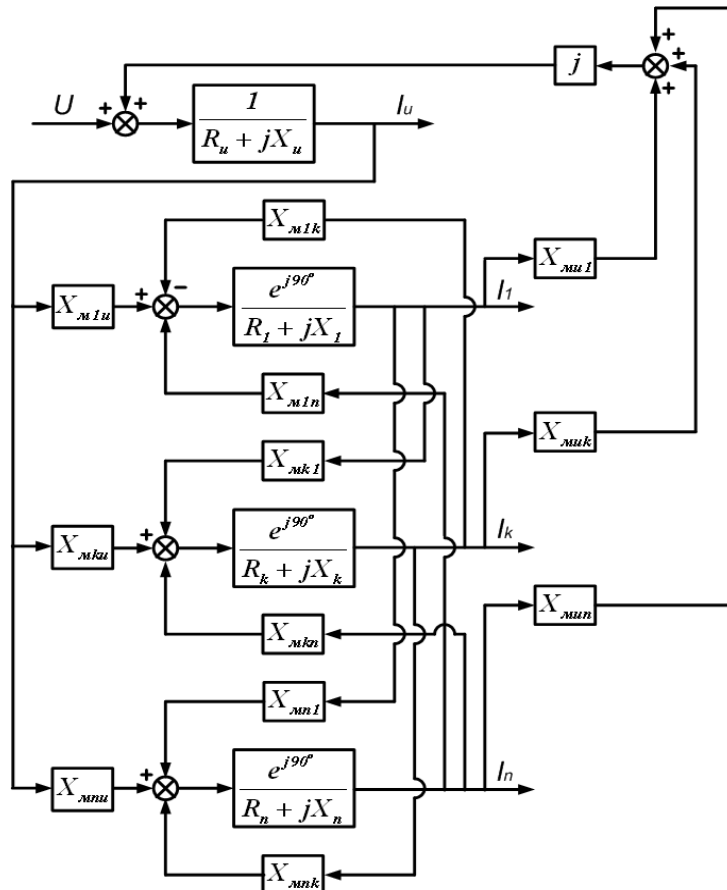


Рис. 2. Структурная схема для расчёта токов, поступающих в слои изделия от источника энергии

Математическая модель температурных процессов для  $k$ -го слоя изделия базируется на учёте энергии, поступающей от источника, энергии теплопередачи от одного слоя к другому и энергии нагрева [2]. При этом система уравнений, характеризующая динамику изменения температуры в слоях нагреваемого изделия, имеет вид:

$$\begin{cases} T_l = \left( R_l I_l^2 - \frac{\lambda_{kl}}{\Delta_l} S_{kl} (T_l - T_k) \right) \frac{1}{m_l C_l p} \\ T_k = \left( R_k I_k^2 + \frac{\lambda_{kl}}{\Delta_l} S_{kl} (T_l - T_k) - \frac{\lambda_{nk}}{\Delta_k} S_{nk} (T_k - T_n) \right) \frac{1}{m_k C_k p} \\ T_n = \left( R_n I_n^2 + \frac{\lambda_{nk}}{\Delta_k} S_{nk} (T_k - T_n) - \alpha_{on} S_{on} (T_n - T_o) \right) \frac{1}{m_n C_n p} \end{cases} \quad (2)$$

Здесь  $T_l, T_k, T_n, m_l, m_k, m_n, C_l, C_k, C_n$  – температуры, массы и теплоёмкости слоёв нагреваемого изделия соответственно;  $S_{kl}, S_{nk}$  – площади их соприкосновения;  $\lambda_{kl}, \lambda_{nk}$  – коэффициенты теплопроводности от одного слоя к другому, нелинейно зависящие от температуры;  $\alpha_{on}$  – коэффициент теплоотдачи  $n$ -го слоя в окружающую среду;  $\Delta_l, \Delta_k$  – толщина слоёв изделия.

Структурная схема, соответствующая системе уравнений (2), представлена на рис. 3.

В качестве примера, демонстрирующего работу совмещённой модели электромагнитных и тепловых процессов, на рис. 4 представлены кривые, характеризующие динамику изменения температуры и токов в слоях изделия, рассчитанные при заданном значении входного напряжения на индукторе.

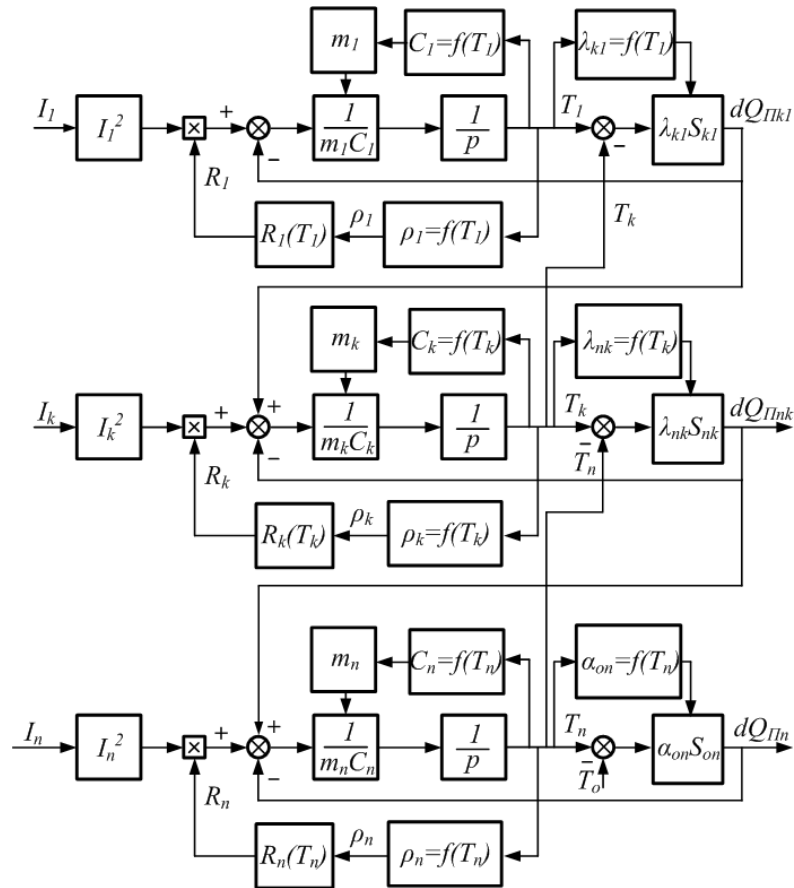


Рис. 3. Структурная схема температурной модели индукционного нагрева

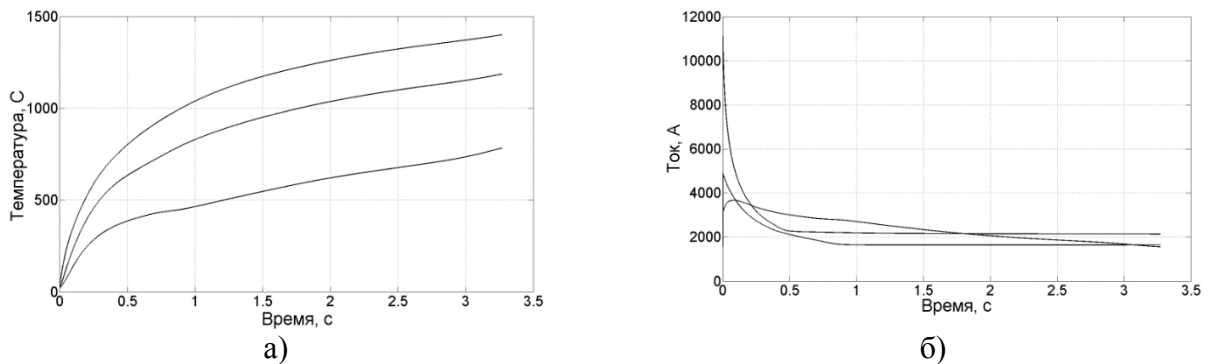


Рис. 4. Динамика изменения температуры (а) и токов (б) в слоях изделия

Предложенный метод моделирования позволяет исследовать динамику температурных процессов нагрева и последующего остывания при отключении источника питания, с учётом нелинейно изменяющихся характеризующих его параметров. Важной особенностью разработанной модели является возможность учёта параметров источника энергии, что необходимо для расчёта энергетических параметров исследуемой системы «индуктор – нагреваемое изделие» с целью оптимизации характеристик исследуемого технологического процесса. В целом проведённые исследования показали перспективность использования индукционно-стыковой сварки в широком спектре сварочных соединений, дающей возможность повысить их эксплуатационную надёжность.

## ЛИТЕРАТУРА

1. I. Dolgikh, A. Korolev, A. Orlov. Induction heating exploration. In material 14<sup>th</sup> International Symposium TOPICAL PROBLEMS IN THE FIELD OF ELECTRICAL AND POWER ENGINEERING. – DOCTORAL SCHOOL OF ENERGY AND GEOTECHNOLOGY II, Parnu, Estonia, 2014. – p. 7-10.

2. Долгих И.Ю., Королёв А.Н., Захаров В.М. Математическое моделирование электромагнитных и тепловых процессов при индукционном нагреве / Материалы I Международной научной конференции молодых учёных: «Электротехника. Энергетика. Машиностроение». Ч. 1. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2014. – С. 85-88.

3. Долгих И.Ю., Королёв А.Н., Захаров В.М. Моделирование динамики температурных процессов при индукционном нагреве. // Вестник ИГЭУ. – 2014. – Вып. 5. – С. 57-63.

### ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ НАГРЕВАТЕЛЬНОГО ЭЛЕМЕНТА УСТРОЙСТВА ДЛЯ ОБЛЕГЧЕННОГО ПУСКА ДВИГАТЕЛЯ ВОЕННОЙ И СПЕЦИАЛЬНОЙ ТЕХНИКИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ В ОСОБЫХ УСЛОВИЯХ

Л.В. Жуков

(ФГБВОУ ВО «Военно-технический университет»)

Особыми климатическими зонами (особыми условиями) эксплуатации военной и специальной техники (В и СТ) принято считать эксплуатацию в районах с особо низкой температурой воздуха, в пустынно-песчаных районах с жарким климатом, в горных районах, в распутицу и бездорожье. Актуальность темы обусловлена эксплуатацией В и СТ в условиях Арктики как зоны потенциального конфликта. В последнее время борьба держав за господство в Северных широтах обретает все более опасные формы, так как к международному соперничеству за Арктику, подключились не только арктические страны, но и ряд государств, весьма далеких от Северного Ледовитого (рис. 1).

Эксплуатация В и СТ в арктических широтах осложняется действиями низких температур в течение всего года, значительными перепадами относительной влажности, преобладанием порывистых ветров и образованием туманов (таблица 1). Подавляющая часть В и СТ становится на хранение на открытых необорудованных площадках (аэродром Темп, о. Котельный) (рисунок 2).

По данным [1] затраты на топливосмазочные и ремонтные материалы возрастают на 50% при понижении температуры воздуха с +10 до –20 °С. После длительных перерывов число отказов бульдозеров зимой увеличивается на 16–20%, экскаваторов на 30–35%. До 50% износа приходится на пуск холодного двигателя [4].

Факторы среды в арктических широтах являются основными оказывающими влияние на эксплуатацию, техническое обслуживание (РТО и Р) и сохраняемость В и СТ в целом. Одним из главных факторов износа двигателей при отрицательных температурах является запуск холодного двигателя.



Рис. 1. Государства, претендующие на господство на Северном полюсе



Таблица 1. Основные критерии климатических районов

Климатический район	Пункт и воинские части	Температура воздуха, °С		Абсолютный максимум температуры поверхности почвы, °С	Предельное значение температуры воздуха, °С							
		Абсолютный минимум	Абсолютный максимум		годовой минимум				годовой максимум			
					при вероятности							
1	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Очень холодный	Якутск	-64	38	58	-61	-60	-59	-57	37	36	35	34
	Оймякон	-71	33	50	-68	-67	-66	-64	32	32	31	30
Холодный	Салехард	-54	31	46	-51	-49	-47	-44	30	29	28	27
Арктический приполюсный	широта 84° с.ш. долгота 180°	-53	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Арктический восточный	Тикси	-50	33	40	-50	-49	-48	-46	32	31	30	28
Арктический западный	Амдерма	-43	31	35	-40	-39	-38	-36	30	29	28	25
	Диксон	-51	27	34	-45	-44	-43	-41	25	23	22	19
Умеренно холодный	Тюмень	-50	39	60	-46	-44	-42	-39	37	36	35	34
	Улан-Удэ	-51	40	-	-48	-47	-45	-43	38	37	36	34
Умеренный	Москва	-41	37	56	-39	-37	-34	-31	36	35	34	32
	Мурманск	-38	33	45	-35	-34	-32	-30	31	30	30	28



Рис. 2. Хранение В и СТ (аэродром Темп, о. Котельный)

Если новые отечественные образцы оборудуются предпусковыми подогревателями, которые увеличивают расход топлива, но существенно сокращают износ двигателя, то устаревшая техника прогревается при помощи открытого пламени или не прогревается вообще. Другим фактором, влияющим на процент износа двигателей, является низкое качество топлива и применение добавок для облегчения запуска дизельных двигателей. Помимо двигателей большому износу подвергается рабочее оборудование землеройных машин. Также при отрицательных температурах увеличивается число отказов гидроприводов и гидрооборудования. Это связано с изменением физико-механических свойств материалов и рабочей жидкости. При пониженных температурах вязкость возрастает и через зазоры происходит насыщение рабочей жидкости воздухом [3].

Анализ результатов работ, позволил выявить характерные неисправности ремонтируемой В и СТ (рис. 3).

На основании проведенных в 2012 – 2014 годах исследований эксплуатации В и СТ в климатических условиях низких температур были определены следующие климатические показатели, влияющие на боеготовность военной и специальной техники:

## НАДЕЖНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

- температура воздуха,  $\tau_a$  ;
- изменение температуры,  $\Delta \tau_a$ ;
- влажность воздуха (относительная, абсолютная),  $\varphi$ ;
- атмосферные осадки конденсирования,  $f_p$  ;
- атмосфера с коррозионно-активными агентами (газы, аэрозоли),  $\delta_k$ ;
- солнечное излучение,  $R_{cl}$ ;
- атмосферные осадки,  $f_{\partial}$  ;
- атмосферное давление воздуха,  $P_a$ ;
- скорость ветра,  $V_{em}$  и другие показатели.

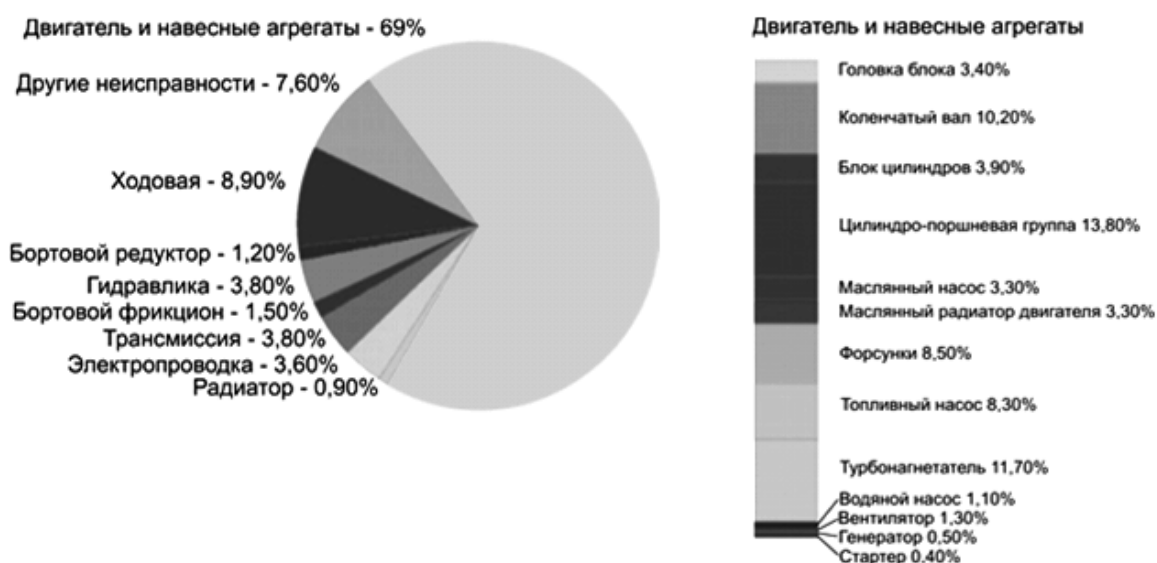


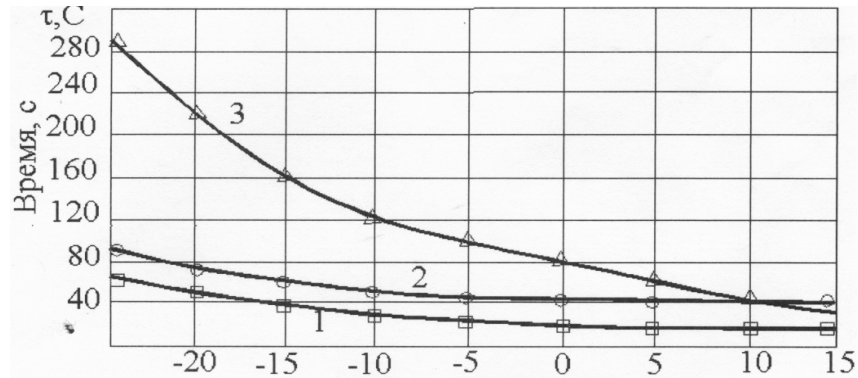
Рис. 3. Распределение неисправностей В и СТ

На базе ФГУ 3 ЦНИИ МО РФ были проведены испытания по определению влияния смазочных композиций на основе противоизносной добавки ФОРУМ-В на надежность и эксплуатационные свойства двигателей В и СТ в условиях низких температур окружающего воздуха [1].

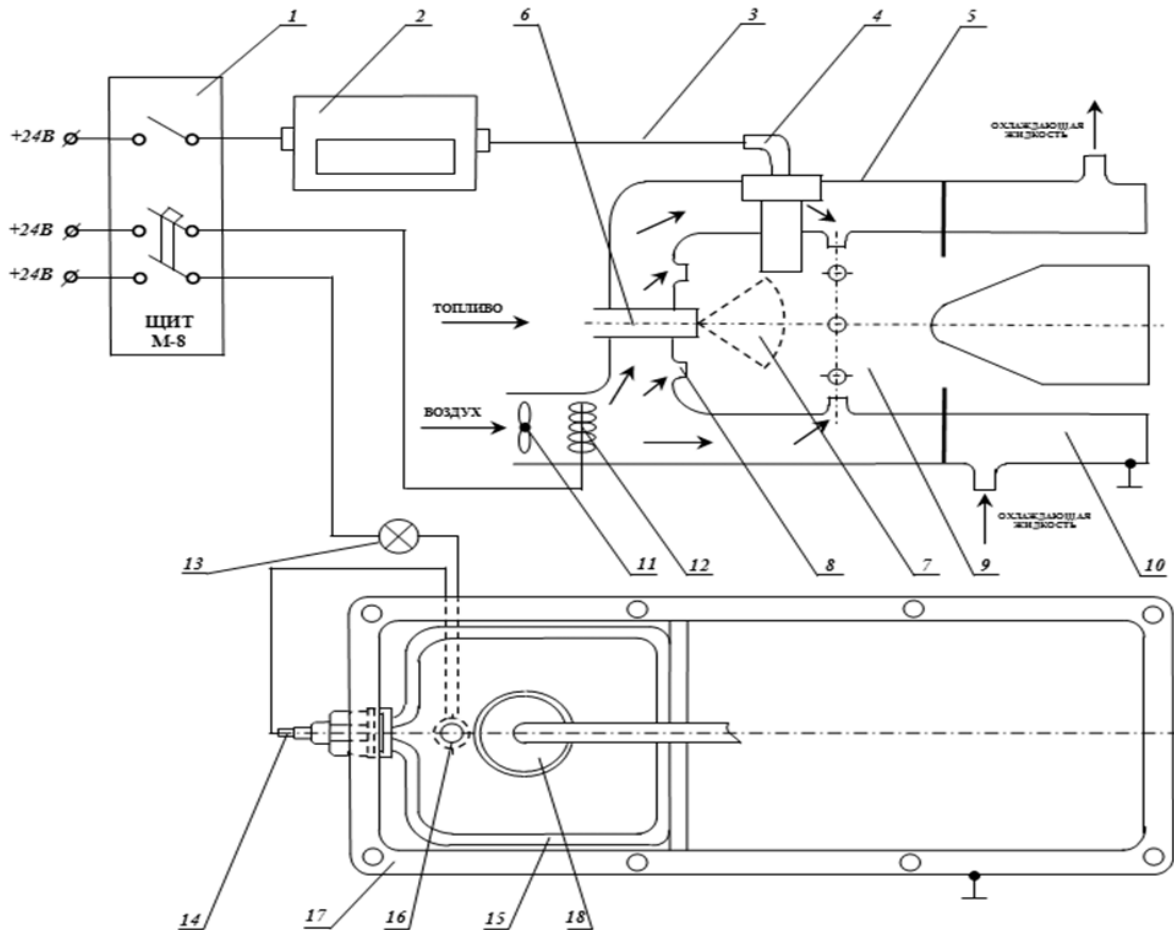
В рамках этого исследования было необходимо изучить как влияет время запаздывания моторного масла в главную масляную магистраль на эксплуатационные характеристики ДВС. В результате было установлено, что при температуре окружающего воздуха до минус 20°C запаздывание моторного масла составляет чуть больше 40 секунд, тем самым шейки коренного и шатунного подшипников в конце масляной магистрали смазываются несвоевременно, и это ведет к их износу гораздо большему по отношению к другим шейкам ДВС. Решение научной задачи по снижению времени запаздывания поступления моторного масла в главную масляную магистраль является актуальной темой дальнейшего исследования.

- 1 – до минимально допустимого 0,05 Мпа в конце главной масляной магистрали и в кольцевой канавке первого коренного подшипника;
- 2 – до рабочего давления;
- 3 – до поступления в ось коромысел клапанов.

Так как В и СТ эксплуатируется условиях Арктики, где диапазон температур колеблется от -51 до -71, то необходимо применение устройства для облегченного пуска на ДВС В и СТ. На основании проведенного анализа руководящих документов, НТД, научной литературы и патентного поиска устройств для облегченного пуска ДВС был разработано устройство для облегченного пуска ДВС В и СТ (рис. 5) [2].



**Рис. 4.** Изменение времени запаздывания поступления масла к подшипникам коленчатого вала в период холодного пуска и прогрева двигателя в зависимости от температуры моторного масла



**Рис. 5.** Конструкция устройства для облегченного пуска ДВС:

Устройство для облегченного пуска силовой установки включает: щит управления 1, агрегат зажигания 2, соединительный провод 3, запальную свечу 4, корпус 5, форсунку 6, конус 7 распыла топлива, дополнительные каналы 8 топлива наполнения, камеру сгорания 9, теплообменник 10, патрубок 11, свечу подогрева 12 впускного воздуха, контрольную лампу 13, контакт 14 нагревательного элемента 15, датчик 16 температуры моторного масла силовой установки, картер 17 силовой установки, маслозаборник 18

Для разработки конструкции ТЭНа необходимо было уточнить исходные данные:

1. Условия эксплуатации В и СТ;
2. Объем подогреваемого моторного масла;
3. Место установки и габаритные размеры ТЭНа;
4. Электрические характеристики.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Меншиков М.В. Диагностирование технического состояния дизелей по параметрам продуктов износа в масле. – Бронницы: 21 НИИИ МО РФ, 2011.
2. Пат. №150179 Российская Федерация, МПК F02N 19/00 Устройство для облегченного пуска силовой установки/ Жуков Л.В., Кравченко И.Н., Ивановский В.С., заявитель и патентообладатель Военно-технический университет (RU). - №2014136716; заявл. 10.09.2014. – 2с. ил.
3. Кравченко И.Н. Организация технического сервиса парков специализированных машин: монография // И.Н. Кравченко, Р.Р. Шайбаков, С.Г. Рихель, А.В. Мясников [и др.]. – М.: Изд-во «Эко-Пресс», 2013. – 216 с.
4. Кравченко И.Н., Гайдар С.М., Жуков Л.В., Ларин П.Г. Обоснование факторов, оказывающих влияние на надежность специальной техники в особых условиях эксплуатации / Фундаментальные исследования. – 2014. – №3.

### РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ И КОНТРОЛЯ НАДЕЖНОСТИ ТРУБОПРОВОДОВ

**Е.В. Зарубина, А.М. Полякова, В.А. Комельков, А.Г. Наумов, Т.В. Шмелева\***  
*(ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России  
\*ФГБОУ ВПО Ивановский политехнический университет)*

На пути трубопроводов, особенно большой протяженности, встречается много препятствий естественного и искусственного происхождения: водные преграды, транспортные магистрали, пересеченность местности (горная складчатость, холмы, овраги и т.д.), другие трубопроводы. Для их преодоления на трубопроводах делаются отводы, позволяющие повторять изгибы местности или возвышаться над препятствиями. Аварии, происходящие на трубопроводах, в этих местах имеют наиболее опасные последствия, так как в случае выброса или разлива транспортируемый продукт может покрыть собой большие площади, поразив их и вызвав вторичные последствия аварии (взрывы, пожары, нарушения экологии и др.). Возможны также нарушения транспортного сообщения, энергоснабжения, функционирования предприятий. Серьезной проблемой при локализации и ликвидации последствий ЧС на трубопроводах при преодолении ими препятствий является затрудненность доступа к месту утечки. Если позволяют условия, то подъем к аварийному участку осуществляется с использованием специальной техники.

По протяженности подземных трубопроводов для транспортировки нефти, газа, воды и сточных вод Россия занимает второе место в мире после США. Однако нет другой страны, где эти трубопроводные магистрали были бы так изношены. По оценкам специалистов МЧС России, аварийность на трубопроводах с каждым годом возрастает и в XXI век эти системы жизнеобеспечения вошли изношенными на 50-70%. Утечки из трубопроводов приносят стране огромный экономический и экологический ущерб. Особенно большое количество аварий происходит в городах в результате утечек воды из изношенных коммуникаций – канализационных, тепловых и водопроводных сетей. Из разрушенных трубопроводов вода

просачивается в грунт, повышается уровень грунтовых вод, возникают провалы и просадки грунта, что ведет к затоплению фундаментов, и в конечном счете грозит обрушением зданий.

Согласно правил противопожарного режима в Российской Федерации п. 55 [1] противопожарный водопровод должен находиться в исправном состоянии и обеспечивать требуемый по нормам расход воды на нужды пожаротушения. Целью испытаний сетей противопожарного водоснабжения на водоотдачу является определение фактических расходов воды, используемой для пожаротушения, и оценка их соответствия требованиям. Проверка работоспособности и водоотдачи сетей внутреннего противопожарного водопровода (вводы, обводные линии у водомеров, водопроводная сеть со стояками, пожарные краны, электромагнитные задвижки, насосы-повысители и наружного водопровода (гидранты, колодцы гидрантов) используемого для тушения пожара, пожарных гидрантов проводится перед приемкой их в эксплуатацию, по завершении ремонтных работ, а также не реже чем через каждые 6 месяцев при инвентаризации противопожарного водоснабжения (в весенне-летний и осенне-зимний периоды). А также специалисты проводят еще и визуальный осмотр противопожарного водопровода, его соединений и сварных узлов.

Но ни один из этих методов не дает возможности осуществить долгосрочный прогноз работоспособности противопожарного водопровода.

Основная причина аварий как на внутрипромышленных трубопроводах так и наружных – разрывы труб, вызванные внутренней коррозией, в большей степени под напряжением. За период с 1999 г. по 2009 г. из общего числа аварий по причине стресс-коррозии было 42 %. В 2014 г. на ее долю приходится уже 47,4% от всех аварий. К тому же расширяется география проявления коррозии под напряжением.

Износ внутрипромышленных трубопроводов достигает 80%, поэтому частота их разрывов на два порядка выше, чем на магистральных, и составляет 1,5 – 2,0 разрыва на 1 км.

Другой из основных причин выхода из строя является периодическое изменение давления воды в них. В частном случае такого процесса является гидравлический удар, в результате которого могут наблюдаться повреждения труб и другой аппаратуры и арматуры противопожарного водопровода. Проблема надежной работы противопожарных водопроводов, как показывает практика, является весьма актуальной задачей.

В настоящее время для борьбы с пульсациями и колебаниями давления и расхода в трубопроводных системах используют воздушные колпаки, аккумуляторы давления, гасители различных типов, ресиверы, дроссельные шайбы, клапаны сброса и т.п. Они морально устарели, не соответствуют современному развитию науки и техники, малоэффективны, особенно в случае гидроударов и динамики переходных процессов, не отвечают требованиям экологической безопасности, о чем свидетельствует статистика аварийности.



Рис. 1. Распределение общего числа разрушений трубопроводов в зависимости от вызвавших их причин

## НАДЕЖНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

Для сравнения ниже приведена общая статистика аварийности на всех магистральных газо- и нефтепроводах в России за последние 10 лет по данным Ростехнадзора (рис. 2).

При всех перечисленных выше воздействиях, в трубопроводе возникают остаточные напряжения (ОН), которые принято называть усталостные напряжения, которые вызваны под действием внешних и внутренних переменных (часто циклических) напряжений, приводящий к изменению свойств материала, образованию трещин, их развитию и разрушению материала за указанное время [3].

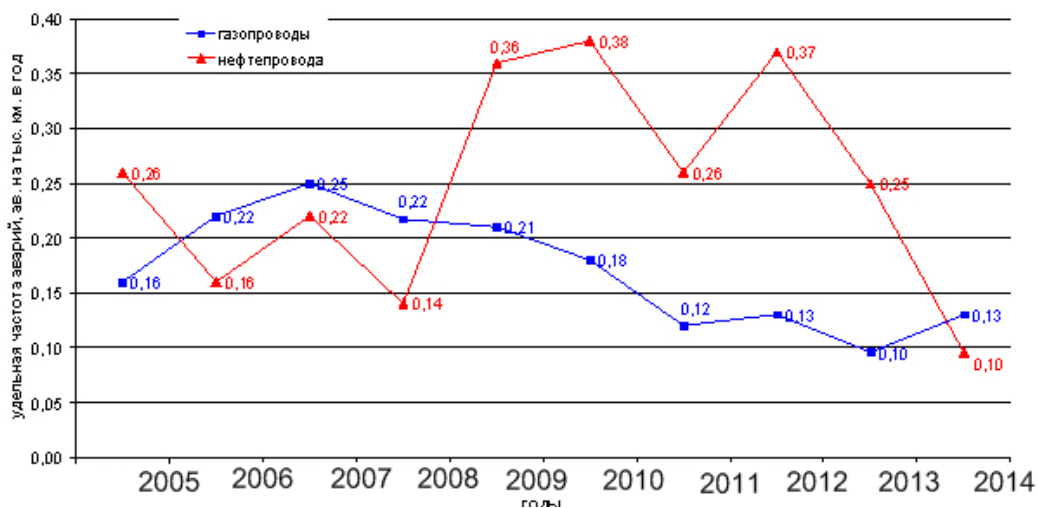


Рис. 2. Динамика аварийности на объектах магистральных нефте- и газопроводах в России

Если эксплуатационные нагрузки будут совпадать со знаком остаточных напряжений и их сумма будет выше величины допускаемых напряжений, то изделие может разрушиться при нагрузках ниже запланированных, что чрезвычайно опасно. Из этого следует, что измерение и неразрушающий контроль технологических остаточных напряжений является важнейшей метрологической проблемой.

Разработанная нами компьютерная программа [4] на языке «Delfi», (рис. 3, 4) использовалась, для определения зависимости прочности сварного соединения в противопожарном трубопроводе от статических и усталостных напряжений. Проводимый нами эксперимент позволил определить необходимые параметры трубопровода для обеспечения его безопасной работы. Так как в критических ситуациях при увеличении давления жидкости в трубопроводе может произойти разрушение герметичности шва. Благодаря данной программе сохраняется условие прочности при допускаемом значении напряжения.

Расчетные значения, заводимые в программу сравнивались с экспериментальными. Экспериментальная установка разработана и изготовлена в рамках выполнения научной работы на кафедре пожарной автоматики (в составе УНК «Государственный надзор») ИПСА ГПС МЧС России с использованием измерительного комплекса СИТОН - ТЕСТ.

Путем проводимых экспериментов нами создается модель определения и контроля надежности трубопроводов и экологической безопасности, в зависимости от воздействий неблагоприятных окружающих факторов.

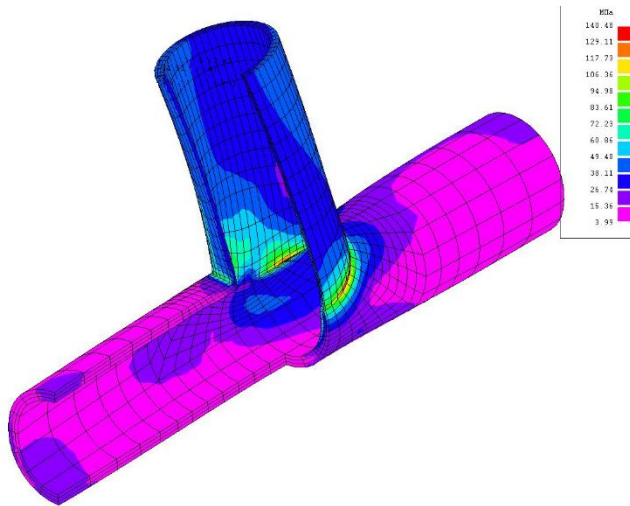


Рис. 3. Виртуальная модель напряжений в трубопроводе

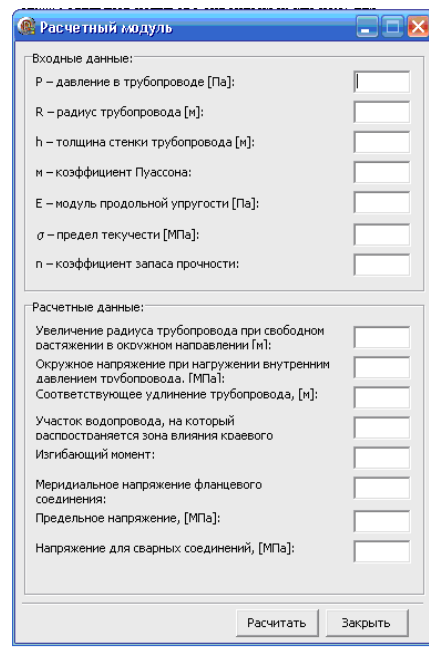


Рис. 4. Расчетный модуль программы

## ЛИТЕРАТУРА

1. Правила противопожарного режима в Российской Федерации (утверждено постановлением Правительства РФ от 25 апреля 2012 г. № 390).
2. Варкова А.А., Жуков Б.В. Местные сопротивления в системах пожарного водоснабжения // Сборник материалов межрегиональной научно-практической конференции молодых ученых г. Иваново, Ивановский институт ГПС МЧС России, 2011 – С. 27-32.
3. Технология приборостроения. Учебное пособие / Валетов В.А., Кузьмин Ю.П., Орлова А.А., Третьяков С.Д. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2008 – 336 с.

## ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМЫ ПИТАНИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ ПОЖАРНОЙ И АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

**З.Г. Зиангиров, Г.Е. Назаров, М.С. Маршалов**  
 (ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия МЧС России»)

Надежность работы аварийно-спасательной техники неразрывно связана с надежностью работы силовых установок. Не редки ситуации выхода из строя двигателей по причине изменения свойств топлива вследствие понижения температуры окружающего воздуха. Что характерно для дизельных двигателей. Тем не менее, данные двигатели нашли широкое применение в автомобилях и агрегатах.

Дизельные двигатели надежнее и долговечнее. Для них характерны стабильная экономичность во всем диапазоне нагрузок, лучшая приемистость и возможность работы с нагрузкой без полного прогрева [1,2]. Основные различия в работе дизельного и бензинового двигателей заключаются в способах смесеобразования и воспламенения рабочей смеси. Поэтому требования к дизельному топливу обуславливаются особенностями работы двигателя.

## НАДЕЖНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

Главные эксплуатационные характеристики дизельного топлива – его низкотемпературные свойства и подвижность при отрицательных температурах определяют работу системы питания. Топлива, содержащие большое количество парафиновых углеводородов, имеют плохие низкотемпературные свойства вследствие кристаллизации этих углеводородов даже при положительных температурах. Выделяющиеся кристаллы могут засорить систему питания двигателя, особенно топливные фильтры.

Низкотемпературные свойства характеризуются температурой помутнения, предельной температурой фильтрации и температурой застывания. Температура помутнения определяется температурой, при которой изменяется фазовый состав топлива, так как наряду с жидкой фазой появляется твердая. При этом топливо теряет свою прозрачность, мутнеет из-за выделения микроскопических кристаллов льда (если в топливе имеется вода) и в основном твердых углеводородов. Однако при помутнении текучесть топлива не меняется. Размеры кристаллов таковы, что они проходят через фильтры. При предельной температуре фильтрации размеры кристаллов твердых углеводородов увеличиваются и они не проходят через фильтры, т.е. текучесть топлива ухудшается. При температуре застывания кристаллическая решетка настолько упрочняется, что топливо теряет текучесть.

Низкотемпературные свойства можно улучшить, удалив из топлива часть парафиновых углеводородов, то есть депарафинизацией. При этом можно получить топливо с заранее заданной температурой застывания. Однако следует помнить, что при депарафинизации удаляются высокоцетановые компоненты — парафиновые углеводороды, т.е. снижается цетановое число дизельного топлива. Топлива с плохими низкотемпературными свойствами имеют высокие цетановые числа, а топлива с хорошими низкотемпературными свойствами обладают неудовлетворительными цетановыми числами. Для сохранения цетанового числа на необходимом уровне проводят неглубокую депарафинизацию [1].

Для обеспечения необходимых температур помутнения и застывания зимние сорта топлива получают за счет облегчения фракционного состава. При производстве зимних сортов дизельного топлива используют депрессорные присадки. Добавляя эти присадки в сотых долях процента, можно снизить предельную температуру застывания на 15...20 °С. При введении депрессорных присадок температура помутнения топлива не изменяется. Механизм действия депрессорных присадок заключается в модификации структуры кристаллизующихся парафинов, уменьшении их размеров.

Для снижения температуры застывания дизельных топлив в условиях эксплуатации допускается в виде исключения добавлять керосин. С этой целью используют низкозастывающие сорта керосина (типа реактивного топлива) в количестве до 25 %. При сильном разбавлении дизельного топлива керосином снижается цетановое число, что приводит к жесткой работе двигателя, и резко ухудшаются смазочные свойства, в связи с чем повышается износ плунжерной пары. При температуре воздуха от –20 до –30 °С двигатели работают на смеси, состоящей из 90 % дизельного топлива и 10 % керосина, а при температуре от –30 до –35 °С они работают на смеси, состоящей из 75 % дизельного топлива и 25 % керосина. Обычный осветительный керосин непригоден для данной цели, так как имеет плохие низкотемпературные свойства. Температура помутнения осветительного керосина составляет –12...–15 °С.

Следует отметить, что дизельное топливо зимних сортов выпускают значительно меньше, чем летних. Нефтеперерабатывающие заводы России вырабатывают около 11 % зимнего и 1 % арктического дизельного топлива от общего объема. Потребность в зимнем дизельном топливе обеспечена менее чем на 50 % [1]. Поэтому зимние сорта топлива следует использовать только в холодное время и не допускать их смешивания с летними топливами.

Для компенсации влияния отрицательных температур, затрудняющих пуск силовых установок в виду неустойчивости работы системы зажигания и системы питания, возможно применять различные способы.



Подогрев камеры сгорания осуществляют для облегчения и ускорения пуска дизелей. Для этой цели применяют вспомогательные средства, с помощью которых повышают температуру воздуха в конце сжатия. Такими средствами являются запальные приспособления. Для дизелей используют: электрические свечи накаливания. Способ облегчения пуска дизеля с помощью электрической свечи накаливания преимущественно распространен в быстроходных дизелях с отдельными камерами, в которых охлаждение рабочей смеси наиболее интенсивно. Свечи накаливания устанавливают в головке цилиндров дизеля [1].

На некоторых автомобильных и тракторных двигателях подогрев воды в системе охлаждения и частично картерного масла производится подогревательными котлами. Подогреватели могут работать автономно от топливной системы (в этом случае надежность работы предпускового подогревателя также зависит от морозоустойчивых свойств применяемого топлива).

В регионах с умеренным климатом применяют сезонные виды топлив, так называемых летних или зимних. Смена вида топлив осуществляется силами нефтебаз, снабжающих данный регион топливом. Если происходит внезапное понижение температуры, то весь автомобильный парк региона вынужден работать на не приспособленном топливе [4]. В результате повышения вязкости летнего топлива система питания ДВС нарушается, а при более низкой температуре выходит из строя. Для борьбы с этой неблагоприятной ситуацией предлагается использовать топливные фильтры и баки с электрическими подогревателями и теплоизолированными топливными магистралями [3].

Для облегчения запуска дизельного двигателя в холодное время года помимо подогревателя двигателя необходимо применять специальные устройства для подогрева топлива, фильтров и элементов трубопроводов. Эти подогреватели элементов топливной системы, намного проще подогревателей двигателей. Поскольку масса подогреваемых топливных элементов невелика, то для их подогрева затрачивается совсем немного энергии аккумуляторной батареи, расходуемой в течение короткого промежутка времени.

В нагревательных элементах наиболее современных подогревателей используется керамика с положительным температурным коэффициентом сопротивления (ПТК-керамика, позистор). Устройства с ПТК-керамикой обладают свойством саморегулирования выделяемого тепла, исключая его перегрев и необходимость в сложных блоках управления и защиты. Также надо отметить и повышенный КПД, и высокую надежность устройств на ПТК-керамике. Ресурс непрерывной работы таких подогревателей превышает 40 000 часов. Наличие положительного температурного коэффициента сопротивления у электропроводящих материалов отнюдь не является редкостью. Им, например, обладают многие металлы. Но только ПТК-керамика имеет резко выраженный нелинейный характер увеличения сопротивления при достижении определенной температуры (точки переключения). Сопротивление элемента после этой точки резко возрастает, что приводит к уменьшению тока и остыванию элемента. После остывания элемента его сопротивление вновь уменьшается, и он быстро разогревается. Начальный ток холодного подогревателя, называемый пусковым, в несколько раз превышает установившееся значение. Это характерная черта подогревателей на ПТК-керамике [3].

Подогреватели, применяемые в топливных системах, подразделяются на: подогреватели фильтра тонкой очистки; проточные подогреватели; подогреватели фильтра грубой очистки (отстойники); подогреваемые топливозаборники; подогреватели топливопроводов.

Фильтр тонкой очистки является самым уязвимым местом топливной магистрали, который становится непроходимым из-за скопления в нем парафиновых кристаллов. Подогреватели фильтра тонкой очистки выполняются в двух конструктивных формах: встраиваемой и накладной. Первый вид подогревателя приспособлен для непосредственного встраивания в конструкцию фильтра. Такие подогреватели, например, выпускаются

компанией «Ивэль» [6]. Накладная конструкция подогревателя предназначена для внешней установки на корпус фильтра тонкой очистки и выполнена в виде обоймы. Накладные подогреватели выпускаются компанией «Номакон» [7]. Оба типа подогревателей являются предпусковыми.

Проточные подогреватели являются дополнительными элементами топливной системы и устанавливаются в разрез топливной магистрали. Такие подогреватели обеспечивают подогрев топлива автомобиля во время движения. К классу проточных относятся и фильтры «Serag» [8], одновременно осуществляющие фильтрацию топлива, его подогрев и отделение воды. Такие фильтры используются и как предпусковые подогреватели топлива.

Более совершенными свойствами обеспечения надежной работы топливных систем обладают автоматические системы подогрева топлива [3].

Автоматические системы подогрева топлива используют рассмотренные выше отдельные подогреватели, объединенные в единую систему, управляемую электронным блоком. Такие системы упрощают эксплуатацию автомобиля с дизельным топливом и автоматизируют процесс подогрева топлива. Также они выполняют защитные функции при возникновении неисправности и снижении напряжения бортовой сети автомобиля.

Автоматические системы подогрева, как правило, содержат (рис.1), подогреватель фильтра тонкой очистки, проточный подогреватель (или подогреваемый топливозаборник), блок управления и индикации.

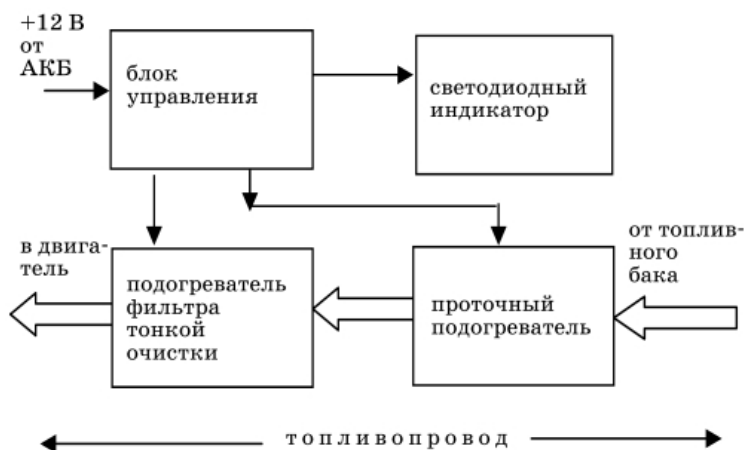


Рис. 1. Система подогрева топлива с проточным подогревателем

В работе [5] предложена модернизация и теоретическая оценка эффективности топливного фильтра-отстойника. Модернизация заключается в установке в корпусе штатного фильтра разработанного двухфункционального термостабильного фильтроэлемента объемного типа с заданными размерами пор, уменьшающимися по ходу топлива в организованном поровом пространстве. В качестве фильтрующего материала применен синтетический пористый деформируемый материал, навиваемый вместе с электропроводной подложкой, выполняющей роль нагревателя, на перфорированную трубку.

Намотка пористой ленты с постепенным уменьшением уплотнения позволяет получить фильтрующий элемент пористостью, увеличивающейся от областей прилегающих к каркасу до областей на периферии элемента. В процессе очистки жидкость последовательно проходит от периферии к центру. Задержка частиц больших размеров осуществляется в областях, близких к периферии, меньших размеров - в слоях меньшей пористостью. Подобная структура фильтрующего материала позволяет обеспечить равномерную забивку частицами загрязнений и повысить ресурс его работы.

Для управления тепловым процессом топливной системы в электрической сети модернизированного фильтра имеется устройство, позволяющее автоматически поддерживать необходимую температуру топлива в соответствии с температурой окружающей среды.

Сравнительные испытания тракторов МТЗ-82 в идентичных климатических условиях указали на явные преимущества модернизированного фильтра относительно штатного фильтра-отстойника. Нарботка прецизионных пар топливной системы до отказа возросла в 1,2... 1,3 раза, а ресурс самого фильтра - в 1,5... 1,6 раз [5].

Таким образом, предлагаемый вариант топливного фильтра с нагревателем может поддерживать необходимую температуру топлива для исключения парафинизации и образования льда, повышает ресурс фильтрующего элемента и снижает изнашивание деталей топливной аппаратуры.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод о повышении надежности работы топливных систем дизельных двигателей пожарной и аварийно-спасательной техники при использовании комплексной системы локальных подогревов дизельного топлива.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. А.С. Кузнецов. Устройство и работа двигателя внутреннего сгорания. – М.: Издательский центр «Академия», 2013. – 80 с.
2. Автомобили и тракторы: краткий справочник / В.И. Баловнев, Р.Г. Данилов. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 384 с.
3. URL: <http://www.razlib.ru> (дата обращения 01.10.2014)
4. Н.Д. Корсаков, Д.А. Леонтьев, М.С. Маршалов, Г.Е. Назаров, К.В. Семенова. Способы повышения надежности системы запуска силовых установок аварийно-спасательной техники // V Всероссийская научно-практическая конференция «Надежность и долговечность машин и механизмов, Иваново, ИВИ ГПС МЧС России, Иван. Гос. Хим.-технол. Ун-т; 17-18 апреля 2014г. – С. 122-126.
5. Э.И. Удлер, П.В. Исаенко, Д.В. Халтурин, А.В. Лысунец. Теоретическая оценка процессов очистки и подогрева топлива в мобильных машинах / Известия Томского политехнического университета 2012 Т. 320 N: 2. – С.125-129.
6. URL: <http://avtoklimat.com> (дата обращения 12.10.2014).
7. URL: <http://tavil.ru> (дата обращения 02.11.2014).
8. URL: <http://www.separkd.ru> (дата обращения 10.01.2015).

#### **ОБРАБОТКА ДЕТАЛЕЙ ПОЖАРНОЙ ТЕХНИКИ АЛМАЗНЫМ ВЫГЛАЖИВАНИЕМ**

**И.А. Калинин, В.А. Полетаев**

**(ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»)**

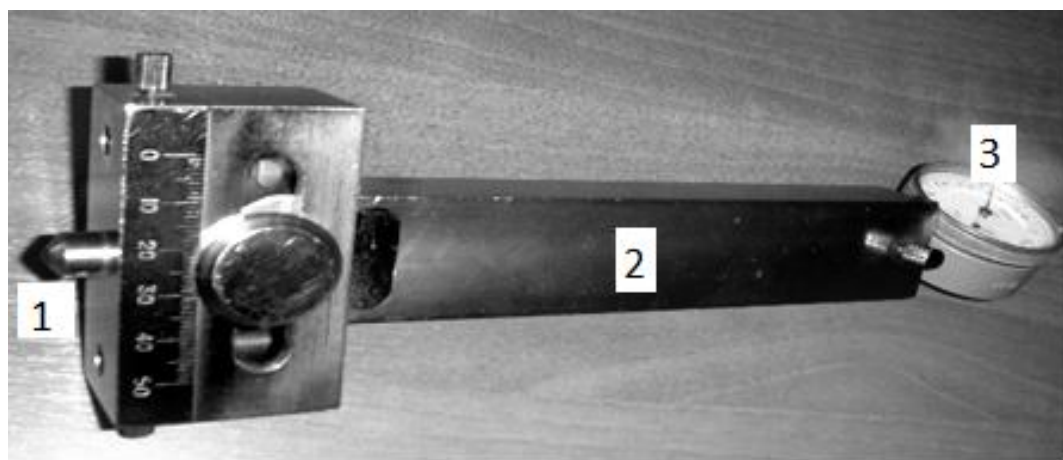
Выглаживание является одним из методов отделочно-упрочняющей обработки поверхности пластическим деформированием и заключается в пластическом деформировании обрабатываемой поверхности скользящим по ней инструментом – выглаживателем, закрепленным в оправке алмазным кристаллом, который обладает следующими свойствами: высокой твердостью; низким коэффициентом трения; высокой степенью чистоты; высокой теплопроводностью.

## НАДЕЖНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

Выглаживание производится для уменьшения шероховатости поверхности (отделка), упрочнения поверхностного слоя, повышения точности размеров и форм деталей (калибрование).

На рис. 1. показана конструкция алмазного выглаживателя, состоящего из алмазного наконечника (1), державки (2), индикатора (3). Алмазный наконечник изготовлен из искусственного алмаза весом 0,8 карат, радиус вершины 3 мм.

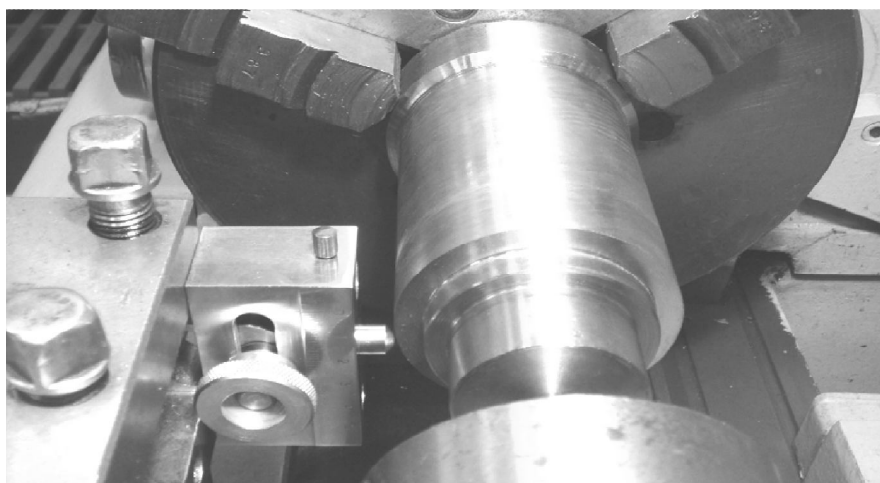
Образующийся в результате алмазного выглаживания микрорельеф поверхности обуславливается следующими факторами: кинематикой процесса (направлением взаимного перемещения инструмента и обрабатываемой детали); величиной исходной шероховатости; формой и размером рабочей части алмаза; величиной внедрения алмаза в обрабатываемую поверхность; пластическим течением материала, обуславливающим появление вторичной шероховатости; шероховатостью рабочей части алмаза; величиной упругого восстановления поверхности после выглаживания; вибрациями системы СПИД.



**Рис. 1.** Алмазный выглаживатель:

1 – алмазный наконечник; 2 – державка; 3 – тарированный индикатор

На рис. 2. представлена фотография обработки деталей алмазным выглаживанием на токарном станке 16К20.



**Рис. 2.** Фотография обработки детали электронасоса алмазным выглаживанием на токарном станке

На рис. 3 показаны фотографии поверхности стали 45 (вид сверху), на рис. 4 – фотографии поверхности стали 40Х13; а на рис.5–фотографии поверхности стали 12Х18Н10Т (а – после точения; б – после точения и алмазного выглаживания).

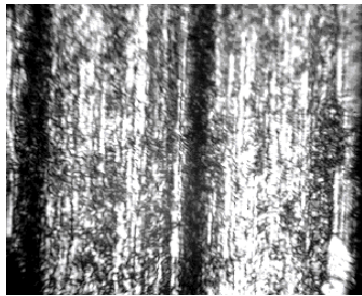


а)

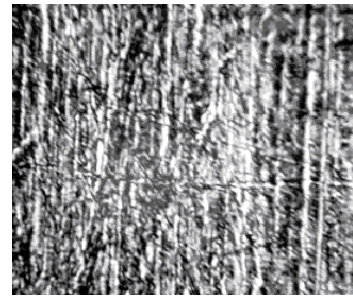


б)

**Рис.3.** Поверхность стали 45 (вид сверху): а) – после точения; б) –после точения и алмазного выглаживания (ув.× 2500)

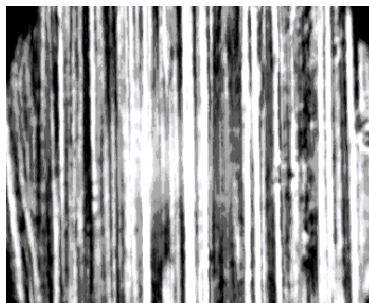


а)

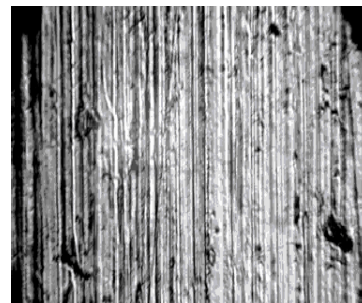


б)

**Рис.4.** Поверхность стали 40X13 (вид сверху): а) – после точения; б) –после точения и алмазного выглаживания (ув.× 2500)



а)



б)

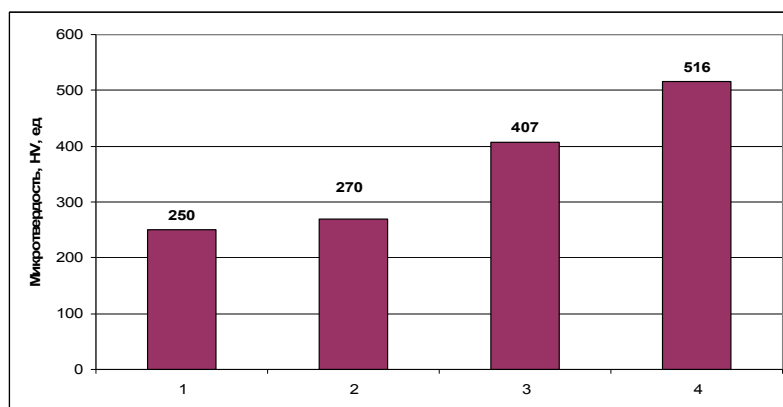
**Рис.5.** Поверхность стали 12X18H10T(вид сверху а) – после точения; б) –после точения и алмазного выглаживания (ув.× 2500)

На рис. 6, 7 показано изменение микротвёрдости HV в зависимости от метода обработки для деталей из стали 12X18H10T и 40X13.

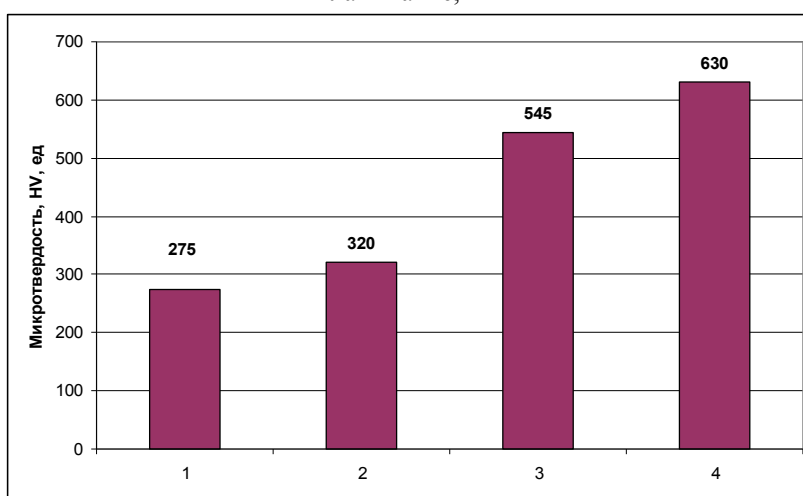
На рис. 8, 9 показана гистограмма изменения шероховатости Ra в зависимости от метода обработки для деталей из стали 40X13 и 12X18H10T.

Алмазным выглаживанием можно обрабатывать почти все применяющиеся в промышленности металлы и сплавы, за исключением титана, циркония и ниобия, так как они налипают на рабочую часть выглаживателя.

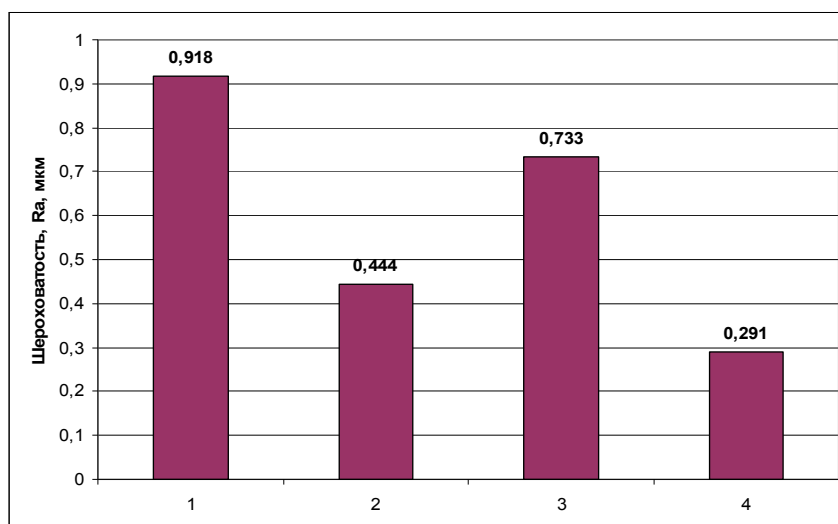
## НАДЕЖНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ



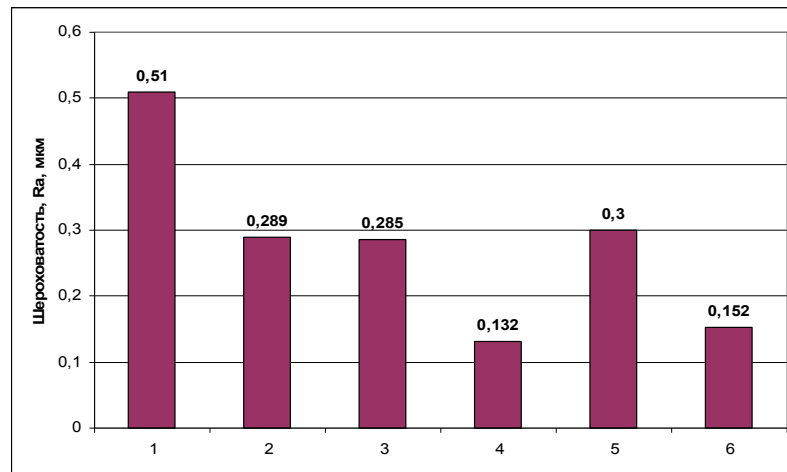
**Рис. 6.** Гистограмма изменения микротвердости HV в зависимости от метода обработки для деталей из стали 12X18H10T: 1 – точение; 2 – точение + алмазное выглаживание; 3 – ТО(темообработка); 4 - ТО + алмазное выглаживание;



**Рис. 7.** Гистограмма изменения микротвердости HV в зависимости от метода обработки деталей из стали 40X13: 1 – точение; 2 – точение + алмазное выглаживание; 3 – ТО (термообработка); 4 - ТО + алмазное выглаживание



**Рис. 8.** Гистограмма изменения величины шероховатости  $R_a$  в зависимости от метода отделочной обработки для детали из стали 40X13: 1 – точение; 2 – точение + алмазное выглаживание; 3 – точение + шлифование; 4 - точение + шлифование + алмазное выглаживание.



**Рис. 9.** Гистограмма изменения величины шероховатости  $R_a$  в зависимости от метода отделочной обработки для детали из стали 12X18H10T: 1 – точение; 2 – точение + алмазное выглаживание; 3 – точение + шлифование + алмазное выглаживание; 5 – шлифование + термообработка; 6 – шлифование + термообработка + алмазное выглаживание.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Одинцов, Л.Г. Финишная обработка деталей алмазным выглаживанием и вибровыглаживанием / Л.Г. Одинцов. – М.: Машиностроение, 1981–160 с.
2. Повышение несущей способности деталей машин алмазным выглаживанием / В.К. Яценко, Г.З. Зайцев. – М.: Машиностроение, 1985. – 232 с.
3. Смелянский, В.М. Механика упрочнения деталей поверхностным пластическим деформированием / В.М. Смелянский. – М.: Машиностроение, 2002. – 300 с.
4. Самок Г.С., Полетаев В.А. Повышение долговечности деталей электронасосов путем нанесения специальных покрытий. //Физика, химия и механика трибосистем. /Г.С.Самок, В.А Полетаев Сб. трудов, вып 3. - Иваново: ИвГУ. 2004, – С.120-122.
5. Полетаев, В.А., Самок Г.С., Королькова Г.С. Исследование механических свойств деталей электронасосов, упрочненных комбинированным способом // В.А. Полетаев, Г.С. Самок, Г.С. Королькова //Вестник ИГЭУ. – 2008. – Вып. 3. – С. 22-25.

## ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ОБЛИЦОВОЧНЫХ ПЛАСТИН ПРЕСС-ФОРМ

**А.Э. Козловский, М.Ю. Колобов**

*(ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный химико-технологический университет»)*

В различных отраслях промышленности широко применяются огнеупорные изделия. В современном производстве огнеупоров многие из них получают за счёт полусухого формования порошкообразных масс на прессах. Для этого способа в случае высоких абразивных свойств пресс-порошков и высоких удельных давлений прессования актуальна проблема износостойкости облицовочных пластин пресс-форм. Повышение стойкости оказывает существенное влияние на качество огнеупорных изделий.

Сложность решения этой задачи состоит в том, что многие эксплуатационные характеристики пластин антагонистичны друг другу. В частности, материал, из которого они изготавливаются, должен обладать высокой твёрдостью (HRC 56-60) и значительным запасом вязкости (особенно в условиях динамического воздействия), а сама пресс-форма имеет жёсткие допуски на изменение геометрии. Вместе с тем при больших объёмах

## НАДЕЖНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

производства материал не должен быть очень дорогим. Поэтому основными материалами для пластин являются стали различных марок.

Так как свойства любого материала определяются его структурой, то применительно к сталям на первый план выходит правильный выбор не только марки стали, но в первую очередь оптимального режима их термической обработки.

Целью данной работы являлось исследование влияния технологических параметров термической обработки на формирование структуры и износостойкость стали X12M в условиях абразивного изнашивания. Данная сталь имеет сложный химический состав и низкую критическую скорость закалки, что позволяет закалывать детали больших сечений на воздухе.

Свойства стали X12M после различных видов термообработки зависят от количества, дисперсности, химического состава и свойств отдельных структурных составляющих. К этим составляющим относятся, прежде всего: карбиды и их неоднородность, мартенсит и степень его тетрагональности, остаточный аустенит и его способность к фазовому наклёпу, а также неметаллические включения. Столь сложная структура позволяет с помощью разных режимов обработки изменять в широких пределах одни свойства стали при сохранении неизменными других, например, твёрдости.

Большое влияние на формирование структуры оказывает температура нагрева данной стали под закалку. Структура закалённой стали X12M состоит из определённого количества мартенсита, остаточного аустенита и карбидов. Соотношение этих структурных составляющих и определяет механические свойства закалённой стали.

Температура нагрева под закалку влияет на растворимость карбидов в аустените, величину зерна аустенита, а также на температуры начала и конца мартенситного превращения. Так при повышении температуры нагрева количество остаточного аустенита после закалки увеличивается, а мартенсита и карбидов уменьшается, а температуры мартенситного превращения повышаются.

В работе были исследованы различные режимы обработки образцов стали, позволяющие получать разные значения пластичности и вязкости при одинаковой твёрдости (HRC 56-60). Прочность и пластичность оценивали по испытаниям образцов на сжатие на гидравлической машине сжатия ГМС-50. Ударную вязкость сравнивали по результатам испытаний на маятниковом копре МК-30.

По результатам лабораторных исследований предлагаются 4 режима упрочняющей термической обработки облицовочных пластин пресс-форм из стали X12M:

- закалка на первичную твёрдость: нагрев под закалку  $1045 \pm 25^\circ\text{C}$  → охлаждение на воздухе (HRC60-64) → нагрев для отпуска  $325 \pm 25^\circ\text{C}$  → охлаждение на воздухе (HRC56-60);
- закалка на вторичную твёрдость: нагрев под закалку  $1145 \pm 25^\circ\text{C}$  → охлаждение на воздухе (HRC42-50) → нагрев для отпуска  $535 \pm 25^\circ\text{C}$  → охлаждение на воздухе → нагрев для отпуска  $535 \pm 25^\circ\text{C}$  → охлаждение на воздухе (HRC56-60);
- закалка изотермическая: нагрев под закалку  $1035 \pm 25^\circ\text{C}$  → охлаждение под изотермическую выдержку  $275 \pm 25^\circ\text{C}$  → выдержка → охлаждение на воздухе (HRC58-60) → нагрев для отпуска  $325 \pm 25^\circ\text{C}$  → охлаждение на воздухе (HRC56-60);
- закалка ступенчатая: нагрев под закалку  $1035 \pm 25^\circ\text{C}$  → охлаждение до первой ступени  $275 \pm 25^\circ\text{C}$  → выдержка → нагрев до второй ступени  $565 \pm 25^\circ\text{C}$  → выдержка → охлаждение на воздухе (HRC56-60) → нагрев для отпуска  $325 \pm 25^\circ\text{C}$  → охлаждение на воздухе (HRC56-60).

Показана возможность исключения из технологического процесса термической обработки таких сред, как минеральные масла и соляные расплавы.



## ВИБРОДИАГНОСТИКА – СРЕДСТВО ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ РОТОРНЫХ МАШИН

**А.Б. Колобов, Ф.Б. Огурцов**

*(ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный энергетический университет  
им. В.И. Ленина»)*

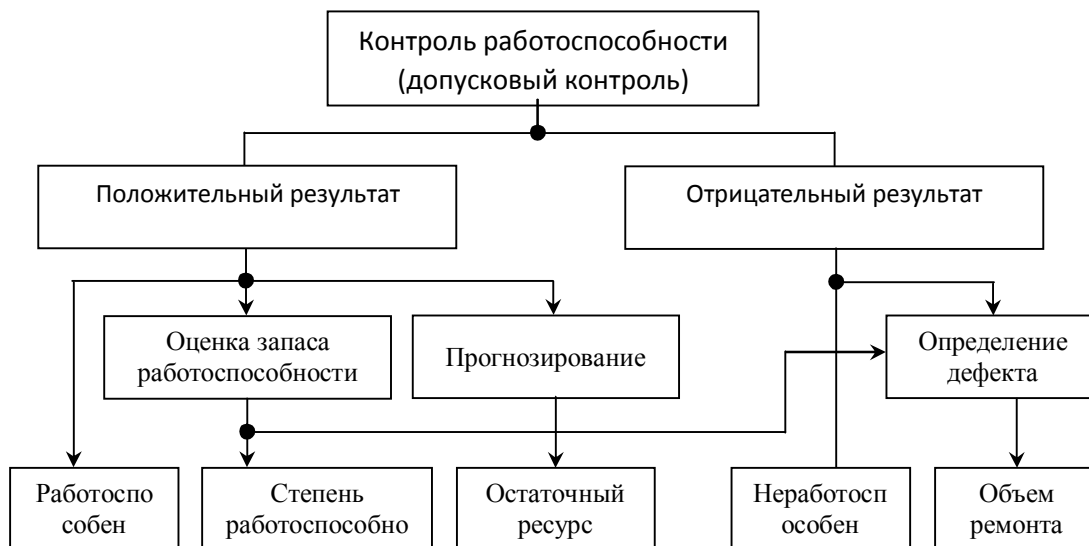
Надежность машин на всех этапах «жизненного цикла» обеспечивается правильными проектно-конструкторскими решениями, высокотехнологичными операциями производства, качественными материалами, а на этапе эксплуатации – диагностикой их технического состояния (ТС).

Вибрационная диагностика (вибродиагностика – ВД) применяется как при доводке конструкции при разработке машин путем испытаний опытного образца с целью выявления слабых узлов, установления причин отказов и корректировки конструкции. ВД позволяет выделить узлы с наибольшей виброактивностью и определить резонансные зоны, тем самым снижая затраты на конструкторскую доработку. Применение ВД, обеспечивающей бездемонтажный контроль качества изготовления машины, упрощает технологию контроля, повышает ее эффективность и снижает затраты на контроль [1].

В условиях эксплуатации ВД машин является, по существу единственным и очень эффективным способом оценить их ТС и определить дефекты, вызывающие ухудшение ТС, а также спрогнозировать остаточный ресурс машины. Достижение эксплуатационной надежности обеспечивается системой технического обслуживания и ремонтов (ТОР), поэтому знание фактического ТС позволит изменить структуру ТОР и перейти от технически неэффективной и затратной системы планово-предупредительных ремонтов (ППР) к системе ТОР по фактическому состоянию. Поэтому ВД, наряду с повышением прямой составляющей надежности – долговечности, обеспечивает также высокую экономичность эксплуатации.

Задачи ВД машин на этапе их эксплуатации могут быть сведены к следующим: контроль работоспособности; определение вида дефекта; прогнозирование состояния (оценка остаточного ресурса) объекта. Какие задачи решаются – зависит как от целей диагностирования, так и от выполнения, назначения и условий эксплуатации машин.

Контроль работоспособности выполняется для машин любого назначения и представляет начальный уровень ВД – *вибромониторинг* ТС, предполагающий проверку соответствия измеренной вибрации требованиям технической и нормативной документации. Контроль работоспособности выполняется в виде допускового контроля, от результатов которого зависят дальнейшие действия (рис.1).



**Рис. 1.** Объем действий при вибродиагностике машин на этапе эксплуатации

## НАДЕЖНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

При *положительном результате* может производиться либо одно из указанных, либо все действия:

- выдача заключения о работоспособном без ограничения условий эксплуатации состоянии машины;
- определение вида дефекта, который привел к снижению запаса работоспособности, и оценка характера его развития;
- оценка запаса работоспособности и выдача заключения о мере работоспособности, причем мера может быть выражена в любых условных или безусловных единицах, пригодных для сравнения объектов, а также ввод ограничений на условия эксплуатации (прежде всего, по нагрузке) машины;
- прогнозирование состояния машины и выдача заключения об остаточном ресурсе.

При прогнозировании состояния машины анализируется тренд изменения вибрации во времени и предсказывается ТС в будущем, что позволяет оценить остаточный ресурс до предельного состояния.

При *отрицательном результате* производится:

- определение вида дефекта или совокупности дефектов, приведших к недопустимому снижению запаса работоспособности, и оценка глубины развития дефекта для выдачи рекомендаций по объему ремонтных работ;
- выдача заключения о неработоспособном состоянии с рекомендациями о немедленной аварийной остановке машины.

В настоящее время, при хорошей технической базе средств измерения и анализа вибрации, достоверность решения перечисленных задач определяется, прежде всего, качеством алгоритмов диагностирования ТС. Последнее, в значительной мере, зависит от того, что в ВД диагностическими признаками (ДП) являются не сами параметры ТС машины, а характеристики вибросигнала, содержащие информацию о параметрах ТС [3].

ТС машины в момент времени  $t$  определяется совокупностью значений параметров

$$\mathbf{Z} = \left( z_1^{(t)}, z_2^{(t)}, \dots, z_i^{(t)}, \dots, z_k^{(t)} \right) = \left\{ z_i^{(t)} \right\}_{i=1}^k, \text{ к которым относятся: параметры деталей}$$

(геометрические и физические) и их взаимного расположения, а также параметры, характеризующие внутреннюю динамику машины (качество контактирующих поверхностей, зазоры, сопряжения, угол перекоса осей, дисбаланс и т.п.).

В общем случае множество  $\mathbf{S}$  возможных ТС машины бесконечно, однако в множестве  $\mathbf{S}$  выделяются два непересекающихся подмножества  $\mathbf{S} = \mathbf{S}_p \cup \mathbf{S}_n$ , где  $\mathbf{S}_p$  –

подмножество работоспособных ТС  $\mathbf{S}_p = \bigcup_{j=1}^n \mathbf{S}_{pj}$ , включающее в себя классы состояний

$\mathbf{S}_{pj}$  ( $j = 1, \dots, n$ ), в которых машина будет выполнять заданные функции, но отличаться

запасом работоспособности и  $\mathbf{S}_n$  – подмножество ТС с дефектами  $\mathbf{S}_n = \bigcup_{q=1}^m \mathbf{S}_{nq}$ ,

включающее классы  $\mathbf{S}_{nq}$  ( $q = 1, \dots, m$ ), характеризующиеся возникновением в машине дефектов, приводящих к значительному ограничению работоспособности.

Работающую машину можно представить как некий преобразователь  $U$  параметров ее ТС  $\mathbf{Z}$  в параметры вибросигнала, т.е.  $U : \mathbf{T} \mathbf{C} \mathbf{Z} \rightarrow \mathbf{A}$ , поэтому в момент времени  $t \in T$  состояние машины из пространства параметров ТС отображается в пространство ДП, и

описывается вектором ДП  $\mathbf{A} = \left( a_1^{(t)}, a_2^{(t)}, \dots, a_j^{(t)}, \dots, a_n^{(t)} \right) = \left\{ a_j^{(t)} \right\}_{j=1}^n$  – чаще всего, это

частотный спектр, а также модуляционные, вероятностные характеристики вибросигнала или их взаимосвязи и др. [1].

Постановка диагноза – решение задачи распознавания, т.е. отнесение отображения машины в пространстве вибрационных ДП к его ТС в пространстве  $S$  состояний, т.е.  $\eta : A \rightarrow S$ , где  $\eta$  – оператор, реализующий процедуру отнесения. Под оператором  $\eta$  понимается любая формализованная, как математически, так и логически или в форме базы данных, процедура.

При ВД в условиях эксплуатации, чаще всего, требуется уменьшение числа классов ТС для большей устойчивости отображения в вибрационном сигнале (векторе ДП). Поэтому приходится объединять классы состояний с общими свойствами в векторе ДП и получать агрегированные состояния – виды ТС, имеющие наиболее устойчивые отображения в пространстве ДП [3]. При этом, число видов ТС будет меньше выделенного ранее числа классов  $S_p$  и  $S_n$ .

С учетом агрегирования задача постановки диагноза в пространстве ДП решается отображением  $\chi : A \rightarrow A/S = S$ , где  $\chi$  – оператор, формализующий процедуру отнесения машины, представленной вектором ДП к агрегированному состоянию  $A/S$ .

Технологические этапы ВД представлены обобщенной диаграммой (рис. 2) [3].

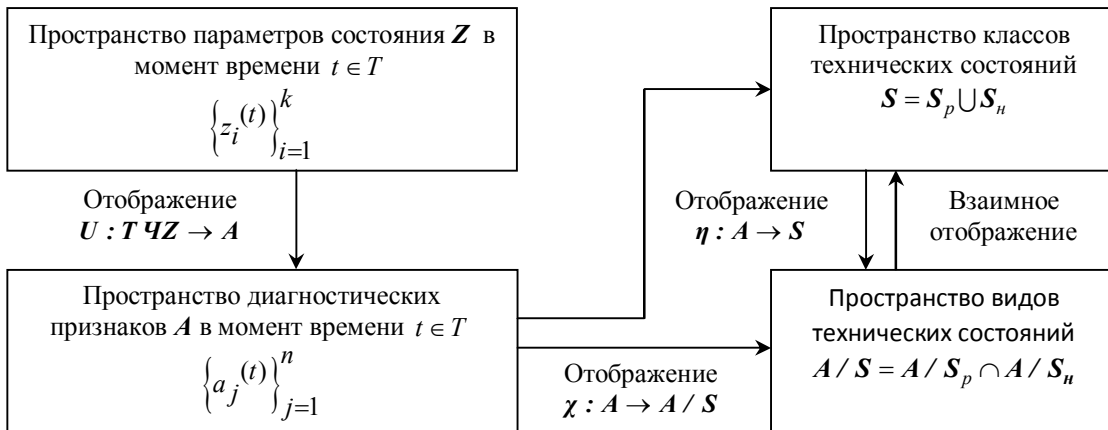


Рис. 2. Технологические этапы вибродиагностики

На достоверность постановки диагноза влияет следующее: синтез (формирование) вектора ДП и неполная наблюдаемость объекта диагностирования.

Синтез вектора ДП  $A$  состоит в оптимальном выборе тех характеристик или их комбинаций, которые максимально чувствительны к определенным ТС и инвариантны к другим ТС.

Формально, если машина наблюдаема, то происходит отображение изменения параметров ТС в вибрационный образ и множество ТС машины равно множеству состояний в пространстве ДП. Связь между параметрами двух пространств может быть представлена зависимостями [2]  $z_i = F_i(a_1, a_2, \dots, a_n)$ ,  $i = 1, \dots, k$  и  $a_j = G_j(z_1, z_2, \dots, z_k)$ ,  $j = 1, \dots, n$ .

Выражения представляют систему функций размерностью  $k$  и  $n$ , причем система  $a = G(z)$  – это отображение работы машины в пространство ДП, а система  $z = F(a)$  – процесс постановки диагноза. Условие наблюдаемости – соблюдение требования однозначности отображения  $z = F(a)$ , которое выполняется при  $n \geq k$  (число ДП должно превышать число параметров ТС).

Процедуры диагностирования реализуются при определении дефекта, снизившего запас работоспособности машины, который оценивается даже при положительном результате вибромониторинга.

Область работоспособности из множества  $S_p$  определяется как область изменений совокупности единичных ДП  $a_j$  ( $j = 1, \dots, n$ ), на каждый из которых наложены ограничения  $a_j = a_{j \text{ ном}} \pm \Delta \varepsilon$ , где  $\Delta \varepsilon$  – запас относительно номинального значения ДП ( $a_{j \text{ ном}}$ ).

Условие работоспособности машины, представленной вектором ДП  $A = \{a_j\}_{j=1}^n$  можно сформулировать  $A \in S_{pi}$ , если для всех составляющих вектора  $A$  выполняются условия  $a_{ji}^H \leq a_j < a_{ji}^B$ , где ( $j = 1, \dots, n$ ;  $i = 1, \dots, k$ ).

Количественная оценка запаса работоспособности основана на предположении – чем дальше вектор  $A^{(t)}$  от границы  $A_n$  предельного состояния, тем меньше вероятность отказа машины. При этом запас работоспособности может быть количественно оценен на момент  $t$  допускового контроля  $\Delta A^{(t)} = A_n - A^{(t)}$ .

Степень работоспособности можно рассчитать по следующему принципу:  $C_i(t, R) = \Delta A^{(t)} / \Delta A_{i0}$ , где  $t$  – время;  $R$  – режим работы объекта;  $\Delta A_{i0} = A_n - A_m$  – допуск работоспособности;  $A_m$  – вектор минимальных значений ДП, соответствующих ТС с наибольшим запасом работоспособности.

Степень работоспособности изменяется в пределах от 1 до 0.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Зусман, Г.В. Вибродиагностика: учеб. пособие / Г.В. Зусман, А.В.Барков; под общ. ред. В.В.Клюева. – М.: ИД «Спектр», 2011. – 216 с.
2. Клюев, В.В. Неразрушающий контроль. В 7 т. Т.7. Вибродиагностика / В.В.Клюев и [др.]. – М.: Машиностроение, 2007. – 732 с.
3. Колобов, А.Б. Основы теории и практики вибродиагностики: учеб. пособие / А.Б. Колобов; ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный энергетический университет им. В.И.Ленина». – Иваново, 2014. – 248 с.

### ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ ИМПУЛЬСОВ ВИБРАЦИИ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ

**А.Б. Колобов, Ф.Б. Огурцов**

**(ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина»)**

Менее 10 % подшипников качения (ПК) дорабатывают до окончания проектного срока службы, причем значительная часть ПК отказывает из-за дефектов, вызванных контактным износом [2].

Одним из направлений диагностирования ПК является анализ высокочастотной (ВЧ) вибрации, выделенной в относительно узкой полосе частот, и имеющей типичный импульсный характер (рис. 1).

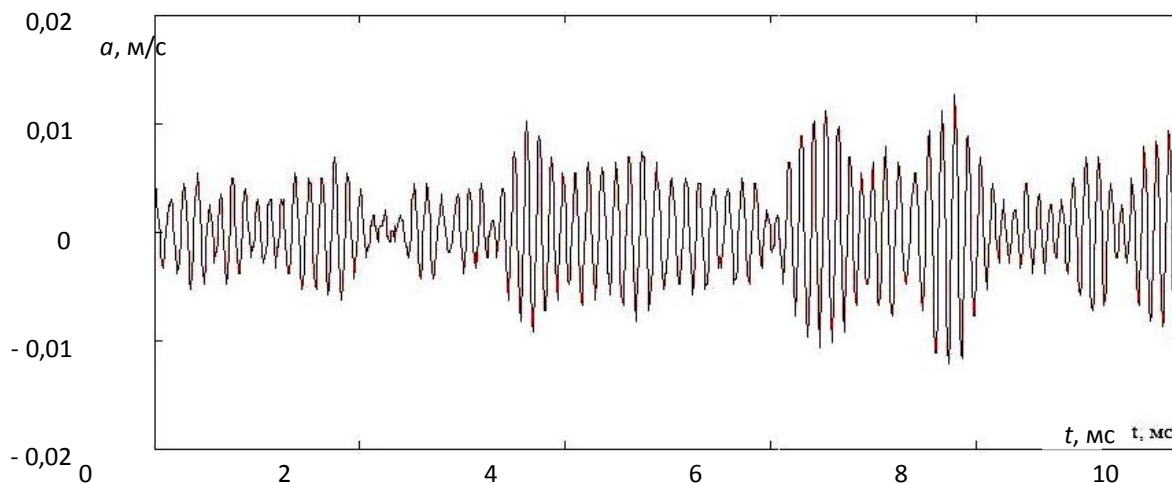


Рис. 1. Временной дампы виброускорения

Сам временной дампы не пригоден для диагностики, но из него с помощью различных методов (спектр огибающей) могут быть выделены первичные импульсы, которые также регистрируются и другими методами измерения (SPM®). Эти импульсы составляют две группы [1]:

- импульсы малой амплитуды (ковровый уровень), имеющие предположительно кинематическое происхождение (волнистость дорожек, некруглость тел качения и т.д.);
- импульсы большой амплитуды, по сути – ударные, появляющиеся от ударных процессов при наличии локальных дефектов (трещины, сколы, забоины и т.п.).

Диагностика по соотношению уровней этих групп и частотному анализу, например, алгоритм dBm/dBc® или SPM-спектр® (SPM Instruments) позволяет определять локальные дефекты [3].

Целью работы является поиск диагностических признаков (ДП) контактного износа ПК.

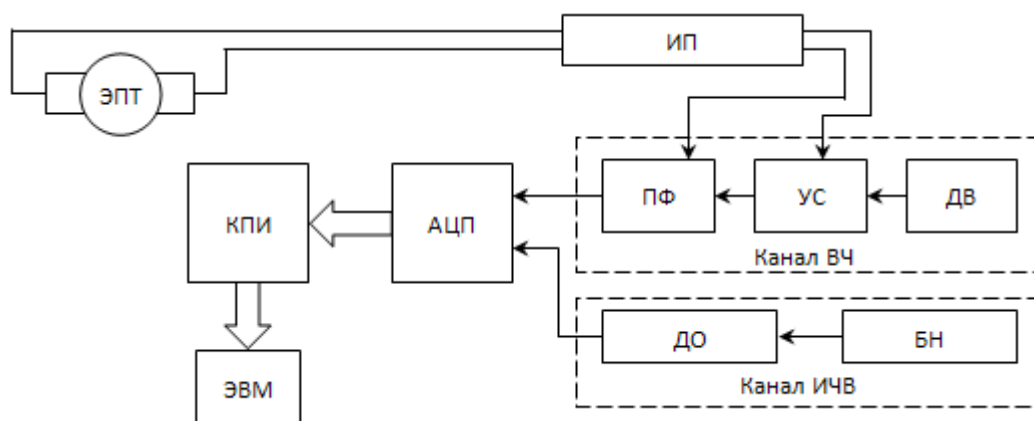
Для исследования высокочастотной вибрации ПК разработана лабораторная установка на основе стенда ДП 11А, предназначенного для определения момента трения в ПК. Изготовлена дополнительная оснастка, предназначенная для воспроизведения условий работы ПК приближенных к реальным, для посадочного узла. Функциональная схема электроизмерительной части установки представлена на рис. 2.

Разработана технология выделения ударных импульсов, заключающаяся в замене ВЧ сигнала вибрации моделью в виде последовательности  $\delta$ -функций со случайными амплитудой и периодом повторения (рис. 3).

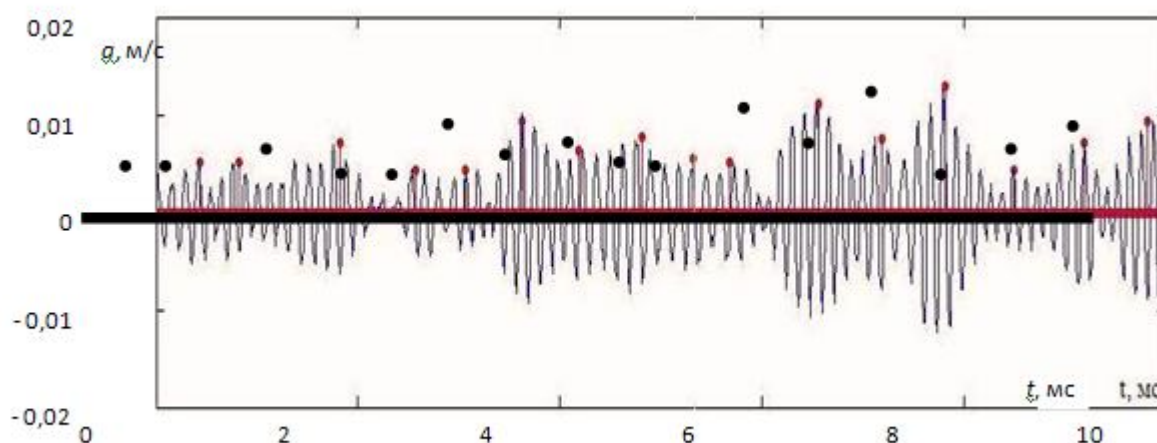
Поскольку ковровые импульсы должны иметь кинематическое происхождение, то параметры их появления (частотные или амплитудные) могут являться ДП контактного износа ПК. Исследования произведены для шариковых радиальных ПК типоразмера 0-203 с разной степенью износа, задаваемой величиной радиального зазора (от 10,6 до 88,7 мкм).

Установлено, что амплитуда импульсов возрастает с ростом контактного износа и с ухудшением смазки. При этом наблюдается:

- параметрическая зависимость амплитуды от типа и геометрии ПК и частоты вращения внутреннего кольца;
- сильное искажение волн упругой деформации, а значит и амплитуды, в зависимости от конструкции посадочного узла ПК.



**Рис. 2.** Функциональная схема электроизмерительной части установки:  
**ИП** – источник питания; **ЭПТ** – электродвигатель постоянного тока типа СЛ261 с частотой вращения 500 – 3500 об/мин; **канал ВЧ** – канал для снятия высокочастотного сигнала, состоящий: **ДВ** – датчик вибрации АВС 065; **УС** – усилитель сигнала; **ПФ** – перестраиваемый третьоктавный полосовой фильтр; **канал ИЧВ** – канал измерения частоты вращения, в состав которого входят: **ДО** – инфракрасный датчик оборотов; **БН** – блок настройки; **КПИ** – контроллер параллельного интерфейса; **АЦП** – АЦП NVL-08 («L-Card»)



**Рис. 3.** Выделенные из временного дампа импульсы

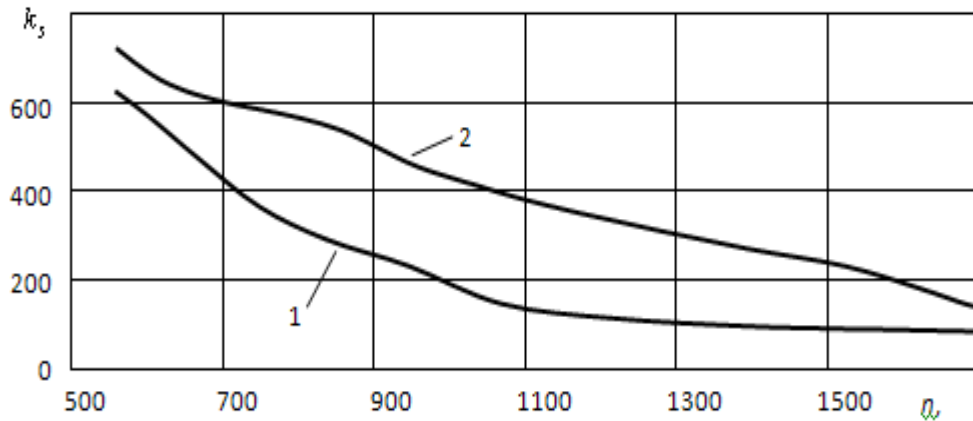
В [1, 2] распределение амплитуд ковровых импульсов принято описывать законом Релея

$$f(u) = \lambda u \exp\left(-\frac{\lambda u^2}{2}\right), \quad (1)$$

где  $\lambda$  – параметр  $\lambda = 1/D$  распределения, определяемый дисперсией  $D$  амплитуд  $u$  импульсов, и могущий служить ДП износа.

Учитывая многофакторную зависимость амплитуд импульсов, параметр  $\lambda$  не может быть ДП контактного износа, поскольку слишком вариативен ко многим факторам.

Также установлено, что по мере увеличения износа ПК (увеличения числа микродефектов) рост числа импульсов довольно слабый – так при указанных величинах радиальных зазоров, частота импульсов варьируется в пределах 1200 – 1300 имп/с. Кроме того, усредненная частота появления импульсов мало зависит от скорости движения тел качения. На рис. 4 показана зависимость числа импульсов  $k_s$  от частоты вращения вала  $n$  при различных нагрузках (1 – номинальная, 2 – пониженная нагрузка).



**Рис. 4.** Зависимости количества импульсов за один оборот внутреннего кольца ПК от частоты вращения

При ожидаемой кинематической природе возникновения импульсов, их число должно оставаться постоянным, однако эта зависимость имеет гиперболический вид (рис. 4). Кроме того, с уменьшением нагрузки число импульсов увеличивается, что ставит под сомнение природу их происхождения и позволяет считать, что контактный износ и, во многом, проблемы смазки ПК, являются стохастическими дефектами и в частотной области не диагностируются.

В этой связи ДП износа ПК целесообразно искать в параметрах распределения амплитуд ковровых импульсов, причем распределение должно иметь число параметров не менее двух и допускать, при определенных условиях, трансформацию от равномерного до нормального распределения. В этой связи плотность распределения была представлена моделью:

$$f(u) = Au^\beta \exp(-\lambda u^\alpha), \quad (2)$$

где  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\lambda$ ,  $A$  – параметры распределения.

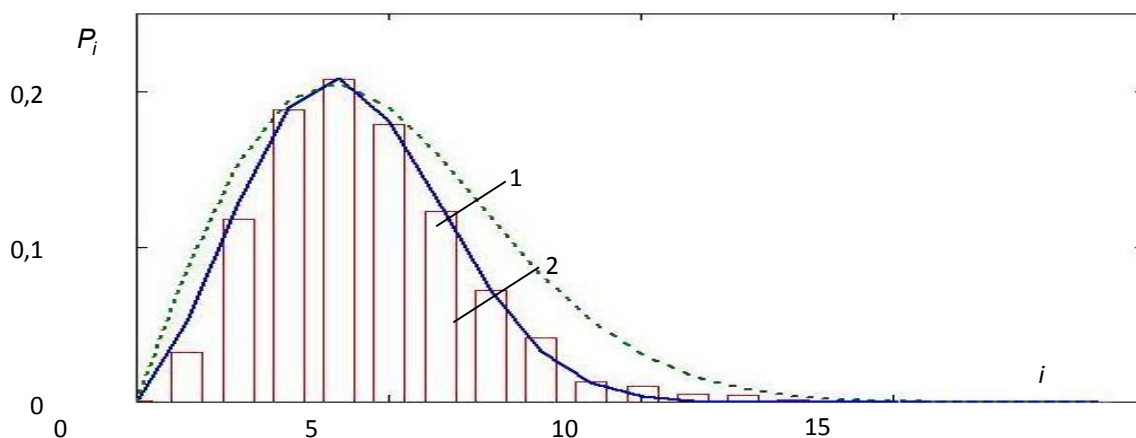
Подбор параметров распределения (2) производился методом взвешенных наименьших квадратов путем минимизации функционала

$$F(A, \alpha, \beta, \lambda) = \sum_{i=1}^N (p_i - p(u_i))^2 \cdot p_i \rightarrow \min, \quad (3)$$

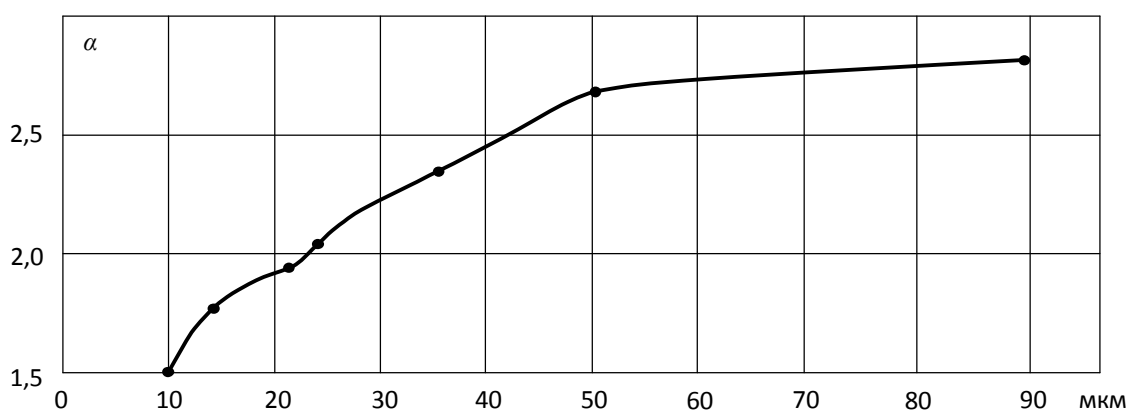
где  $p_i$  – экспериментальная вероятность попадания амплитуды импульса в интервал  $u_i + u_i$ ;  $u_i$  – амплитуда середины интервала;  $p(u_i)$  – теоретическое значение по (2) вероятности  $p(u_i) = f(u_i) \cdot \Delta u_i$ ;  $N$  – число интервалов, принятое  $N=20$ .

На рис. 5 приведена типичная гистограмма распределения амплитуд ковровых импульсов и ее аппроксимация распределениями Релея (1) и моделью (2).

Как видно из рис. 5, использование многопараметрического распределения позволяет корректно описать статистический ряд. Установлено, что параметры распределения (2) могут использоваться для оценки степени износа дорожек и тел качения. На рис. 6 приведена экспериментальная зависимость параметра  $\alpha$  от величины (мкм) радиального зазора ПК 0-203.



**Рис. 5.** Гистограмма распределения амплитуд ковровых импульсов и ее аппроксимация распределениями Релея (1) и моделью (2)



**Рис. 6.** Зависимость параметра  $\alpha$  от величины зазора ПК 0-203

Отмечается монотонный рост параметра  $\alpha$  от величины зазора и достаточно большой диапазон его изменения, что может служить основанием для выбора его в качестве ДП.

Кроме того, на другие параметры распределения (2) существенно влияет состояние смазки ПК. Установлено, что достаточно устойчиво выявляется наличие смазочного слоя средней толщиной менее 1 мкм (объем смазки 0,05 мм<sup>3</sup> на 1 см<sup>2</sup>). С увеличением толщины смазочного слоя степень влияния монотонно уменьшается.

Результаты работы позволяют прийти к следующим выводам:

- параметры распределения (2) зависят от степени износа ПК, поэтому (при подтверждении на представительной статистической выборке для разных типов ПК) их величины могут являться ДП состояния эксплуатационного износа;
- изменение величин параметров распределения (2) может быть аппроксимировано временной функцией, что позволит прогнозировать остаточный ресурс ПК.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Барков, А.В. Мониторинг и диагностика роторных машин по вибрации / А.В.Барков, Н.А.Баркова, А.Ю.Азовцев.–СПб.: Изд. центр СПбГМТУ, 2000. – 159 с.
2. Клюев, В.В. Неразрушающий контроль. В 7 т. Т.7. Вибродиагностика / В.В.Клюев и [др.]. – М.: Машиностроение, 2007. – 732 с.
3. Колобов, А.Б. Основы теории и практики вибродиагностики: учеб. пособие / А.Б.Колобов; ФГБОУ ВПО ИГЭУ им. В.И.Ленина. – Иваново, 2014. – 248 с.



## **ПОВЫШЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ ЦЕНТРОБЕЖНО-УДАРНОГО ДЕЙСТВИЯ**

**М.Ю. Колобов, С.Е. Сахаров, А.Э. Козловский, В.В. Бойцова, Г.Д. Демидова  
(ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный химико-технологический  
университет»)**

Широкое распространение в различных отраслях промышленности получили мельницы центробежно-ударного действия [1-4]. Положительными факторами применения таких мельниц являются компактность и мобильность, гибкость переналадки их, умеренные энерго- и металлозатраты на обработку, небольшие капиталовложения, возможности автоматизации процесса, непрерывность действия, возможность варьирования параметров среды, материалов роторов, введения в момент обработки функциональных добавок, использования создаваемого роторами вентиляционного потока.

Главным недостатком измельчителей центробежного действия является относительно низкий ресурс рабочих органов, что требует частой замены их или полного восстановления и повышает эксплуатационные расходы.

Одним из важнейших факторов, обуславливающих эффективность измельчения в мельницах центробежно-ударного действия, является скорость и угол соударения частиц материала с ударными элементами машины. Для достижения скоростей нагружения, необходимых для получения заданного гранулометрического состава продукта помола, основную роль играют оптимально выбранные траектории движения измельчаемого материала, длина свободного полета частиц и производительность мельницы. Для эффективного проведения процесса тонкого измельчения необходимо так организовать движение частиц измельчаемого материала, чтобы ограничить их столкновение с рабочими органами под неблагоприятными углами и в то же время достичь скоростей, достаточных для разрушения.

Одним из основных путей повышения долговечности является резервирование износостойкости, достигаемое конструктивными решениями, запасом на износ и использование сменных элементов деталей машин.

Повышение ресурса рабочих элементов ударных измельчителей не должно приводить к снижению эффективности измельчения. Например, нельзя уменьшить угол атаки или снизить скорость удара, чтобы уменьшить интенсивность изнашивания. Для сохранения стабильных характеристик центробежно-ударных мельниц необходимо применять легкозаменяемые била с возможностью изменения угла их установки.

Важным этапом для оптимизации проведения процесса измельчения в мельницах центробежного действия является расчет необходимого количества разгонных элементов [5].

На основании теоретических расчетов разработан измельчитель центробежно-ударного действия [6]. Плоские разгонные лопатки выполнены сменными. По мере износа лопатки поворачиваются на  $180^{\circ}$ , чтобы использовать вторую радиальную грань для разгона частиц измельчаемого материала.

Экспериментальные исследования по износу плоских разгонных элементов в разработанном измельчителе проводили при обработке кварцевого песка, который многие исследователи используют как модельный материал.

По результатам однофакторных исследований разгонных элементов были определены интервалы и уровни варьирования факторов и реализована матрица плана эксперимента  $3^3$  [7]. Наибольшее влияние на износ разгонных элементов оказывает частота вращения ротора, меньшее – диаметр исходных частиц и производительность измельчителя.

Таким образом, в результате экспериментальных исследований получены математические модели процесса износа поверхностей разгонных элементов измельчителя центробежно-ударного действия в зависимости от исследуемых факторов.

## НАДЕЖНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

Закрепляя плоские разгонные лопатки под необходимым углом к диаметру ротора по направлению его вращения, обеспечивается прямой угол атаки, что повышает эффективность процесса измельчения.

Установка необходимого количества сменных разгонных элементов позволяет увеличить срок их работы и межремонтный период измельчителя в 1,5-2 раза.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Клейс И.Р., Ууэмыйс Х.Х. Износостойкость элементов измельчителей ударного действия. – М.: Машиностроение, 1986. – 160 с.
2. Лапшин В.Б., Колобов М.Ю., Колобова В.В., Рязанцева А.В. Применение дезинтегратора в различных технологиях // Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология. – Иваново, 2004. – Т. 47, вып. 8. – С. 71-75.
3. Колобов М.Ю., Лапшин В.Б., Сахаров С.Е., Абалихин А.М. Оборудование для обработки дисперсных материалов // Международная научная конференция «Теоретические основы создания, оптимизации и управления энерго- и ресурсосберегающими процессами и оборудованием». Сборник трудов. Том II. – Иваново, 2007. – С. 13-15.
4. Колобов М.Ю., Сахаров С.Е., Сахарова С.Г. Технология приготовления комбикормов // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. – Иваново, 2013. – № 1. – С. 71-75.
5. Колобов М.Ю., Сахаров С.Е., Козловский А.Э., Бойцова В.В., Демидова Г.Д. Повышение долговечности разгонных лопаток центробежного измельчителя // Надежность и долговечность машин и механизмов: сборник материалов. – Иваново, 2014. – С. 113-115.
6. Патент № 130880, МПК В 02 С 13/00. Измельчитель / Колобов М.Ю., Сахаров С.Е., Сахарова С.Г., Баранов Н.М.; заявитель и патентообладатель ИГХТУ. – № 2013107049/13; заявл. 18.02.2013; опубл. 10.08.2013, Бюл. № 22. – 2 с.
7. Мельников С.В., Алешкин В.Р., Рощин П.М. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов. – Л.: Колос, 1980. – 168 с.

## ПРИМЕНЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ НАДЕЖНОСТИ НА ЭТАПЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ГПС

**В.Н. Копосов**

*(ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный энергетический университет  
имени В.И. Ленина»)*

Одной из важнейших подсистем гибкой производственной системы (ГПС) является автоматизированная система инструментального обеспечения (АСИО). Ее эффективность во многом определяет эффективность работы ГПС. Одним из показателей эффективности АСИО является ее надежность.

На этапе проектирования для оценки надежности элементов (подсистем) и системы в целом целесообразно использовать коэффициент готовности (коэффициент технического использования). Подобным образом поступают многие фирмы, проектирующие станочные системы.

Применительно к АСИО коэффициент готовности  $K_G$  в общем виде определится:

$$K_G = \frac{T_p}{T_p + T_{\text{нпл1}} + T_{\text{нпл2}}}, \quad (1)$$

где  $T_p$  – время работы АСИО за период эксплуатации ГПС;  $T_{\text{нпл1}}$  – время на обнаружение, поиск причины и непланового ремонта по устранению отказов устройств АСИО;  $T_{\text{нпл2}}$  – время на обнаружение и замену отказавших режущих инструментов.

Разделив числитель и знаменатель в правой части уравнения (1) на  $T_p$ , получим:

$$K_G = \frac{1}{1 + K_{\text{нпл1}} + K_{\text{нпл2}}}, \quad (2)$$

где  $K_{\text{нпл1}}$  – удельная длительность восстановления (устранения отказов) элементов АСИО;  $K_{\text{нпл2}}$  – удельная длительность замены отказавших инструментов.

Для определения численных значений  $K_{\text{нпл1}}$  и  $K_{\text{нпл2}}$  необходимы данные статистических исследований (наблюдений) за работой элементов АСИО и режущих инструментов. Для примера приведена часть данных статистических наблюдений за работой устройств автоматической смены инструментов (УАСИ) станков типа «обрабатывающий центр» (ОЦ) моделей ИР320ПМФ4, ИР500ПМФ4 и ИР800ПМФ4, произведенных специалистами Ивановского станкостроительного производственного объединения имени 50-летия СССР (табл. 1).

**Таблица 1. Данные по простоям станков типа «обрабатывающий центр» моделей ИР320ПМФ4, ИР500ПМФ4 и ИР800ПМФ4 по причине выхода из строя механизмов УАСИ**

Наименование механизма УАСИ	Причина отказа	Число отказов	Суммарное время восстановления, ч.	Число отказавших станков
1. Манипулятор	Сломался сухарь	1	20	1
2. Манипулятор	Пробило манжету гидроцилиндра	1	6	1
3. Механизм зажима инструмента шпиндельного устройства	Износ тарельчатых пружин	4	99	3
4. Механизм зажима инструмента шпиндельного устройства	Вышла из строя цанга	1	36	1
5. Механизм зажима инструмента шпиндельного устройства	Сломались кулачки	1	2,5	1
6. Инструментальный магазин	Магазин не выходит в позицию	1	8	1

Примечание: общее количество исследованных станков – 5; наработка каждого станка – 8300 ч.

## НАДЕЖНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

При определении удельной длительности восстановления нескольких станков использовались рекомендации специалистов экспериментального научно-исследовательского института металлорежущих станков.

Для УАСИ нескольких станков:

$$K_{\text{нпл}1} = \frac{\sum_{i=1}^m t_{\text{vi}}}{N \sum_{j=1} t_j}. \quad (3)$$

Числитель формулы (3) представляет собой суммарное время на обнаружение, поиск причины и устранение последствий  $m$  отказов (сбоев) механизмов УАСИ. А знаменатель этой формулы – суммарную наработку  $N$  станков за время наблюдений.

Для данных, приведенных в табл. 1, удельная длительность восстановления устройств автоматической смены инструментов  $K_{\text{нпл}1} = 171,5 / (5 \cdot 8300) = 0,004$ .

В табл. 2 сведены результаты расчета  $K_{\text{нпл}1}$  для разных периодов наблюдений за работой станков типа «обрабатывающий центр» моделей ИР320ПМФ4, ИР500ПМФ4 и ИР800ПМФ4.

**Таблица 2. Значения удельной длительности восстановления механизмов УАСИ станков типа ОЦ моделей ИР320ПМФ4, ИР500ПМФ4 и ИР800ПМФ4**

Длительность обследования	Наработка каждого станка, ч	Число обследованных станков	Суммарное время восстановления механизмов УАСИ, ч	Удельная длительность восстановления УАСИ
2 года	8300	5	171,5	0,004
2 года	8300	11	618	0,007
0,5 года	2052	6	19,5	0,002
3 месяца	1000	5	20	0,004

Приведенные величины  $K_{\text{нпл}1}$  могут служить ориентиром при определении  $K_{\Gamma}$  для устройств автоматической смены инструментов станков ГПС. С накоплением опыта эксплуатации станков и ГПС в целом необходимо уточнять эти величины для различных моделей станков, а также значения  $K_{\Gamma}$  для других устройств АСИО.

Внутри ГПС потоки инструментов принципиально могут быть организованы децентрализованным, централизованным и комбинированным способом. При децентрализованном потоке каждый станок снабжен индивидуальным устройством автоматической смены инструментов и реализует автономный поток инструментов. Здесь иерархическая структура инструментального потока наименее выражена. С точки зрения надежности реализуется параллельная схема расположения элементов системы.

В случае такой организации АСИО ее коэффициент готовности  $K_{\Gamma(\text{АСИО})}$  определится:

$$K_{\Gamma(\text{АСИО})} = 1 - (1 - K_{\Gamma(\text{УАСИ1})})(1 - K_{\Gamma(\text{УАСИ2})}) \times \dots \times (1 - K_{\Gamma(\text{УАСИ}N)}), \quad (4)$$

где  $K_{\Gamma(\text{УАСИ1})}$ ,  $K_{\Gamma(\text{УАСИ2})}$ , ...,  $K_{\Gamma(\text{УАСИ}N)}$  – коэффициенты готовности УАСИ<sub>1</sub>, УАСИ<sub>2</sub>, ..., УАСИ<sub>N</sub> 1-го, 2-го, N-го станков ГПС.

В АСИО, реализующей централизованный поток инструментов, станки обслуживаются единым центральным магазином инструментов (ЦМИ). Инструменты из ЦМИ в шпиндели станков и обратно доставляются с помощью общего для всех станков технического средства транспортирования инструментов (ТСТИ). С точки зрения надежности реализуется последовательная схема расположения элементов системы.

Для такой АСИО коэффициент готовности рассчитывается по формуле:

$$K_{Г(АСИО)} = K_{Г(ЦМИ)} K_{Г(ТСТИ)}, \quad (5)$$

где  $K_{Г(ЦМИ)}$  – коэффициент готовности ЦМИ;  $K_{Г(ТСТИ)}$  – коэффициент готовности ТСТИ.

Основу АСИО с комбинированным потоком инструментов составляют центральный инструментальный склад (ЦИС) и индивидуальные устройства автоматической смены инструментов станков.

Замена инструментов в инструментальных магазинах станков производится автоматически с помощью технического средства транспортирования инструментов, расположенного между ЦИС и станками. С точки зрения надежности реализуется параллельно-последовательная схема расположения элементов системы.

В этом случае коэффициент готовности АСИО равен

$$K_{Г(АСИО)} = (1 - (1 - K_{Г(УАСИ1)})(1 - K_{Г(УАСИ2)}) \times \dots \times (1 - K_{Г(УАСИN)})) K_{Г(ТСТИ)} K_{Г(ЦИС)}, \quad (6)$$

где  $K_{Г(ЦИС)}$  – коэффициент готовности ЦИС.

Величина  $K_{Г(АСИО)}$  зависит от величин  $K_{Г}$  отдельных ее элементов и инструментов, а также от структуры системы. Это необходимо учитывать на этапе проектирования АСИО, принимая рациональные структурные решения. Но при оценке надежности АСИО нужно понимать и учитывать особенности ее функционирования.

Например, с формальной точки зрения (при прочих равных условиях) самой ненадежной из представленных выше является двухуровневая система с комбинированным потоком инструментов. Однако следует понимать, что инструментальные магазины УАСИ станков имеют определенный запас инструментов.

При выходе из строя, например технического средства транспортирования инструментов между ЦИС и инструментальными магазинами станков, АСИО и ГПС в целом будут продолжать работать. Если на этапе проектирования предусмотреть возможность ручной замены инструментов в инструментальных магазинах станков, то АСИО (на время ремонта ТСТИ) с меньшей эффективностью, но будет работать в режиме системы с децентрализованным потоком инструментов.

Оценить на этапе проектирования эффективность вариантов АСИО с помощью одного показателя эффективности невозможно. Автором разработана система показателей эффективности АСИО, которая наряду с коэффициентом готовности, характеризующим надежность системы, включает в себя коэффициенты технологической универсальности, интеграции и автоматизации выполнения функций, величину годовых затрат на инструментальное обеспечение ГПС и др.

Улучшение одних показателей эффективности АСИО часто приводит к ухудшению других. Поэтому на этапе проектирования АСИО необходимо решать многокритериальную задачу оптимизации системы, обеспечивая максимальную эффективность ГПС в целом на основе использования принципов ее системной организации.

## ИССЛЕДОВАНИЕ КОРРОЗИОННОЙ СТОЙКОСТИ УПРОЧНЕННОЙ ПОВЕРХНОСТИ

А.А. Коровкин, И.И. Ведерникова  
(ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»)

При длительной работе любой машины даже при нормальных условиях эксплуатации и соблюдении правил технического обслуживания ее составные части изнашиваются. По характеру воздействия на поверхность трения и протекающих на ней процессов при эксплуатации оборудования классифицируют виды изнашивания различной природы. Продукты износа, физико-химическое воздействие окружающей среды оказывают определенное влияние на процесс коррозии поверхностей и их последующее разрушение.

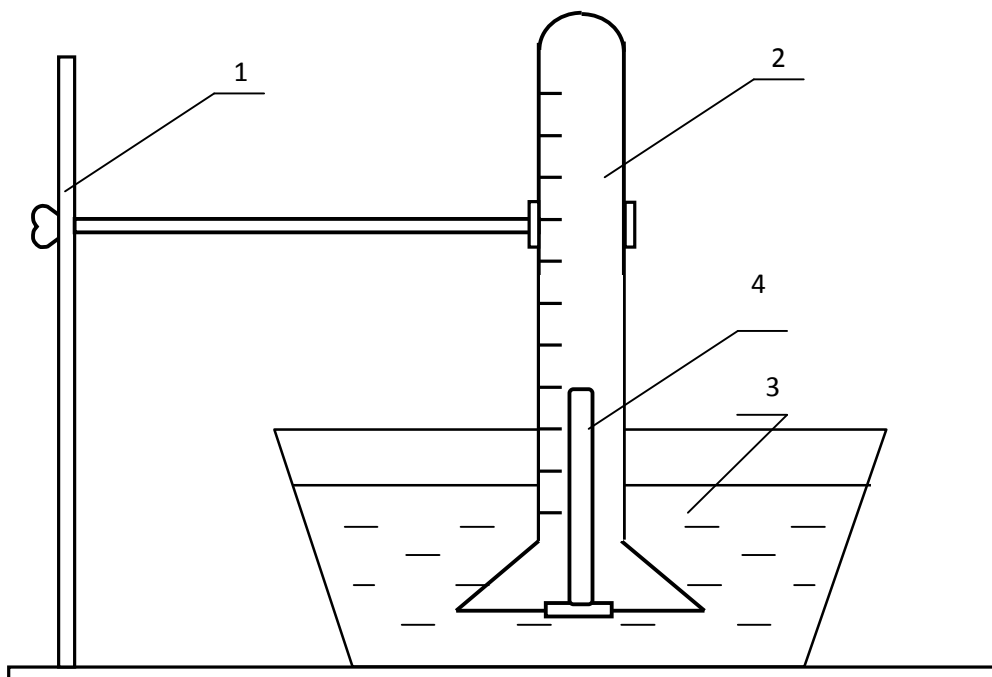


Рис.1. Схема установки для определения скорости коррозии: 1 – штатив, 3 – корытце с раствором агрессивной среды, 2 – пробирка, 4 – испытуемый образец

Была проведена проверка коррозионной стойкости различных покрытий. Проверялась модель износа в присутствии электролита.

Процесс коррозии можно представить в виде следующих основных стадий:

- транспортировка реагирующих веществ к поверхности раздела фаз;
- химическое или электрохимическое взаимодействие;
- отвод продуктов реакции из реакционной зоны.

Скорость коррозии определяется двумя основными показателями коррозионной стойкости металлов:

- глубинный показатель коррозии  $K_{\Pi}$  – глубина коррозионного разрушения  $\Pi$  в единицу времени  $\tau$   $K_{\Pi} = \Pi/\tau$  (мм/год)
- показатель изменения массы – изменение массы образца металла в результате коррозии, отнесенное к единице поверхности металла  $n$  к единице времени:

$$K_m = \Delta m/S \cdot \tau \text{ (г/м}^2 \cdot \text{час)} \quad (1)$$

Скорость коррозии определялась объемным методом, т.е. по объему выделившегося водорода, в конечном итоге определяется группа и балл коррозионной стойкости.

В качестве агрессивных сред выступали 5 % раствор КОН и 6 % раствор серной кислоты  $H_2SO_4$ .

Брали 4 образца:

1 – образец неанодированного алюминия;

2 – образец алюминия, анодированного в растворе серной кислоты с добавлением щавелевой кислоты  $H_2SO_4 + H_2C_2O_4$ , упрочненный лазерным модифицированием;

3 – образец, анодированный в растворе серной кислоты  $H_2SO_4$ ;

4 – образец нержавеющей легированной стали X18H9T.

Взвесив и измерив, площадь поверхности образцов, помещали их в пробирки с агрессивной средой (5 % КОН и 6 %  $H_2SO_4$ ) и засекали время. Через каждые 15 минут снимали показания. По окончании опыта образцы вновь взвешивались.

По объему выделившегося водорода с помощью формулы определили изменение массы образцов.

$$\Delta m = \frac{A \cdot V_o}{n \cdot 11,2 \cdot 1000}, \quad (2)$$

где  $A$  – атомный вес металла;  $V_o$  – объем выделившегося водорода (мл);  $n$  – валентность металла.

Затем определили показатель изменения массы  $K_m$  и глубинный показатель коррозии  $K_n$  соответственно по формулам:

$$K_m = \frac{\Delta m}{S \cdot \tau} \text{ (г/м}^2 \cdot \text{час)}, \quad (3)$$

где  $S$  – площадь поверхности образца ( $m^2$ ),  $\tau$  – время испытаний (час).

$$K_n = \frac{K_m \cdot 8,76}{\gamma_{\mu e}} \text{ (мм/год)}, \quad (4)$$

где  $\gamma_{\mu e}$  – плотность материала ( $г/см^3$ ).

Потом по найденным величинам  $K_m$  и  $K_n$  из таблицы определили группу и балл коррозионной стойкости.

Из проведенных исследований можно сделать вывод: в щелочной среде коррозионная стойкость анодированного алюминия по сравнению с неанодированным не хуже, а в кислой среде даже лучше, что можно объяснить взаимодействием химического состава анодной пленки со средой. Разрыхление получаемых покрытий не наблюдалось.

Одним из наиболее распространенных способов защиты металлов от коррозии является нанесение на их поверхность защитных пленок: лака, краски, эмали, других металлов. Покрытие металла не исключает коррозию, а служит для нее лишь преградой, а значит, лишь тормозит процесс коррозии. Именно поэтому важное значение имеет качество покрытия – толщина слоя, пористость, равномерность, проницаемость, способность набухать в воде, прочность сцепления (адгезия). Качество покрытия зависит от тщательности подготовки поверхности и способа нанесения защитного слоя. В противном случае они будут препятствовать хорошей адгезии покрытия с поверхностью металла. Низкое качество покрытия нередко связано с повышенной пористостью.

Поверхность анодной пленки пористая, что снижает её износостойкость при работе в паре трения. При воздействии лазером происходит передача теплоты в глубину металла. В результате алюминий, расплавляясь, поднимается вверх по капиллярам и заливает их, что приводит к получению беспористой, прочной и износостойкой рабочей поверхности детали. Этим также можно объяснить и полученные результаты испытаний коррозионной стойкости анодированной поверхности, модифицированной лазерным воздействием.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гаркунов Д.Н. Триботехника (износ и безызносность): Учебник. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: «Издательство МСХА», 2001. 616 с., ил. 280.
2. Ведерникова И.И. Диссертация на соискание степени кандидата технических наук, Иваново, 2004.

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И  
РЕМОНТА КАК ОДНО ИЗ НАПРАВЛЕНИЙ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ И  
БЕЗОПАСНОСТИ ПОЖАРНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ**

**Л.А. Королева, В.Н. Ложкин**  
*(ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России»)*

Одним из основных показателей качества является надежность. Чем выше надежность машины, тем устойчивее поддерживается ею способность выполнять требуемые функции в условиях эксплуатации, а, следовательно, больше полезность применения. Поэтому проблема повышения надежности машин приобретает первостепенное значение и превращается в одно из главных средств осуществления экономической политики в сфере производства, создания и использования технических средств. Особая роль в повышении надежности пожарной техники отводится системе её технического обслуживания и ремонта (ТО и Р). Её совершенствование поможет наилучшим образом использовать потенциальную надежность, заложенную на стадии конструирования и производства пожарных автомобилей и оборудования, а также достичь высокой экономической эффективности и безопасности их использования.

Своевременное и качественное техническое обслуживание является важнейшим элементом эксплуатации техники и должно обеспечивать:

- постоянную готовность техники к использованию;
- безопасность применения (работы);
- устранение причин, вызывающих преждевременный износ, старение, разрушение, неисправности и поломки составных частей и механизмов;
- надежную работу техники в течение установленных межремонтных ресурсов и сроков их службы до ремонта и списания;
- минимальный расход горючего, смазочных и других эксплуатационных материалов [1].

В зависимости от сочетания, последовательности проведения и состава мероприятий по поддержанию работоспособности машин различают несколько основных систем ТО и Р.

Аварийно-восстановительные системы предусматривают проведение ТО и Р после отказа машины. Внедрение этой системы не требует проведения специальных организационных мероприятий и реализуется наиболее просто. Эта система обладает рядом недостатков: нельзя предупредить отказ системы; невозможно организовать ритмичную работу технической службы; нельзя предупредить возникновение сопутствующих отказов, устранение которых требует дополнительных материальных затрат. В результате резко возрастают простои техники, что является неприемлемым для служб быстрого реагирования.

Профилактические системы предусматривают проведение ТО и Р в плановом порядке: по достижении системой определенной наработки или по техническому состоянию.

Система обслуживания и ремонта машин по наработке предусматривает проведение управляющих воздействий в плановом порядке с определенной периодичностью (по часам наработки, пробегу). Периодичность проведения ТО и Р устанавливается таким образом,



чтобы предупредить или минимизировать возможность возникновения отказа. Наряду с достоинствами (относительная простота, четкость организации работ, возможность планирования и строгого учета), данная система имеет и недостатки: не учитывается фактическое состояние техники, осуществляются мероприятия по ТО и Р, неоправданные фактическим техническим состоянием автомобиля, что в значительной степени снижает эффективность технической эксплуатации; полностью не исключается возможность возникновения отказов в процессе работы.

Системы ТО и Р по состоянию по своей природе также являются планово-предупредительными. Планируемыми здесь являются объемы работ по техническому диагностированию машин и периодичность их выполнения. Предупредительный же характер обеспечивается путем постоянного наблюдения при эксплуатации за уровнем надежности или фактическим техническим состоянием машин с целью своевременного выявления предотказного состояния последних.

Проведение управляющих профилактических воздействий в строгом соответствии с действительной потребностью машины позволяет снизить эксплуатационные затраты. Такие системы являются наиболее эффективными и прогрессивными по мнению многих исследователей. Основными условиями применения этой тактики являются точность, надежность и универсальность самих контрольно-диагностических средств и снижение затрат на их приобретение и эксплуатацию.

В МЧС России наряду с планово-предупредительной системой технического обслуживания и ремонта, предусматривающей обязательное выполнение с заданной периодичностью установленного комплекса работ в период использования техники, в процессе ее хранения и транспортирования, применяется система ее технического обслуживания и ремонта по фактическому состоянию техники, предусматривающая проведение работ по поддержанию (восстановлению) исправного состояния техники по результатам технического диагностирования [1].

Применение планово-предупредительной системы позволяет:

- обеспечить в процессе эксплуатации изменение уровня надежности в пределах, предусмотренных на стадии проектирования и изготовления автомобиля;
- обеспечить высокий коэффициент технической готовности системы;
- повысить безопасность движения и экологические свойства транспортного средства;
- обеспечить экономичную работу автомобиля.

Анализируя перспективы развития планово-предупредительной системы по данным отечественного и зарубежного опыта, можно засвидетельствовать факты того, что для сложных восстанавливаемых изделий, какими являются автомобили, обеспечивать гарантированный уровень работоспособности вне планово-предупредительной системы невозможно.

Ее значение состоит не в том, что гарантируется абсолютная работоспособность (что невозможно из-за случайной природы процессов, свойственных эксплуатации), а в том, что уровнем работоспособности можно управлять, зная, какие ресурсы при этом необходимы [2]. Однако целесообразно рассматривать возможные варианты совершенствования планово-предупредительной системы.

Основными направлениями повышения надежности пожарных автомобилей при ТО и Р, по нашему мнению, являются:

- оптимизация периодичности контролей работоспособности, технических обслуживаний и ремонтов машин, проведение предремонтного диагностирования;
- организация качественного технического обслуживания, создание для его проведения необходимой материальной базы, повышение квалификации персонала;
- применение компактных и мобильных средств диагностики;

## НАДЕЖНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

- использование встроенных контрольно-диагностических средств, которые позволяют определять и (или) прогнозировать уровень работоспособности. При этом необходимо учитывать, что работоспособность самих внешних встроенных контрольно-диагностических средств, включающих десятки элементов, должна также обеспечиваться плано-предупредительной системой, включая метрологический контроль;

- осуществление контроля при отказе, что позволяет определить причины отказа и уточнить характер и технологию (трудоемкость, стоимость, последовательность и продолжительность) восстановительных работ;

- соблюдение оптимальных режимов работы автомобилей. Особое влияние на надежность оказывает тепловой режим работы агрегатов. Например, пуск непрогретого двигателя и работа при пониженной температуре увеличивают износ его основных деталей и выброс с отработавшими газами токсичных веществ в несколько раз;

- соблюдение установленных правил хранения автомобилей;

- обеспечение сохранности ремонтного фонда, что достигается организацией складов и площадок, использованием специальных подставок и подкладок, нанесением консервационных материалов и других средств;

- выполнение разборных работ без повреждения деталей и разуконплектования соответствующих пар;

- восстановление деталей, особенно базовых и основных, до уровня новых, что обеспечит существенное повышение ресурсов ремонтируемых агрегатов и систем;

- увеличение приспособленности конструкции автомобилей к утилизации и вторичному использованию деталей и агрегатов;

- учет возможных простоев, связанных с обслуживанием, а также затрат на содержание обслуживающих постов.

Принципиальное изменение качества плано-предупредительной системы ТО и Р станет возможным при следующем технологическом шаге, когда изделию (или его элементам) будет обеспечено поддержание работоспособности методами резервирования или самовосстановления в пределах установленного срока службы. Здесь возможны два решения: или использование «абсолютно надежных» материалов и изделий, вероятность отказа которых за заданную наработку ничтожно мала (резервирование, повышение надежности элементов конструкции) или применение иных принципов конструирования, предусматривающих самовосстановление изделия.

В каждом конкретном случае целесообразность подобной трансформации применительно к изделиям массового производства, каким является автомобиль, должна быть подвергнута тщательной экономической, эколого-социологической, конструкторской и технологической проработке.

Совершенствование системы ТО и Р позволит обеспечить значительное ресурсосбережение на поддержание техники в работоспособном состоянии и достичь минимальных потерь от её простоя при ТО и Р.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Приказ МЧС России № 555 от 18.09.2012 Об организации материально-технического обеспечения системы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий.

2. Тищенко Н.Т. Технологические процессы технического обслуживания, ремонта и диагностики автомобилей [Текст]: учебное пособие /Н.Т. Тищенко, Ю.А. Власов, Е.О. Тищенко. – Томск: Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2010. – 159 с.

## НАДЕЖНОСТЬ ПОДЗЕМНЫХ РЕЗЕРВУАРОВ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ ТОПЛИВА НА АВТОЗАПРАВОЧНОЙ СТАНЦИИ

**Р.Ю. Левин, Н.А. Таратанов\***

*(ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный политехнический университет»,  
\*ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия  
ГПС МЧС России»)*

Розничный рынок нефтепродуктов, являясь конечным звеном технологического процесса добычи и переработки нефти, осуществляет связь нефтяной промышленности с миллионами потребителей одного из важнейших видов конечной отраслевой продукции — горюче-смазочных материалов для автомобильного транспорта. Современные автозаправочные станции (АЗС) требуют оснащения высокоточными, компактными, надежными, безопасными, удобными в эксплуатации и обслуживании средствами хранения, отпуска и учета нефтепродуктов. Эффективность розничного рынка топлива во многом зависит от эффективности, прозрачности, надежности и экономичности рынка оборудования АЗС.

Для оперативного учета нефти по приему, хранению, откачке на АЗС применяют группу разных типов резервуаров. Резервуар представляет собой герметично закрываемый или открытый, стационарный или передвижной сосуд разнообразной формы и размеров. Резервуары являются наиболее ответственными сооружениями, в них хранятся в больших количествах нефтепродукты. В зависимости от материала, из которого они изготавливаются, резервуары делятся на металлические и неметаллические. Металлические сооружают преимущественно из стали, либо из алюминия. К неметаллическим относятся железобетонные и пластмассовые резервуары. Резервуары по форме бывают: вертикальные цилиндрические, горизонтальные цилиндрические, прямоугольные, каплевидные и др. По схеме установки резервуары делятся на: наземные, у которых днище находится на уровне или выше планировочной отметки прилегающей площадки; подземные, когда наивысший уровень жидкости в резервуаре находится ниже планировочной отметки прилегающей площадки (в пределах 3м) не менее чем на 0,2м. В зависимости от объема и месторасположения резервуары подразделяют на три класса:

- 1) класс 1 – особо опасные резервуары объемом 10 000 м<sup>3</sup> и более, а также резервуары объемом от 5000 м<sup>3</sup> и более, расположенные непосредственно по берегам рек, крупных водоемов и в черте городской застройки;
- 2) класс 2 – резервуары повышенной опасности объемом от 5000 до 10 000 м<sup>3</sup>;
- 3) класс 3 – опасные резервуары объемом 100 до 5000 м<sup>3</sup>.

При установке расстояния между резервуарами принимают равными: для резервуаров с плавающими крышами не менее - 0,5 диаметра; для резервуаров со стационарными крышами и понтонами – 0,65 диаметра; для резервуаров со стационарными крышами, но без понтонов – 0,75 диаметра. Эксплуатация резервуаров и резервуарных парков – это совокупность процессов по приему, хранению и сдачи нефти, испытанию и приемке резервуара в эксплуатацию, его диагностированию, техническому обслуживанию и ремонту.

Обеспечение надёжности резервуарных конструкций является важнейшей проблемой проектирования, строительства и эксплуатации. Соответственно различают проектную (теоретическую) и эксплуатационную надёжность в период функционирования конструкции. Эксплуатационная надёжность резервуара определяется возможностью выполнения им заданных функций, т.е. готовностью в любой момент времени в течение конкретного межремонтного периода принять на хранение определённое количество нефти и нефтепродукта при сохранении во времени установленных значений эксплуатационных характеристик (уровень заполнения, избыточное давление, вакуум, и пр.).

## НАДЕЖНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

В процессе эксплуатации на надёжность резервуара оказывают воздействие внутренние напряжения в конструкциях, не соответствующие их проектным значениям; внешние воздействия: система технического обслуживания; технологическая квалификация обслуживающего и ремонтного персонала.

Особое влияние на эксплуатационную надёжность оказывают дефекты, возникающие на этапах изготовления, монтажа, эксплуатации конструкции, а также вследствие коррозии, осадки оснований, вибрации, температурных воздействий. Нарушая проектное состояние резервуара, данные факторы сокращают срок - службы конструкции. При оценке срока службы резервуаров с дефектами различных типов в большинстве случаев оценивается индивидуальный остаточный ресурс резервуаров, что по терминологии является несколько некорректным, поскольку резервуары восстанавливаемые системы. В этом случае целесообразно применять понятие соответствия объекта проектному состоянию. Остаточный ресурс стенки резервуара, нагрузка на которую меняется при сливе и заливе нефти, в настоящее время определяют на основе механики малоциклового разрушения в предположении, что в металле стенки развиваются трещины.

На сегодняшний день основным способом повышения срока службы резервуаров для хранения и трубопроводов является использование высокоэффективных изолирующих защитных покрытий. Эти покрытия оптимально должны обладать высокой атмосферо- и влагостойкостью, стойкостью к агрессивным средам, должны быть беспористыми, иметь высокую адгезию к металлу, высокую механическую прочность на изгиб и удар, длительный срок эксплуатации. В настоящее время разработан целый ряд систем защиты от коррозии нефтегазового оборудования. Одним из наиболее эффективных решений является применение антикоррозионных материалов на полиуретановой основе. Покрытия на основе полиуретановых смол, обладая хорошей адгезией к металлическим и неметаллическим поверхностям, характеризуются высокой стойкостью к истиранию, твердостью и эластичностью, стойкостью к маслам и растворителям, водостойкостью в пресных и морских водах, газонепроницаемостью и высокими диэлектрическими свойствами, а также отличаются атмосферостойкостью и обладают высокими декоративными качествами. Одним из ярких представителей лакокрасочных материалов нового поколения являются материалы Steplant на основе однокомпонентного полиуретана, которые соответствуют всем техническим требованиям:

- высокая коррозионная стойкость (не менее 10 лет внутри и не менее 15 лет снаружи);
- максимальная адгезия по отношению к защищаемому металлу;
- диапазон рабочих температур готовых систем антикоррозийной защиты от - 600°С.

Подземный резервуар представляет собой стальной горизонтальный цилиндрический сосуд с высокой горловиной, предназначенный для размещения под землей. Особенностью монтажа подземных резервуаров является его размещение, в соответствии с которым верхняя точка резервуара находится как минимум в 20 сантиметрах от поверхности земли. Покрытие стального резервуара выбирается в зависимости от влажности грунта, в который резервуар будет погружен. Для этих целей может применяться специальное антикоррозийное покрытие различной степени защиты, либо гидроизоляция резервуара. Для хранения в подземных резервуарах нефтепродуктов, пространство вокруг резервуаров должно быть залито бетоном в целях обеспечения безопасности хранения продуктов. Емкости заглубляются в грунт или обсыпаются грунтом, при этом наивысший уровень жидкостей, которые хранятся в подземном резервуаре, находится более чем на 0,2 метра ниже минимальной планировочной отметки площадки, прилегающей к резервуару. В зависимости от условий внешней среды, в которой будет эксплуатироваться стальной резервуар, а также требуемого срока службы, они изготавливаются из малоуглеродистой стали, низколегированной стали, нержавеющей стали. Таким образом, подземные резервуары имеют ряд преимуществ, а также особенностей установки и эксплуатации. Удобство

использования резервуаров, размещаемых под землей, состоит, в первую очередь, в экономии пространства на территории, где устанавливается стальной резервуар. Другим преимуществом резервуаров является возможность установки их в районах с высокой сейсмичностью.

## ЛИТЕРАТУРА

1. СТО-СА-03-002-2009 Правила проектирования, изготовления и монтажа вертикальных цилиндрических стальных резервуаров для нефти и нефтепродуктов.
2. Правила технической эксплуатации резервуаров и инструкции по их ремонту. Москва «Недра», 1988.
3. Ахметов С. А. и др. Технология и оборудование процессов переработки нефти и газа: Учебное пособие / С. А. Ахметов, Т. П. Сериков, И. Р. Кузеев, М. И. Баязитов; Под ред. С. А. Ахметова. – СПб.: Недра, 2006. – 868 с.

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗУБЧАТО-РЕЕЧНЫХ ДВИЖИТЕЛЕЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН С ЗАДАНЫМИ ПОКАЗАТЕЛЯМИ КАЧЕСТВА

Л.В. Лукиенко

(Новомосковский институт (филиал) ФГБОУ ВПО РХТУ им. Д.И. Менделеева)

Широкое применение зубчато-реечных передач в тяжело нагруженных технологических машинах (очистных комбайнах, экскаваторах, стволопроходческих комплексах, подъёмных машинах, буровых станках) обусловлено целым рядом их достоинств. Вместе с тем, необходимость разработки технологических машин, обладающих повышенным ресурсом, предполагает проведение комплекса исследований по проектированию зубчато-реечных движителей с заданными показателями качества.

Известные методы конструирования позволяют определить основные параметры зубчато-реечных движителей лишь в проектном состоянии [1]. При этом не учитывается их изменение в процессе неизбежного изнашивания. Создание обоснованного теоретического метода оценки изнашивания движителя, подтверждённого результатами опыта эксплуатации, позволило бы разработать корректную методику прогнозирования ресурса зубчато-реечных движителей на стадии проектирования.

Проведённый натурный эксперимент по изучению изнашивания зубчато-реечных движителей показал, что основной причиной выхода из строя является механическое изнашивание. При описании процесса изнашивания определяющими факторами являются геометрические и силовые параметры движителя, необходимо также учитывать и трибологические характеристики взаимодействующих деталей. Процесс изнашивания элементов зубчатого колеса и рейки [2] может быть охарактеризован величиной скорости изнашивания, направленной по нормали к поверхности трения вглубь изнашиваемого материала и зависящей от режима работы рассматриваемой точки взаимодействующих профилей и свойств материала.

Исходными данными для расчета на износ пары «зубчатое колесо – зубчатая рейка» являются: шаг и угол зацепления  $Pp$  и  $\alpha_{2-p}$ , высота зуба рейки  $H_p$ , ширина зуба рейки по вершине  $S_p$ , радиус профиля зуба колеса  $r_{n2}$ , радиус окружности центров профилей зубьев колеса  $r_{цн2}$ , число зубьев и частота вращения колеса  $z_2$  и  $n_2$ , толщина зубьев колеса и рейки  $b$ , суммарная длина реечного става  $L_p$ , крутящий момент на колесе  $M_{кр2}$ , коэффициент трения пары материалов колеса и рейки  $f_{mp}$ , модули упругости и коэффициенты Пуассона материалов колеса и рейки  $E_2$  и  $E_3$ ,  $\nu_2$  и  $\nu_3$ , коэффициенты для определения интенсивностей изнашивания  $J_{2i,k}$  материалов колеса и рейки  $A_2$ ,  $A_3$ ,  $B_2, B_3$ ,  $C_2$ ,  $C_3$ ,  $D_2$ ,  $D_3$ , максимально допустимая суммарная величина износа в паре «колесо – рейка»  $\Delta h_{2-p \max}$ , временной

интервал шага износа  $\Delta t$ , а также величины, определяемые из расчета геометрии зубчато-реечной передачи  $\psi_{a2max}$ ,  $\phi$ ,  $\phi_2$ ,  $\tau_2$ ,  $r_{f2}$ ,  $r_{a2}$ ,  $y_0$ .

Для анализа взаимодействия контактирующих профилей применим метод обращения движения, предполагая, что колесо вращается вокруг своей закреплённой оси, а рейка, под действием крутящего момента, передаваемого колесом, перемещается по касательной к окружности, на которой расположены центры профилей зуба колеса. Износ в  $i$ -той точке контакта зуба колеса за первый шаг может быть определён по зависимости:

$$h_{2i} = 2d_{2-pi} \left( 1 + \frac{\left| \sqrt{\rho_{2i-1}^2 + \rho_{2i}^2 - 2\rho_{2i-1}\rho_{2i} \cos(\Delta\varphi)} - \frac{|y_{3i} - y_{3i-1}|}{\cos \alpha_{2-p}} \right|}{\sqrt{\rho_{2i-1}^2 + \rho_{2i}^2 - 2\rho_{2i-1}\rho_{2i} \cos(\Delta\varphi)}} \right) n_2 \Delta t \sum_{k=1}^m J_{2i,k} \quad (1)$$

где  $d_{2-pi}$  – половина длины линии контакта профилей;  $\Delta\varphi$  – угловой шаг;  $n_2$  – частота вращения колеса зубчато-реечного движителя.

Для определения величин интенсивностей изнашивания  $J_{2i,k}$  материалов элементов движителей были проведены модельные стендовые исследования. Зависимость для определения интенсивности изнашивания материалов колеса и рейки (при коэффициенте корреляции 0,997 и погрешности разброса данных 3,8% по механической составляющей изнашивания) имеет вид:

$$J_{2i,k} = A_2 \cdot (B_2 \cdot P_{i,k}^3 + C_2 \cdot P_{i,k}^2 + D_2 \cdot P_{i,k}), \quad (2)$$

где  $A_2$  – коэффициент абразивного ускорения износа материала колеса;  $B_2$ ,  $C_2$ ,  $D_2$  – коэффициенты для определения механической составляющей изнашивания колеса;  $P_{i,k}$  – контактная нагрузка в паре колесо – рейка движителя.

Передача достигает предельного состояния при выполнении условия:

$$(h_{2i} + h_{3i}) = \Delta h_{2-p \max}, \quad (3)$$

где  $(h_{2i} + h_{3i})$  – суммарная величина износа контактирующих элементов,  $\Delta h_{2-p \max}$  – максимально допустимый износ.

Изменение усилия подачи за фазу зацепления может быть оценено по зависимости, учитывающей процесс изнашивания контактирующих элементов:

$$F_{ni} = \frac{M_{kp2} \cdot \cos \left( \arctg(f_{mp}) - \frac{x_{2-pi}}{|x_{2-pi}|} \cdot \alpha_{2-p} \right)}{\rho_{2i} \cdot \cos \left( \xi_{2i} + \varphi_{2i} + \alpha_{2-p} - \frac{x_{2-pi}}{|x_{2-pi}|} \cdot \arctg(f_{mp}) \right)} \quad (5)$$

Анализ результатов моделирования (рис.1) позволяет сделать вывод, что на большей части фазы зацепления усилие подачи убывает, а скорость перемещения технологической машины возрастает (точка контакта смещается к нижней границе рабочего участка профилей). Характер кривых меняется на последней четверти фазы зацепления (точка контакта смещается к верхней границе рабочего участка профилей), при этом пересопряжение сопровождается понижением скорости подачи и скачком усилия. Минимум кривой усилия подачи совпадает с максимумом кривой скорости перемещения технологической машины (очистного комбайна).



**Рис.1.** Изменение усилия подачи и скорости подачи в исходном и изношенном состоянии для двухэлементного двигателя с зубчатой рейкой

В результате изнашивания за время эксплуатации коэффициенты неравномерности усилия и скорости подачи контактирующих профилей зубьев шестерни, зубчатого колеса и зубьев (цевок) рейки существенно повышаются. При этом в двухэлементных двигателях увеличение колебаний усилия подачи за фазу зацепления с износом профилей настолько значительно, что на момент максимального суммарного линейного износа в паре в 6 мм указанная характеристика возрастает почти в два раза относительно первоначального (исходного) уровня. Таким образом, следует рекомендовать в качестве критерия предельного состояния такого типа двигателей использовать величину коэффициента неравномерности усилия подачи, не допуская ее более чем двукратного превышения относительно доэксплуатационных показателей, либо, как минимум, контролировать указанный параметр наряду с контролем величины износа контактирующих профилей. Зубчато-реечный двигатель необходимо проектировать с двукратным запасом изгибной прочности изношенных зубьев колеса и рейки (износ 3 мм на сторону) по номинальным нагрузкам.

В трехэлементном двигателе изменение силовых и кинематических характеристик в результате износа контактирующих профилей не столь значительно. Поэтому для такого типа двигателей следует рекомендовать в качестве критерия предельного состояния применять величину максимального суммарного линейного износа профилей. При этом следует контролировать значения коэффициента неравномерности скорости подачи, не допуская его двукратного превышения относительно доэксплуатационных показателей. Необходимо проектировать двигатель с учетом соблюдения требуемой изгибной прочности изношенных зубьев шестерни, зубчатого колеса и рейки (износ 3 мм на сторону) по максимально возможной нагрузке. Показано, что на изнашивание двигателей существенное влияние оказывают также неравномерность силовых и кинематических характеристик привода, механические свойства материалов и условия эксплуатации. На основе аналитических исследований установлено, что ресурс двигателей с зубчатой рейкой в среднем в 1,5 раза выше ресурса двигателей с цевочным реечным ставом, что хорошо подтверждается накопленным опытом многолетней эксплуатации.

Проведенный с применением ПЭВМ на основе метода конечных элементов анализ прочностных характеристик тяговых органов (рис.2) позволил установить характер распределения напряжений в контактирующих элементах. При проведении исследований было принято, что к рейке приложены тяговое усилие от взаимодействия с колесом двигателя и усилие, прикладываемое от опорно-направляющего механизма. Тяговое усилие

## НАДЕЖНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

в расчетах представлено сосредоточенной силой. Это позволяло компенсировать не учитываемую расчетной схемой возможность смещения колеса относительно рейки в поперечном направлении. Распределенная нагрузка, прикладываемая к опорным поверхностям бортов рейки при взаимодействии с опорно-направляющим механизмом (ОНМ) технологической машины, заменялась системой сосредоточенных сил, зависящих от величины усилия со стороны ОНМ, длины опорных поверхностей, контактирующих с бортами и положения его на рейке.

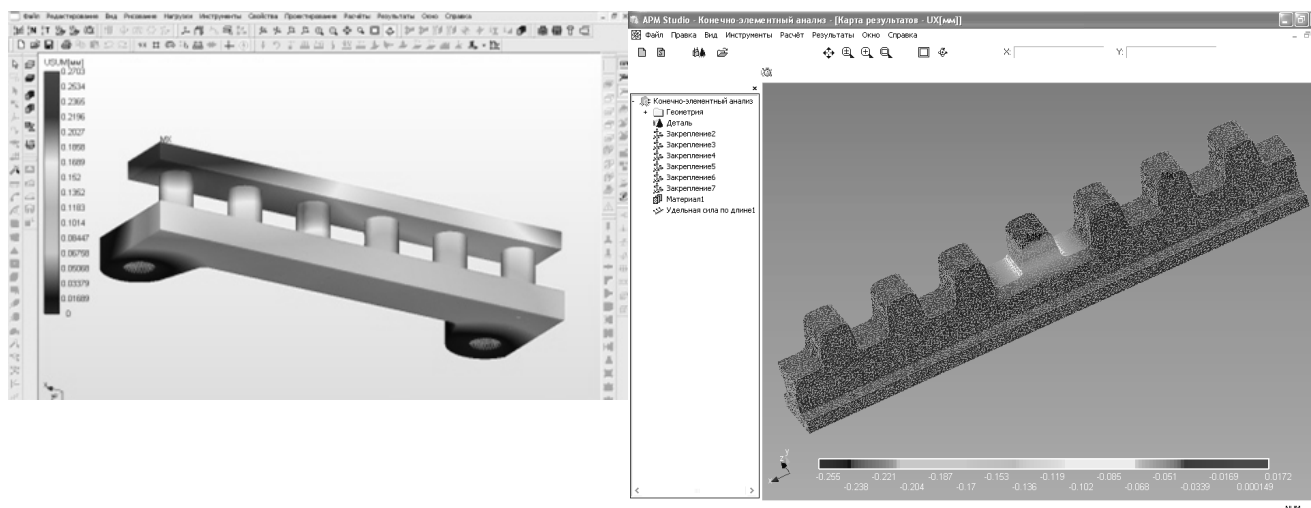


Рис.2. Анализ напряжённо-деформированного состояния тяговых реек

Необходимо отметить, что изгибающие и крутящие моменты принимают наибольшие значения в элементах зацепления рейки, взаимодействующих с приводным колесом, и в тех участках бортов, которые расположены между этими элементами и смежными с ними. Максимальные изгибающие моменты, действующие на борта рейки в вертикальной плоскости, почти в 6 раз превышают максимальные изгибающие моменты в горизонтальной плоскости.

Таким образом, в работе предложены рекомендации, позволяющие оценить качество принимаемых конструкторских решений с точки зрения изнашивания зубчато-реечных движителей на стадии проектирования.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бойко Н.Г. Динамика очистных комбайнов. – Донецк: Изд-во ДонНТУ, 2004. – 206 с.
2. Стационарные и тормозные режимы работы бесцепных систем перемещения очистных комбайнов / В.А. Бреннер, К.А. Головин, Т.В. Ковалёва, Л.В. Лукиенко, А.Е. Пушкарёв. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2007. – 220 с.



## СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПОЖАРНЫХ МИКРОАВТОМОБИЛЕЙ

**А.Н. Малышкин, А.В. Топоров, В.В. Киселев, О.И. Орлов**  
(ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»)

В настоящее время отечественной и зарубежной промышленностью разработан и изготавливается широкий спектр пожарных автомобилей на шасси машин нормальной грузоподъемности, позволяющих решать основные задачи по тушению пожаров [1]. Однако, несмотря на их высокие технические характеристики применение таких машин не всегда возможно и экономически оправдано. Имея высокие эксплуатационные показатели такие машины как правило очень дороги. Высокая стоимости зачастую не позволяет приобретать «полноценные» пожарные машины для вооружения небольших пожарных команд, работающих, например, в сельской местности, лесных хозяйствах, различных дачных поселках а так же добровольных пожарных формирований. Кроме того, решаемые такими пожарными командами задачи по своему объему и сложности редко сопоставимы с задачами, стоящими перед караулами пожарных частей федеральной пожарной охраны. Для решения таких локальных задач рабочие характеристики полноразмерных пожарных машин зачастую являются избыточными.

В ряде зарубежных стран для малых пожарных подразделений производятся малые и сверхмалые пожарные автомобили на базе квадроциклов и багги.

Например, такая машина изготавливается хорошо известной в нашей стране австрийской компанией Розенабауэр (рис. 1).

Машина POLY QUAD SL100 CAFS построена на шасси квадроцикла Polaris Ranger 4x4 800 ONE TON, оснащена мотопомпой производительностью 35 л/мин при давлении 8АТИ, цистерной на 100л воды, стволами, оборудованием для пенного тушения.

Кроме пожарных микроавтомобилей зарубежной промышленностью производятся специальные пожарные модули, позволяющие преобразовать стандартный квадроцикл или багги в пожарный микроавтомобиль. Так, американская компания «Кутэк» производит широкую гамму модулей, позволяющих решать различные задачи по тушению пожаров и эвакуации пострадавших. На рис. 2 представлен модуль QTAC 85EMS отличительной особенностью которого является наличие помимо цистерны объемом 300 л, мотопомпы Honda GHX50, двух стволов с рукавами, носилок для транспортировки пострадавших.



**Рис. 1.** Розенабауэр POLY QUAD SL100 CAFS



**Рис.2.** Модуль QTAC 85EMS в кузове багги

## НАДЕЖНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

Кроме указанных выше, подобные пожарные микромашины изготавливаются различными фирмами, располагающимися в Китае и странах юго-восточной Азии. При меньшей стоимости эти изделия имеют худшие характеристики и сомнительную надежность.

В последнее время в связи с удешевлением рубля цена таких машин, даже изготовленных в Китае значительно увеличилась, сделав их недоступными для отечественного потребителя, поэтому актуальной стала задача разработки и производства подобных машин в России из российских комплектующих.

Такая машина была разработана в Ивановском институте ГПС МЧС – «Доброволец 01».

Машина «Доброволец 01» (рис. 3) предназначена для тушения и ликвидации пожаров силами добровольных пожарных дружин в отдаленных от мест дислокации пожарных подразделений районах сельской местности, садовых товариществах в пожароопасный период, тушения лесоторфяных пожаров на труднодоступных участках лесного массива. Боевой расчет - два человека.

Основу комплектации микроавтомобиля составляют переносная пожарная мотопомпа, посредством использования которой возможна подача огнетушащих средств на расстояние до 160 метров от водоисточника, и огнетушитель ОП-35, предназначенный для ликвидации очагов возгораний в местах, где применение воды запрещено или невозможно.

Для тушения пожаров в частных домах и садовых постройках, имеющих более одного этажа, «Доброволец-01» укомплектован лестницей-трансформером, длина которой в разложенном состоянии составляет 5 метров.

При выполнении задач в ночное время для освещения места пожара на микроавтомобиле установлена телескопическая осветительная мачта с пневматическим приводом.

В комплектацию также входят генераторы огнетушащего аэрозоля, диэлектрический комплект, противоожоговая аптечка, спасательная веревка, шанцевый инструмент, средства защиты органов дыхания.

Таким образом, «Доброволец-01» имеет все необходимое пожарно-техническое вооружение для выполнения задач по тушению пожаров различного класса и оказания помощи пострадавшим, ни в чем не уступая зарубежным аналогам.



Рис. 3. Доброволец 01

## ЛИТЕРАТУРА

1. Безбородько М.Д. Пожарная техника: Учебник. – М., 2004. – 550 с.

## **ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПОДЪЕМНИКОВ ПРИ ТЕХНИЧЕСКОМ ОБСЛУЖИВАНИИ И РЕМОНТЕ ПОЖАРНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ**

**М.А. Марченко, А.А. Печурин**

*(ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы МЧС России»)*

Совершенствование и развитие технической службы – важная часть боевой готовности подразделений пожарной охраны. Существенные изменения в технологии технического обслуживания и ремонта современных пожарных автомобилей требуют совершенствования производства, значительного повышения качества работ по техническому обслуживанию и ремонту как базовых шасси, так и пожарных автомобилей в целом. При модернизации производственной базы производственно-технологических центров (ПТЦ), автообслуживающих предприятий необходимо внедрение новых форм и методов технического обслуживания и ремонта, механизации и автоматизации производственных процессов с применением современного высокопроизводительного технологического оборудования и инструмента.

Одним из эффективных средств, непосредственно влияющих на качественное выполнение работ по ТО и ремонту, повышение производительности труда на СТО, является широкое применение подъемно-транспортного оборудования. Необходимость в этом обусловлена следующим: при выполнении полного объема работ по техническому обслуживанию и ремонту автомобиля работы распределяются следующим образом - проведение работ снизу и сверху базового шасси 40–45% и 10–20% с боков, а применение современного высокопроизводительного подъемного оборудования, по данным НИИАТа, позволяет повысить производительность труда работ ТО и ремонта примерно на 25%.

По сравнению с другими видами подъемно-осмотрового оборудования автомобильные подъемники обладают значительными преимуществами:

- достаточный доступ ко всем агрегатам, узлам и деталям автомобиля;
- повышение производительности труда в результате отсутствия подъемов-спусков (как у осмотровых канав);
- возможность поднятия на любую высоту и установки автомобиля на любом высотном уровне;
- возможность изменять технологический маршрут ТО и ремонта;
- обеспечение эргономических требований современного производства;
- обеспечение высокого уровня санитарно-гигиенических условий труда и мер безопасности производства работ.

Широкое применение в автообслуживающих предприятиях получили стационарные 2-х стоечные, 4-х стоечные электромеханические и в последнее время электрогидравлические автоподъемники. Как показывает реальный опыт эксплуатации подъемников, электрогидравлические подъемники имеют существенные преимущества:

- бесшумность и плавность хода;
- экономия электроэнергии;
- высокая скорость работы на подъем и опускание;
- простота конструкции и технического обслуживания;
- возможность установки на 4-х стоечные подъемники дополнительных осевых подъемных устройств (траверс);
- имеют «чистый пол» и обеспечивают высокий уровень санитарно-гигиенических условий;
- высокая степень безопасности.

Решение при выборе подъемников предусматривает определение:

- грузоподъемности подъемника и устойчивости поднимаемого автомобиля;
- скорости и высоты подъема;

## НАДЕЖНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

- габаритов обслуживаемых автомобилей;
- технологии применения подъемного оборудования в технологических процессах работ на посту ТО и Ремонта.

Исходя из параметров технических характеристик (масса, габариты, доступность к агрегатам и узлам) пожарных автомобилей наибольшее применение находят 4-х стоечные электрогидравлические подъемники грузоподъемностью от 4 до 6 т и от 12 до 20 т. К основным элементам конструкции подъемников данного класса, относятся:

- силовой узел (электродвигатель, гидравлический насос, емкость для масла и пульт управления), который устанавливается на кронштейне к одной из стоек подъемника;
- четыре стойки, две подъемные перекладки, две подъемные платформы;
- гидроцилиндр, расположенный под одной из подъездных платформ;
- система тросов, блоков и шкивов;
- замки безопасности, пневматическая или другая система, управляющая ими.

Опыт эксплуатации данных подъемников, как зарубежного, так и отечественного производства показывает, что в основном надежность и ресурс работы узлов и механизмов электрогидравлических подъемников достаточно высокие. Высокие показатели надежности и ресурса работы имеют электрогидравлические подъемники, грузоподъемностью до 6 тонн (POWERREX SL-6000 и другие модели).

Появление на рынке широкого диапазона размеров прецизионных труб, фирм-производителей уплотнений (манжет) для гидравлических систем позволяет поддерживать работоспособность, а при необходимости и модернизацию данных подъемников. Стоимость же работ по производству комплектующих и расходных материалов для гидравлических подъемников на отечественных предприятиях в разы, а то и на порядок дешевле приобретения их в дилерских центрах, особенно для оборудования импортного производства.

Исходными данными для подбора и расчета основных элементов гидравлических подъемников являются [1]:

1. Диаметр гидроцилиндра  $D_{г}$ , толщина стенок гидроцилиндра  $S$ ;
2. Гидронасос. Подбор гидронасоса осуществляется по расходу рабочей жидкости  $Q$  и рабочему давлению  $p$  в гидроцилиндре;
3. Троса. Расчет тросов механизма подъема платформы производят по минимальному диаметру тросов  $d_{min}$ ;
4. Подшипники скольжения. Высокие радиальные нагрузки, низкая скорость вращения шкивов, требования к минимизации размеров узлов определяют применение подшипников скольжения [2].

В конструкциях триботехнических узлов из материалов в основном применяют сталь и бронзу. От свойств (твердость, шероховатость поверхности, др.) данных материалов, присутствия смазочного материала в зоне контакта поверхностей прямо зависит ресурс работы трибосопряжения. Допускаемые значения среднего давления  $[P]$ , и удельной работы  $[PI]$  в этих сопряжениях, находятся в пределах:

- сталь по бронзе  $[P]= 4...6$ , МПа;  $[PI] = 4...6$ , МН·м/м<sup>2</sup>·с;
- сталь закаленная  $[P]= 15...20$ , МПа;  $[PI] = 8...12$ , МН·м/м<sup>2</sup>·с;
- сталь по чугуну  $[P]= 2...4$ , МПа;  $[PI] = 1...3$ , МН·м/м<sup>2</sup>·с.

Работа данных трибосопряжений в 4-х стоечных подъемниках повышенной грузоподъемности (от 12 до 20 т) характеризуется высокими удельными давлениями, превышающими 20 МПа, что обусловлено увеличенной нагрузкой и возникающей циркуляцией мощности. Ресурс данных узлов в таких условиях ограничен и не намного превышает гарантийный срок. Поиск решений по повышению ресурса работы данных трибосопряжений является актуальным для конструкций подъемного оборудования ПТЦ и СТО.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузьмин А.В. Справочник по расчетам механизмов подъемнотранспортных машин/ Справочник. Минск. Высш. школа, 1983. – 350 с.
2. Крагельский И.В., Добычин М.Н., Комбалов В.С. Основы расчетов на трение и износ. – М.: Машиностроение, 1977.

**ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ**

**М.В. Миронов, М.Ю. Колобов**  
*(ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный химико-технологический университет»)*

Эксплуатационная надежность машин и механизмов во многом определяется работоспособностью и сроком службы подшипниковых узлов.

Значительная часть подшипников качения теряет работоспособность по причинам, связанным со смазкой: неудовлетворительное смазывание деталей подшипника вследствие неправильно подобранного смазочного материала, потеря смазочных свойств вследствие ужесточения эксплуатационных режимов работы подшипникового узла и других факторов, ухудшающих процесс смазывания подшипников качения.

Снижение износа деталей подшипников качения напрямую связана с повышением их ресурса работы. Одним из вариантов решения этой задачи является улучшение качества применяемых смазочных материалов за счет введения в их состав высокоэффективных твердых добавок.

Основная функция пластичных смазочных материалов при использовании в подшипниках качения – снижение сил трения между контактирующими поверхностями тел качения и кольцами, уменьшение их износа, предотвращение задира и сваривания. Поэтому большее внимание уделяется их антифрикционным, противоизносным и противозадирным свойствам.

Применение пластичных смазочных материалов в узлах трения с подшипниками качения позволяет создавать компактные конструкции из-за упрощенной подачи смазочного материала в подшипниковый узел [1].

Во время работы подшипника качения важно всегда поддерживать определенное количество смазочного материала. Его излишек служит основной причиной перегрева подшипникового узла из-за повышения сопротивления перекачиванию тел качения.

Считается, что для нормальной работы подшипникового узла трения с подшипниками качения следует заполнять не более  $2/3$  внутреннего свободного объема подшипника при низкой и средней скорости вращения, и  $1/3$  свободного пространства для высокоскоростных подшипников. Избыток пластичного смазочного материала при небольшой частоте вращения не оказывает существенного влияния на работу подшипника качения [2]. Однако, увеличение частоты вращения подшипника приводит к удалению пластичного смазочного материала с поверхности качения из-за возрастающих центробежных сил. Кроме того, увеличивается скорость сдвига смазочного материала, что служит причиной разрушения его структуры. С возрастанием скорости сдвига растет сопротивление смазочного материала перемещению тел, что приводит к выделению большого количества тепла и уменьшению тепловой стабильности пластичного смазочного материала.

Нехватка пластичного смазочного материала приводит к сокращению срока службы подшипника качения из-за увеличения работы сил трения, что также вызывает возрастание температуры, и, как следствие, плавление смазочного материала, его вытекание с дорожек

качения и уменьшение толщины смазочного слоя. Увеличение контактного давления при таком режиме работы может привести к задиру на поверхностях тел и дорожек качения. Большое значение в работе подшипникового узла отводится условиям эксплуатации узла трения и, соответственно, правильному подбору смазочного материала для этих условий. Исследованы наполнители к смазочным материалам на основе природного минерала – серпентина, который вводили в стандартную пластичную смазку Литол – 24 [3]. Серпентин в качестве наполнителя к пластичной смазке положительно влияет на её триботехнические свойства, снижая коэффициент трения и интенсивность изнашивания, уменьшает время приработки в 1,5 – 2 раза.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Справочник по триботехнике. Смазочные материалы, техника смазки, опоры скольжения и качения / Т. 2.; Под ред. М. Хебды, А. В. Чичинадзе. – М.: Машиностроение, 1990.
2. Пинегин, С. В. Трение качения в машинах и приборах. – М.: Машиностроение, 1976.
3. Зарубин В.П., Колобов М.Ю., Миронов М.В., Мугаев К.М. Серпентин как наполнитель смазочных материалов // Физика, химия и механика трибосистем: Межвуз. сборник науч. трудов. – Иваново: Ивановский гос. ун-т, 2013. – С. 62-65.

## ИОНООБМЕННАЯ АДСОРБЦИЯ В АППАРАТЕ С НЕПОДВИЖНЫМ КОЛЬЦЕВЫМ СЛОЕМ ИОНИТА

**С.В. Натареев, А.А. Быков, Д.Е. Захаров, О.С. Натареев**  
 (ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет»)

Аппараты с неподвижным кольцевым слоем ионита целесообразно применять на первой ступени обработки воды в ионообменных установках большой производительности. Схема движения жидкой фазы в аппарате показана на рис. 1. При моделировании ионного обмена в аппарате примем следующие допущения: ионит в форме шара имеет изотропную структуру, концентрация сорбируемых ионов в ионите в начальный момент времени равна нулю, скорость процесса лимитируется внешней и внутренней диффузией, равновесие ионного обмена описывается уравнением изотермы Никольского, раствор движется через слой ионита от наружной решетки к внутренней, структура потока раствора описывается гидродинамической моделью идеального вытеснения.

Математическое описание процесса ионного обмена в кольцевом ионообменном аппарате имеет следующий вид.

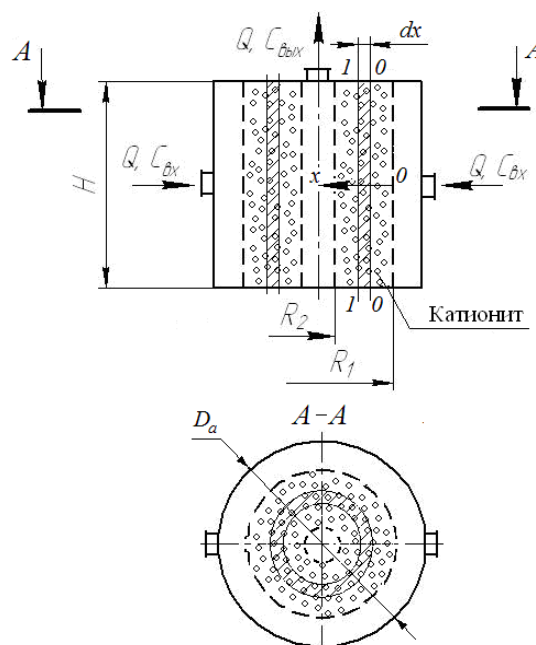


Рис. 1. Схема движения раствора в аппарате

Уравнение сохранения массы:

$$\varepsilon \frac{\partial C(x, \tau)}{\partial \tau} + (1 - \varepsilon) \frac{\partial \bar{C}_{cp}(x, \tau)}{\partial \tau} + \frac{\varepsilon v_{ex} R_1}{R_1 - x} \frac{\partial C(x, \tau)}{\partial x} = 0. \quad (1)$$

Уравнение изотермы Никольского, которое запишем для случая обмена двухвалентного иона на одновалентный:

$$K_c = \frac{(C_{ex} - C_p)^2 \bar{C}_{cp.p}}{(a_0 - \bar{C}_{cp.p})^2 C_p}. \quad (2)$$

Уравнение кинетики:

$$\frac{\partial \bar{C}(r, \tau)}{\partial \tau} = \bar{D}_{эф} \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left[ r^2 \frac{\partial \bar{C}(r, \tau)}{\partial r} \right]. \quad (3)$$

Начальные и граничные условия:

$$C(x, 0) = 0, \quad (4)$$

$$C(0, \tau) = C_{ex}, \quad (5)$$

$$\bar{C}_{cp}(x, 0) = 0, \quad (6)$$

$$\bar{C}(r, 0) = 0, \quad (7)$$

$$\frac{\partial \bar{C}(0, \tau)}{\partial r} = 0, \quad (8)$$

$$\bar{D}_{эф} \frac{\partial \bar{C}(r_0, \tau)}{\partial r} = \beta [C_{ex} - C_p(\bar{C})]. \quad (9)$$

Уравнение для определения средней концентрации сорбируемого иона в сферической частице:

$$\bar{C}_{cp}(\tau) = \frac{3}{r_0^3} \int_0^{r_0} r^2 \bar{C}(r, \tau) dr. \quad (10)$$

Принятые обозначения:  $a_0$  – обменная емкость ионита, кг – экв/м<sup>3</sup>;  $C$  и  $\bar{C}$  – концентрация целевого компонента в растворе и ионите, кг-экв/м<sup>3</sup>;  $\bar{D}$  – коэффициент диффузии целевого компонента в твердой фазе, м<sup>2</sup>/с;  $K_c$  – концентрационная константа равновесия;  $h = R_1 - R_2$  – толщина кольцевого слоя ионита, м;  $H$  – высота слоя ионита, м;  $r$  – радиальная координата внутри зерна ионита, м;  $r_0$  – радиус частицы ионита, м;  $R_1$  и  $R_2$  – радиус наружной и внутренней поверхности слоя ионита, м;  $v$  – скорость раствора, м/с;  $x$  – координата по толщине слоя ионита, м;  $\beta$  – коэффициент массоотдачи в жидкой фазе, м/с;  $\varepsilon$  – порозность;  $\tau$  – время, с; индексы:  $ex$  – входящий,  $gp$  – граница,  $p$  – равновесный,  $cp$  – средний,  $эф$  – эффективный.

Для решения системы уравнений (1) – (10) используем интервально–итерационный метод [1], в соответствии с которым время всего процесса ионного обмена представляется в виде ряда последовательно соединенных временных интервалов. В пределах каждого небольшого временного интервала предполагается постоянство физических параметров процесса и линейность изотермы ионного обмена. Для  $i$  – го малого промежутка времени нелинейная равновесная зависимость заменяется уравнением касательной к графику  $\bar{C} = f(C)$  в точке с координатами  $[\bar{C}_{i.p}, C_i]$ :

$$\bar{C} - f(C_{oi}) = f'(C_{oi})(C - C_{oi}), \quad (11)$$

где  $C_{oi}, \bar{C}_{pi}$  – начальная концентрация раствора на  $i$  – ом интервале времени и соответствующее ей равновесное значение адсорбции.

В этом случае уравнение изотермы ионного обмена имеет вид:

$$\bar{C} = mC + b. \quad (12)$$

Здесь  $m$  – угловой коэффициент

$$m = (C_0^2 - C_{0i}^2) \left[ -\frac{1}{2C_{0i}^2 K_c} + \frac{2K_c C_{0i} a_0 + (C_0 - C_{0i})^2}{2K_c C_{0i} (C_0 - C_{0i}) \sqrt{4K_c C_{0i} a_0 + (C_0 - C_{0i})^2}} \right], \quad (13)$$

$b$  – отрезок, отсекаемый прямой, на оси ординат

$$b = a_0 + \frac{(C_0 - C_{0i})^2}{2K_c C_{0i}} - \sqrt{\left( a_0 + \frac{(C_0 - C_{0i})^2}{2K_c C_{0i}} \right)^2 - a_0^2} - (C_0^2 - C_{0i}^2) \left[ -\frac{1}{2C_{0i}^2 K_c} - \frac{2K_c C_{0i} a_0 + (C_0 - C_{0i})^2}{2K_c C_{0i} (C_0 - C_{0i}) \sqrt{4K_c C_{0i} a_0 + (C_0 - C_{0i})^2}} \right] \quad (14)$$

Решение системы уравнений (1), (3) – (10), (12) имеет вид:

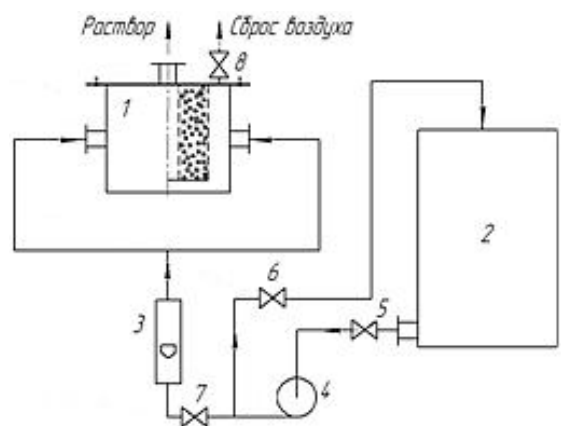
$$\frac{C_{вх} - C(x, \tau)}{C_{вх} - C_0} = \begin{cases} 0 & \text{при } 0 \leq \tau \leq x \\ \sum_{n=1}^{\infty} A_n e^{-\mu_n^2 \frac{D_{эф}}{r_0^2} \left[ \tau - \frac{x(x-2R_1)}{2v_{вх} R_1} \right]} & \text{при } \tau > x \end{cases} \quad (15)$$

где  $A_n = \frac{6m(\sin \mu_n - \mu_n \cos \mu_n)^2}{\mu_n^3 (\mu_n - \sin \mu_n \cos \mu_n)}$ ,  $\mu_n$  – корни характеристического уравнения:

$$tg \mu_n = \frac{-\mu_n}{Bi_m - 1}. \quad (16)$$

Уравнение (16) позволяет рассчитать пространственно–временное распределение концентрации целевого компонента в движущемся растворе в пределах небольшого слоя ионита в любой момент времени. Общую картину процесса ионного обмена в аппарате в целом получают путем итерирования всех аналитических решений.

Для проверки адекватности разработанной математической модели реальному процессу были проведены исследования динамики процесса ионообменной сорбции ионов меди в кольцевом адсорбере с неподвижным слоем катионита Lewatit S-100 в H-форме. Схема лабораторной установки показана на рис. 2. Перед началом проведения эксперимента в пространство между внутренней и наружной решетками, находящимися внутри аппарата 1, через специальное отверстие загружали набухший катионит. Затем в аппарат заливали дистиллированную воду. С помощью вентиля 8 из аппарата удаляли воздух. Исходный раствор из емкости 2 с помощью насоса 4 подавали в кольцевой адсорбер 1. Необходимый расход раствора устанавливали по ротаметру 3 с помощью вентиля 7. Исследование процессов ионного обмена в аппарате заключалось в снятии выходных кривых.



**Рис. 2.** Схема ионообменной установки:  
1 – ионообменный аппарат, 2 – емкость исходного раствора, 3 – ротаметр, 4 – насос, 5 – 8 – вентили



Для расчетов были приняты следующие параметры: диаметр аппарата  $D_{ан}$  – 0,205 м; диаметр наружной решетки  $D_{н.р}$  – 0,11 м; диаметр внутренней решетки  $D_{в.р}$  – 0,05 м; высота слоя ионита в аппарате  $H$  – 0,13 м; объем сорбента в аппарате  $\bar{V}$  –  $1,06 \cdot 10^{-3}$  м<sup>3</sup>; производительность аппарата по жидкой фазе  $Q$  –  $3,3 \cdot 10^{-5}$  м<sup>3</sup>/с; исходная концентрация раствора сульфата меди  $C_{вх}$  – 0,0167; 0,051 и – 0,0956 кг-экв/м<sup>3</sup>, коэффициенты диффузии ионов меди в катионите, соответствующие вышеуказанным концентрациям раствора –  $\bar{D}_{эф}$  –  $0,08 \cdot 10^{-11}$ ;  $0,23 \cdot 10^{-11}$  и  $0,58 \cdot 10^{-11}$  м<sup>2</sup>/с [2]; концентрационная константа  $K_c$  – 1,8 [3]; плотность катионита  $\bar{\rho}$  – 1280 кг/м<sup>3</sup> [4]; порозность слоя катионита  $\varepsilon$  – 0,38 [4].

Результаты расчета и эксперимента показаны на рис. 3. Из анализа выходных кривых ионообменной сорбции ионов меди видно, что с увеличением концентрации исходного раствора наблюдается сжатие фронта адсорбции в слое катионита. Следовательно, на динамику процесса ионного обмена оказывает влияние кинетика ионообменной адсорбции. Динамическая объемная емкость катионита практически не изменяется и составляет в среднем 1,37 кг-экв/м<sup>3</sup>. Время защитного действия слоя катионита зависит от концентрации исходного раствора. В опытах с концентрацией исходного раствора  $C_{вх}$  равной 0,0167 кг-экв/м<sup>3</sup> время защитного действия слоя не превышает 600 с, а для  $C_{вх}$  равной 0,0956 кг-экв/м<sup>3</sup> – 120 с.

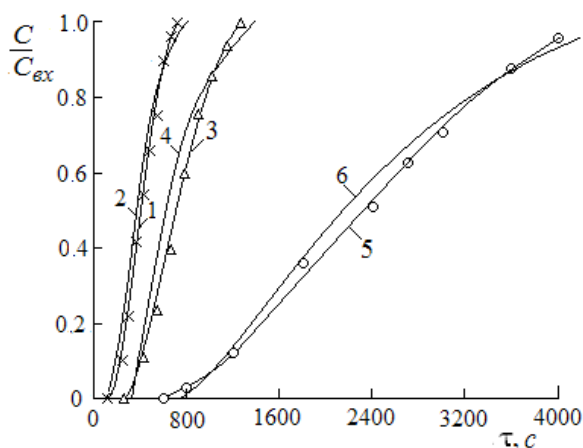


Рис. 3. Сравнение экспериментальных (1, 3, 5) и расчетных (2, 4, 6) выходных кривых ионного обмена  $\text{Cu}^{2+} - \text{H}^+$  на катионите Lewatit S-100:  $C_{вх}$ , кг-экв/м<sup>3</sup>: 1, 2 – 0,0956; 3, 4 – 0,0510; 5, 6 – 0,0167

Сравнение расчетных и экспериментальных выходных кривых процессов ионного обмена позволяет сделать вывод об их удовлетворительной сходимости. Среднее отклонение расчета от эксперимента не превышает 10 %.

На основании разработанной математической модели была предложена методика расчета адсорбера с кольцевым слоем адсорбента, которая была использована при проектировании промышленного аппарата для очистки сточных вод от ионов меди на одном из машиностроительных предприятий.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Романков, П.Г. Массообменные процессы химической технологии (системы с дисперсной твердой фазой) / П.Г. Романков, В.Ф. Фролов. – Л.: Химия, 1990. – 384 с.
2. Волжинский, А.И. Регенерация ионитов. Теория процесса и расчет аппаратов / А.И. Волжинский, В.А. Константинов. – Л.: Химия, 1990. – 240 с.
3. Натареев, С.В. Ионообменная сорбция тяжелых металлов катионитом Lewatit S-100 / С.В. Натареев, Т.Е. Никифорова, В.А. Козлов, А.Е. Кочетков. // Изв. ВУЗов “Химия и химическая технология”. – Т. 53, N 8. – 2010. – С. 30 – 33.
4. Аширов, А. Ионообменная очистка сточных вод, растворов и газов / А. Аширов. – Л.: Химия, 1983. – 295 с.

**АНАЛИЗ РАБОТЫ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ С ПОМОЩЬЮ СИСТЕМЫ  
КОМПЬЮТЕРНОЙ ГРАФИКИ SIMULATION SUITE (AUTO DESK)**

**Е.Н. Никифорова, П.Е. Тюрин**

*(ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный политехнический университет»)*

За последние несколько десятков лет инженеры-проектировщики получили в свое распоряжение мощные средства для моделирования, как самих механизмов, так и процессов, связанных с их работой. Недостатками подобных компьютерных систем всегда были: сложность в совместимости информационных моделей, а также необходимость обширных познаний в области инженерного кинематического анализа. Сложности возникали и у специалистов по моделированию процессов симуляции работы системы.

Компьютерный программный продукт Auto desk Inventor Simulation Suit создан на основе известного пакета для проектирования Inventor, поэтому передача трехмерной модели созданного механизма для его последующего анализа происходит без каких-либо потерь. Технология данной программы позволяет проектировщику создавать и подвергать анализу цифровые аналоги машин и механизмов для ускорения разработки и испытания новых образцов при уменьшении затрат на исследования.

В процессе проектирования конструктор постоянно решает вопросы о совместимости деталей, правильном их взаимодействии, компоновке узлов, а также анализирует траектории движения частей механизма.

С помощью современных САД – систем и визуализаторов можно решить эти проблемы, но на некоторые вопросы ответ будет получен только при испытании опытных образцов – это проблемы ресурса конструкции, возможность снижения веса, эффективность работы, выбор мощности привода и т.д. Создание рабочих образцов – это трудоемкий и затратный процесс. Выход – создание цифровой модели-прототипа в среде Simulation Suit. Возможности данной программы позволяют разработчикам преобразовать геометрические зависимости деталей, полученных в САПР Inventor в механические соединения, а затем приложить внешние силы, учитывать в работе гравитацию, моделировать процессы трения, растяжения-сжатия и т.д. Данная система располагает мощным расчетным ядром, которое обеспечивает вычисление ускорений, скоростей, реакций. Подобный подход позволяет снизить возможные потенциальные риски в работе будущей конструкции и оптимизировать процесс проектирования.

Моделирование динамических процессов в Simulation Suit эффективно сочетаются с блоком линейного анализа напряжений методом конечных элементов.

В начале процесса проектировщик запускает модуль для моделирования динамических процессов и расчета динамических характеристик. При окончании анализа инженер получает информацию о скоростях, ускорениях и положении частей механизма на протяжении одного рабочего цикла. Данные результаты будут содержать силы реакций в каждом шарнире.

Следующий этап – задание для модели различных вынуждающих сил, внешних ограничений и дополнительных движений. На данном этапе система позволяет даже применять некоторые логические условные функции.

После задания нагрузок разработчик запускает процесс инженерного анализа. Его результаты показываются в графической форме, при этом выделяются зоны с максимальным напряжением, которые дополнительно окрашиваются ассоциативным цветом.

Проанализировав результаты, проектировщик может изменить конструкцию изделия, геометрию деталей, чтобы уменьшить пиковые значения, уменьшить расход материалов, а также увеличить ресурс узла и его эффективность.

Рассматривая возможности пакета Auto desk Inventor Simulation Suit можно заключить, что разработчики данного продукта существенно исправили недостатки, присущие подобным системам. Созданы удобные инструменты для работы непосредственно с 3D-моделью, разработанной в САПР Inventor. В процессе работы пакета генерируется практически реальная цифровая модель будущего изделия, позволяющая широко экспериментировать с ней. Процесс определения реакций и напряжений позволяет оптимизировать геометрические характеристики деталей конструкции. Практически отпадает необходимость построения ряда дорогостоящих опытных образцов.

Таким образом, система Simulation Suit не только ускоряет процесс разработки новых конструкций, но и экономит время на испытаниях изделия, а также способствует улучшению общего качества изделия.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Дэниэл Банах. Auto DESK Inventor. Изд. Лори, 2007. – 732 с.
2. Журбенко П., Алиева Н., Сенченкова Л. Трехмерное моделирование в Auto desk Inventor. Изд. ДМК Пресс, 2012. – 112 с.

### ИССЛЕДОВАНИЕ СМАЗОЧНОГО ДЕЙСТВИЯ МАШИННЫХ МАСЕЛ В УСЛОВИЯХ ВЫСОКИХ КОНТАКТНЫХ ДАВЛЕНИЙ

**В.В. Новиков, Е.В. Березина, К.С. Бурченков, С.В. Миронов, Р.Ю. Лисицын\***  
(ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный университет», \*ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»)

Надежное тестирование смазочных свойств масел, трибоактивных присадок является одной из актуальных задач, стоящей в энергетическом машиностроении. В настоящее время существуют большое число испытательных установок, обеспечивающих различные схемы трения [1]. Однако большинство из них являются лабораторными приборами, которые были выполнены в единственном экземпляре. Поэтому важно иметь надежную методику испытаний на серийно выпускаемых трибометрах.

**Эксперимент.** Целью наших исследований являлось изучение трения смазочных масел в условиях высоких контактных давлений на машине трения МТУ-01. Машина трения универсальная модели МТУ-01 (ТУ 4271-001-29034600-2004) предназначена для испытаний на трение и изнашивание металлических и неметаллических материалов в условиях применения различных смазочных материалов. Метод испытаний основан на взаимном перемещении прижатых друг к другу с заданным усилием испытываемых образцов в среде смазочных материалов или без них. Скорость вращения образца без нагрузки, плавно регулируется от 200 до 2500 об/мин, усилие прижима испытываемых образцов, от 50 до 1000 Н.

Схема контакта, используемого в эксперименте – торец вращающегося ролика и плоскость неподвижного диска. Момент трения и осевая нагрузка регистрируется тензодатчиками, температура – капельной термопарой. Регистрируемые параметры записываются и обрабатываются с использованием ПЭВМ в реальном времени. Программное обеспечение при испытании позволяет фиксировать момент трения, осевую нагрузку и температуру в реальном времени с графическим отображением их изменений. Установка дает возможность проводить длительные испытания продолжительностью несколько часов. Характеристики машины позволяют проводить исследования в условиях высоких контактных давлений от 100 МПа и выше.

Для обеспечения этих условий была применена следующая схема испытаний. К пластине из закаленной стали 40X твердостью HRC 52 с помощью нагружающего устройства прижималась насадка из трех неподвижно закрепленных шариков из стали ШХ15 диаметром 12.3 мм, которая устанавливалась в шпиндель машины. Сила прижатия  $N$  варьировалась от 0 до 400 Н. Перед проведением испытаний на шариках были сформированы стабильные пятна износа диаметром 1,0...1,1 мм. Это позволило проводить опыты в стационарных условиях по рабочему давлению в зоне контакта. При этом величина давлений составляла 100... 300 МПа. Частота вращения шпинделя в эксперименте была постоянной 200 об/мин, линейная скорость движения шариков по плоскости — 11.3 м/мин.

Трение пары исследовалось в среде индустриального масла И-20 (ГОСТ 20799-88), моторного масла М-8В (ТУ 0253-052-04001396-02) и трансмиссионного масла SAE 80w90 (ГОСТ 17479,2-85). После установки образцов перед проведением измерений проводилась притирка пары трения в течении 15 минут. Результаты представлены на рис. 1.

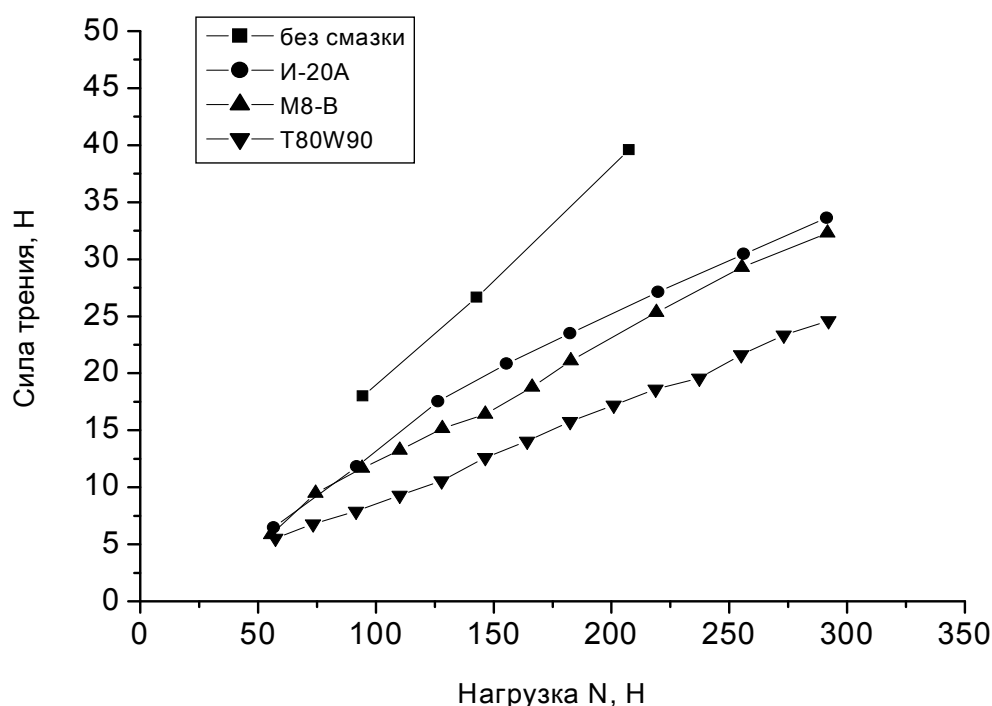


Рис. 1. Зависимость силы трения от прижимной нагрузки

Анализ результатов эксперимента по влиянию нагрузки на силу трения показал, что кривые зависимости силы трения  $F_{тр}$  от нагрузки  $N$  для любых видов испытанных смазочных материалов отклоняются от линейного закона и могут быть аппроксимированы полиномом второго порядка

$$F_{тр} = \beta_1 N - \beta_2 N^2, \quad (1)$$

где  $\beta_1$  и  $\beta_2$  — эмпирические коэффициенты.

Это означает, что коэффициент трения  $\mu$  для тяжело-нагруженных пар трения снижается с повышением нагрузки на контакте пропорционально нагрузке.

$$\mu = F_{тр} / N = \beta_1 - \beta_2 N \quad (2)$$

Коэффициент  $\beta_1$  отражает смазочную способность масла при малых давлениях, а  $\beta_2$  — поправочный коэффициент, уточняющий значения  $\mu$  при высоких давлениях

Методом наименьших квадратов был произведен расчет коэффициентов модели (1), результаты которого представлены в табл. 1.

Таблица 1. Показатели регрессионной модели зависимости силы трения от нагрузки

Смазочная среда	$\beta_1$	$\beta_2 \times 10^{-4} \text{ н}^{-1}$	$R^2$
Без смазки	0,192	0	0,99
Индустриальное масло И-20	0,164	1,53	0,99
Моторное масло М-8В	0,122	0,28	0,98
Трансмиссионное масло ТНК 80w90	0,076	0,19	0,99

Анализируя значения коэффициентов  $\beta_1$  для разных смазочных сред видно, что с повышением содержания присадок в смазке значения  $\beta_1$  уменьшаются, что объясняется экранирующим действием присадок в смазке. Напротив, значение  $\beta_2$  с введением присадок уменьшается. Причины такого поведения кривых неясны и требуют дальнейших исследований.

**Теоретическая модель.** Для анализа экспериментальных результатов нами сформулирована концептуальная модель процесса трения тяжело нагруженных пар. Известно, что коэффициент в них определяется процессом разрушения микровыступов контакта за счет пластической деформации или разрыва адгезионных связей в местах нарушения смазочного слоя соприкасающихся поверхностей. Силу трения, возникающую между телами можно выразить как

$$F_{mp} = \alpha(p) \cdot S_0 \cdot \tau_{cp}, \quad (3)$$

где  $\alpha(p)$  – доля поверхности фактического металлического контакта микровыступов пары трения,  $p = n/s_0$  – давление на контакте,  $n$  – нагрузка,  $s_0$  – номинальная площадь контакта,  $\tau_{cp}$  – среднее напряжение среза в мостике схватывания.

Из теории контактного взаимодействия пар при трении [2] известно, что доля фактического металлического контакта поверхностей трения можно оценить как

$$\alpha(p) = k \cdot p / HB, \quad (4)$$

где  $HB$  – твердость наименее твердого материала пары,  $k$  – коэффициент металлического (несмазанного) контакта.

Реальное давление на контакте отклоняется от номинального давления из-за гидростатического эффекта. Величину расклинивающего давления можно определить по формуле петрова [2]

$$\Delta p = \eta \cdot v / h(p), \quad (5)$$

где  $\eta$  – динамическая вязкость смазки,  $v$  – скорость скольжения,  $h(p)$  – зазор между поверхностями.

Подставляя выражения (4) и (5) в формулу (3) можно получить выражения для расчета коэффициента трения

$$\mu(p) = \frac{F_{mp}}{N} = \left[ 1 - \frac{\eta \cdot V}{p \cdot h(p)} \right] \cdot \frac{k \cdot \tau_{cp}}{HB} \quad (6)$$

## НАДЕЖНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

Выражение (6) отражает то, что смазка при трении тяжело нагруженных пар уменьшает коэффициент трения, как за счет экранирования поверхностей, так и за счет гидродинамического расклинивания.

Для оценки влияния нелинейного члена, связанного с гидродинамическим давлением мы приняли следующие значения параметров —  $\eta = 3 \cdot 10^{-2} \text{ Па} \cdot \text{с}$ ,  $v = 0,2 \text{ м}$ ,  $h(p) = 10^{-6} \text{ м}$ ,  $p = 100 \text{ МПа}$

$$\frac{\eta \cdot V}{p \cdot h(p)} = \frac{3 \cdot 10^{-2} \cdot 2 \cdot 10^{-1}}{10^8 \cdot 10^{-6}} \approx 6 \cdot 10^{-5} \ll 1 \quad (7)$$

Следовательно, при высоких давлениях влиянием гидродинамического члена в уравнении (6) можно пренебречь.

Частным случаем трения является трение без смазки. Тогда приняв, что коэффициент металлического контакта  $k = 1$ , из выражения (6) можно получить формулу для оценки коэффициента сухого трения:

$$\mu_0 = \frac{\tau_{cp}}{HB} \quad (8)$$

Механические свойства материала взаимосвязаны. Между напряжением среза и твердостью существует эмпирическая взаимосвязь [3]. Известно, что предел прочности для сталей  $\sigma_b$  связан с твердостью  $HB$  как

$$\sigma_b \approx 0,33 HB. \quad (9)$$

Напряжение среза  $\tau_{cp}$  связано с пределом прочности стали

$$\tau_{cp} \approx 0,7 \sigma_b. \quad (10)$$

Из выражений (9) и (10) можно теоретически оценить значения коэффициента сухого трения для стальной пары

$$(\mu_0)_{теор} \approx 0,23. \quad (11)$$

Более низкое значение коэффициента сухого трения  $\mu_0$ , наблюдаемое в эксперименте (табл.1), связано, как мы полагаем, с частичным экранированием поверхности контакта окисными пленками.

Наличие окислительных процессов означает, что в случае сухого трения коэффициент металлического контакта всегда

$$k < 1. \quad (12)$$

В случае смазанного трения описание явлений в зоне контакта усложняется, так как неизвестна зависимость величины  $k$  от условий трения.

Развитие предложенной модели мы видим в установлении теоретических подходов для оценки коэффициента металлического контакта поверхностей в зависимости от параметров смазочной среды.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ.*

## ЛИТЕРАТУРА

1. Комбалов В.С. Методы и средства испытаний на трение и износ конструкционных и смазочных материалов. Справочник. — М.: Машиностроение, 2008. 384 с.
2. Мышкин Н.К., Петроковец М.М. Трибология: принципы и приложения. — Гомель: ИМПС НАН, 2002. 310 с.
3. Золотаревский В.С. Механические свойства металлов. — М: Высш. шк.1983. 352 с.

## РАСЧЁТ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАГРУЗКИ ПО ШАРИКАМ В ПОДШИПНИКЕ

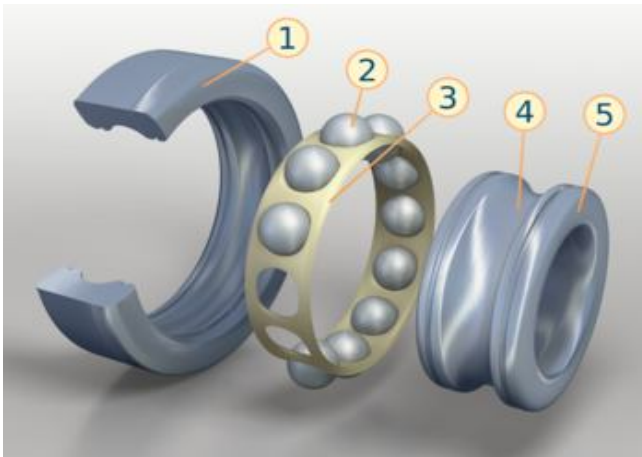
**М.А. Ноздрин, З.В. Зарубин, Л.С. Михайлова**  
 (ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»)

Целью работы является установления закона распределения общей нагрузки между отдельными шариками радиального подшипника качения для возможной оптимизации конструкции и режимов эксплуатации.

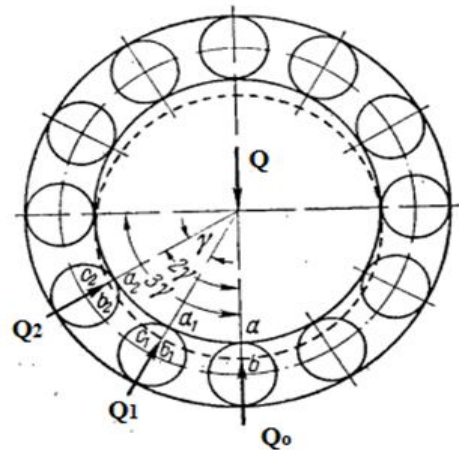
Распределение нагрузки в значительной степени зависит от величин зазоров в подшипнике и от точности геометрической формы его деталей (рис. 1).

Для конкретизации численного и аналитического расчетов рассматривается подшипник 2230: роликовый подшипник с короткими цилиндрическими роликами без бортов на наружном кольце.

Проведен аналитический расчёт распределения нагрузки по телам качения (рис. 2).

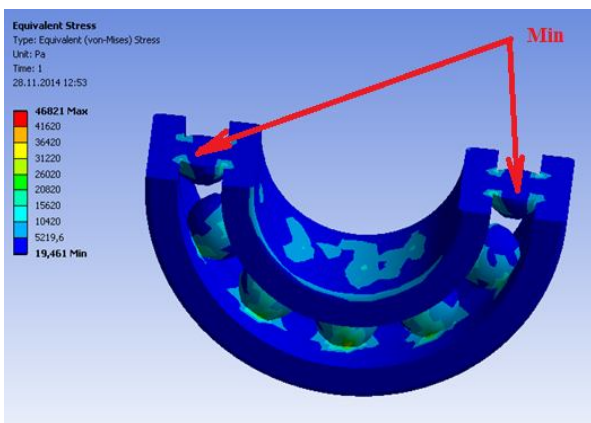


**Рис.1.** Устройство однорядного радиального шарикоподшипника: 1) внешнее кольцо; 2) шарик (тело качения); 3) сепаратор; 4) дорожка качения; 5) внутреннее кольцо

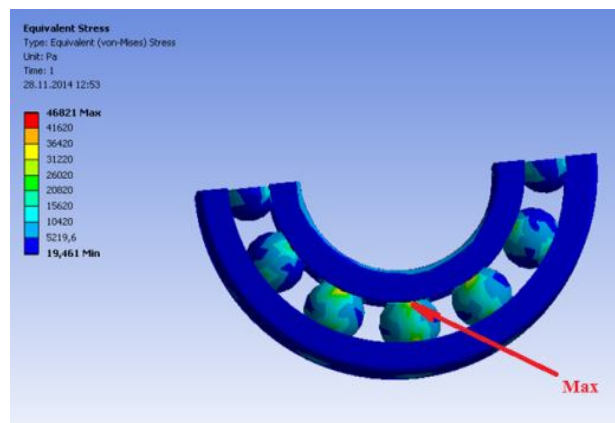


**Рис. 2.** Схема нагружения подшипника для аналитического расчета

Численные расчеты распределения нагрузки по телам качения проведены в программном обеспечении ANSYS Mechanical (рис. 3).



а)



б)

**Рис. 3.** Численный расчет нагрузки на шарик в подшипнике:

- а) минимальная нагрузка на шарик подшипника, которые находятся под углом 90 к нагрузке;
- б) максимальная нагрузка находится под углом 0 к нагрузке

## НАДЕЖНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

Результаты расчётов распределения общей нагрузки между отдельными шариками радиального подшипника качения, а также оценка расхождения двух видов расчетов приведены в таблице (табл. 1).

Таблица 1. Расчеты радиальной нагрузки по шарикам в подшипнике

Угол $\gamma$ , °	0	30	60	90
Аналитический расчет, Па	416667	335803	147314	0
Численный расчет, Па	416200	336300	147310	19,461
Погрешность, %	0,113	0,149	0,116	0

Нагрузка на шарики уменьшается при переходе от горизонтального диаметра к вертикальному: наибольшая нагрузка приходится на центральный шарик подшипника 416,7 кПа, а наименьшая на шарик под углом 90° 19,5 Па. Расхождения численного и аналитического расчетов составило не более 0,2 %, причём, наибольшая погрешность наблюдается на промежуточном радиусе между горизонтальным и радиальным направлениями.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Леликов, О.П. Основы расчета и проектирования деталей и узлов машин. Конспект лекций по курсу "Детали машин"/ О.П. Леликов // М.: Машиностроение, 2002.
2. Безухов, Н.И. Основы теории упругости, пластичности и ползучести./ Н.И. Безухов // М.: Машиностроение, 1961.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕФОРМАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЛАСТИНЫ НА УПРУГОМ ОСНОВАНИИ

**М.А. Ноздрин, В.И. Шапин, Е.О. Мясникова**  
(ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»)

Общеизвестно, что балки и плиты на упругом основании представляют собой конструкции, широко используемые в практике строительства, машиностроения. Если балки и плиты служат фундаментом здания или сооружения, то их работа существенным образом влияет на напряженное состояние всей конструкции, поэтому большое значение имеет задача усовершенствования методов расчета пластин на упругом основании.

В настоящее время принята теория плит, основанная на предположении, что грунт работает как линейно - деформированная среда, или, иначе говоря, как упругое полупространство. Разработаны практические методы расчета различного рода конструкций на упругом полупространстве.

В работе изучаются влияния упругого основания на деформацию пластины. Для получения уточнённых исходных данных теоретических расчетов проводятся экспериментальные исследования с целью изучения механических свойств материалов конструкций, а так же условий закреплений и нагрузжений. Испытания проводились на базе научно-исследовательской лаборатории кафедры теоретической и прикладной механики [1].

Эксперименты подразделены три группы:

- 1) испытание пластины (стеклотекстолит) с различными граничными условиями (рис.1);



2) испытание пластины на упругом основании (поролон) с различными граничными условиями;

3) испытание материала упругого основания с целью определения среднего значения коэффициента жесткости (рис. 2).

Параметры испытываемой пластины приведены в таблице (табл. 1).

Таблица 1. Параметры испытываемой пластины

Материал	Длина $l$ , мм	Ширина $b$ , мм	Толщина $h$ , мм	Площадь $F$ , мм <sup>2</sup>
Стеклотекстолит	445	220	1.6	97900

В первом эксперименте (рис. 1) для пластины последовательно устанавливаются различные виды закрепления (оба шарнирные, оба жесткие, жестко – шарнирные). На образце задается начальная нагрузка в центре пластины 0,5 кг и проводятся отсчеты по шкалам 3х индикаторов перемещений.

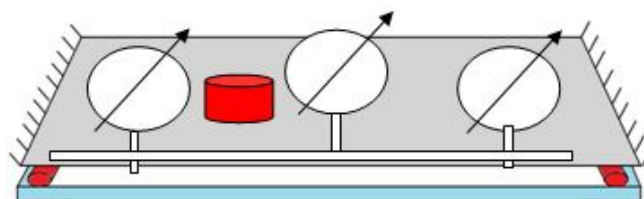


Рис. 1. Схема испытания пластины

Результаты измерений для всех трех закреплений заносятся в таблицу (табл. 2).

Во втором эксперименте для пластины на упругом основании также последовательно устанавливаются те же виды закреплений. На образце задается начальная нагрузка в центре пластины 0,5 кг и проводятся отсчеты по шкалам 3-х индикаторов перемещений.

Результаты измерений для всех трех закреплений заносятся в таблицу (табл. 2).

Таблица 2. Результаты эксперимента

Нагрузка $P = 4.9$ Н		Пластина	Пластина и основание
Распределённая нагрузка $q = P/F = 50,1$ Н/м <sup>2</sup>			
Прогибы $w_{шш}$ , мм (обе опоры – шарнирные)	W1	0,9	0,15
	W2	1,8	0,39
	W3	0,93	0,17
Прогибы $w_{жш}$ , мм (одна опора жесткая, другая шарнирная)	W1	0,72	0,12
	W2	1,64	0,37
	W3	0,91	0,15
Прогибы $w_{жж}$ , мм (обе опоры – жесткие)	W1	0,42	0,15
	W2	0,88	0,37
	W3	0,39	0,15

Испытания пластины без упругого основания показали, что граничные условия существенно влияют на прогиб, а именно, для шарнирных опор прогиб больше (0,9; 1,8; 0,93), чем для жёсткой заделки (0,42; 0,88; 0,39). Однако, с добавлением мягкого упругого основания прогибы значительно уменьшаются, а влияние граничных условий нивелируется, например показатели для шарнирных опор и жёсткой заделки или совпадают, или отличаются несущественно.

В третьем эксперименте (рис. 2) упругое основание размещается на твердой поверхности, делится на 21 участок, в каждом из которых замеряется прогиб.

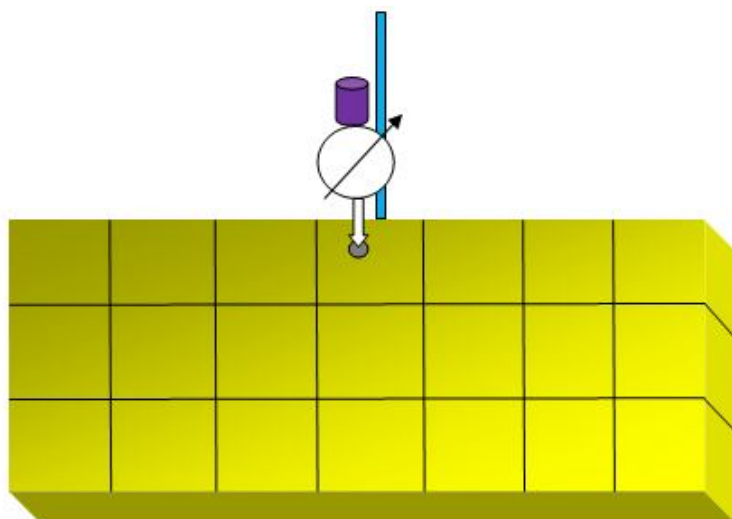


Рис. 2. Схема испытания упругого основания

Результаты эксперимента заносятся в таблицу, из которой получают среднего коэффициента жесткости упругого основания, по формуле [2]:

$$k = \frac{q}{w}, \quad (1)$$

где  $q$  – распределённая нагрузка;  
 $w$  – перемещения (осадка).

Проведённые исследования деформационных характеристик пластины на упругом основании при различных способах закрепления показали степень влияния толщины основания. Полученные данные позволяют подобрать оптимальную толщину основания с целью минимизации прогиба двухслойной конструкции.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ноздрин, М.А. Механика сплошной среды. Методические указания для выполнения лабораторных работ / М.А. Ноздрин, З.В. Зарубин // Иваново: РИО ИГЭУ, 2007.
2. Малышев, М.В. Механика грунтов: основания и фундаменты / М.В. Малышев, Г.Г. Болдырев // М.: Изд. ассоциаций строительных вузов, 2004.

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ АКТИВАТОРОВ ДЛЯ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРОЦЕССА КОНВЕКТИВНОЙ СУШКИ

**А.А. Покровский, Е.П. Покровская\*, В.П. Зарубин, А.С. Коновалов**  
 (ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»,  
 \*ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный политехнический университет»)

В процессе производства синтетической кожи нового поколения заключительная стадия заключается в удалении растворителя, оставшегося в материале после экстракции, которая в наиболее экологически и пожаробезопасном варианте реализуется в токе водяного пара. Возможно использование как насыщенного, так и перегретого водяного пара. Поскольку при использовании перегретого пара происходит удаление жидкости практически до нулевого содержания, то данную стадию можно рассматривать как процесс конвективной сушки капиллярно-пористого материала.

В нашем случае сушка синтетической кожи представляет собой процесс удаления двух компонентов: органического растворителя и воды. Назовем основные физические явления процесса конвективной сушки синтетической кожи от растворителя перегретым водяным паром: передача тепла от парового потока к поверхности высушиваемого материала посредством конвекции; конденсация пара на поверхности материала; перемещение тепла от поверхности материала во внутренние слои вследствие теплопроводности; испарение растворителя с поверхности высушиваемого материала; перемещение растворителя из внутренних слоёв материала к его поверхности; конденсация водяного пара во внутренних

слоях материала; испарение воды с поверхности высушиваемого материала; перемещение воды из внутренних слоёв материала к его поверхности.

На основе анализа литературных данных и проведённых нами экспериментальных исследований было доказано, что низкотемпературная сушка материала с температурой теплоносителя не превышающей 100°C резко снижает эффективность всего технологического цикла.

Предварительные исследования показали, что процесс удаления растворителя из синтетической кожи наиболее целесообразно разбить на две стадии: сушку кожи непосредственно от растворителя и сушку от воды, сконденсировавшейся из водяного пара. Поэтому нами предложен наиболее целесообразный, на наш взгляд, вариант комбинированной сушильной установки (рис. 1) для удаления растворителя из синтетической кожи и её последующей сушки перегретым водяным паром. Установка состоит из камеры удаления растворителя 1, промежуточной камеры 11 и камеры сушки синтетической кожи от воды 2. Камеры 1 и 2 прямоугольного сечения. Первая камера снабжена щелевыми соплами 7 для подачи пара, механическими активаторами 6. В камере 2 вместо щелевых сопел применяются штуцера 10 для подачи перегретого пара. В обеих камерах имеются направляющие ролики 8, уплотнения 5, штуцера 9 для удаления отработавшего пара.

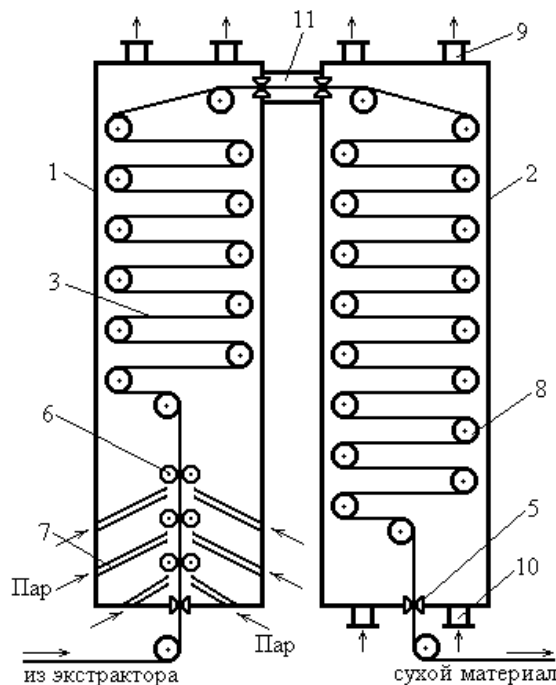


Рис. 1. Схема комбинированной установки для сушки синтетической кожи от органического растворителя перегретым водяным паром

Устройство работает следующим образом. Синтетическая кожа 3, пропитанная органическим растворителем, поступает из экстрактора через направляющий ролик в нижнюю часть камеры 1, где она подвергается обработке перегретым водяным паром с температурой 110 - 130°C и воздействию механических активаторов 6. Пар движется снизу вверх в одном направлении с материалом. Механические активаторы представляют собой три пары валков, оказывающих на материал одновременно обжимающее и пульсирующее воздействие. Причём в каждой паре один из валков подпружинен и закреплён неподвижно, а другой может совершать пульсирующие движения в плоскости, перпендикулярной плоскости материала, тем самым, интенсифицируя перенос растворителя из внутренних слоёв к поверхности материала, то есть массоперенос. Из камеры отгонки растворителя материал через направляющие ролики и промежуточную камеру 11 поступает в верхнюю часть камеры 2, где происходит его сушка от воды, сконденсировавшейся в материале из водяного пара в первой камере. Перегретый пар с температурой 140 - 150°C подаётся через штуцера 10, расположенные в нижней части камеры и движется противотоком с материалом. Испарённая из кожи влага вместе с отработавшим паром выводится из камеры через штуцера 9 и направляется в контур пароперегрева для последующего её использования в качестве теплоносителя. В обеих камерах в верхней и нижней части для избежания утечек теплоносителя и растворителя предусмотрены уплотнения 5.

Разработанная установка имеет ряд достоинств по сравнению с известными аналогами. Экспериментальные исследования показали, что на интенсивность испарения растворителя большое влияние оказывает взаимное движение материала и пара. Одним из наиболее оптимальных вариантов организации движения является схема противоточного

движения синтетической кожи и перегретого пара. Однако ввиду большого интервала скорости движения материала (от 1 до 6 м/мин) и, как следствие, большого времени пребывания материала в камере, его заправка может быть осуществлена только петлеобразно, чтобы уменьшить размеры комбинированной сушилки. Для интенсификации испарения растворителя в первой камере были предусмотрены механические активаторы, позволяющие посредством обжимающего и пульсирующего воздействия на материал трёх пар валков значительно увеличить скорость переноса влаги из макрокапилляров кожи на её поверхность и в паровую среду. Экспериментальные исследования показали, что увеличение степени отжима способствует значительному повышению эффективности процесса удаления растворителя, и уже за три цикла отжима полностью удаляется свободная влага. Экспериментальные данные по влиянию степени отжима на эффективность удаления растворителя представлены в таблице 1. В камере сушки от воды использование механических активаторов не оправдано вследствие малого влагосодержания материала. Максимальное содержание воды не должно превышать 45%.

**Таблица 1. Влияние степени отжима на эффективность удаления растворителя из синтетической кожи**

Количество отжимов	Потеря массы (%) пластины синтетической кожи при степени отжима		
	0,3	0,4	0,5
1	6	7,5	10,3
2	10,5	12,0	15,2
3	12,8	13,7	20,1
4	17,2	20,0	20,3
5	20,2	20,3	20,3

Таким образом, использование двух камер сушки позволяет применять теплоноситель с различными технологическими параметрами на каждой стадии процесса, избежать загрязнения воды растворителем и использовать испаренную из пористого материала воду в качестве сушильного агента.

## МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДЕТАЛЕЙ ЭЛЕКТРОНАСОСОВ, УПРОЧНЕННЫХ НАНЕСЕНИЕМ МЕТАЛЛИЗАЦИОННОГО ПОКРЫТИЯ

**В.А. Полетаев, П.В. Пучков**

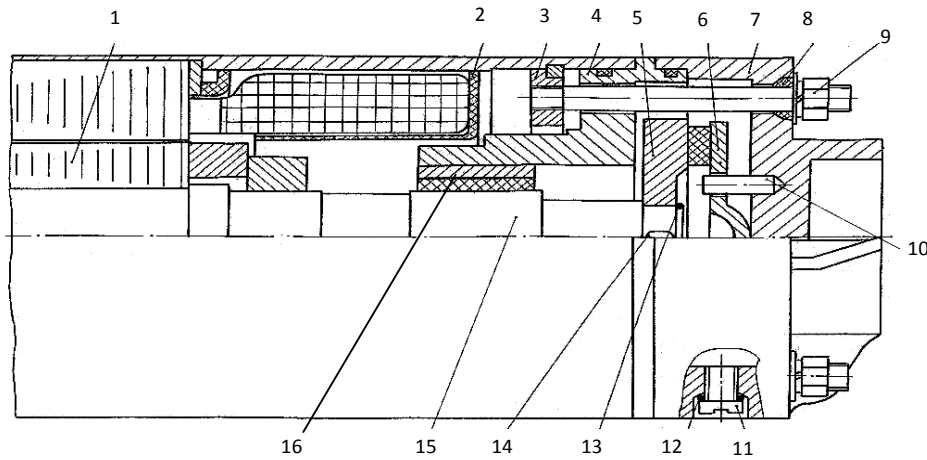
*(ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»)*

Агрегаты электронасосные центробежные скважинные предназначены для подачи воды, а насосы центробежные пожарные комбинированные – для воды и водных растворов.

На рис. 1. показана часть электронасосного агрегата с электродвигателем.

Электронасосный агрегат состоит из центробежного насоса и электродвигателя. Валы центробежного насоса и электродвигателя, изготовленные из стали 45, вращаются в резинометаллических подшипниках. В местах контакта с подшипниками на валы насажены втулки из стали 40Х13 или 12Х18Н10Т. Зазор между поверхностью втулки и внутренней поверхностью подшипника не более 0,15 мм. В результате действия внешней среды (песка, влаги, резкой смены температуры, агрессивных газов и аэрозолей, контактов с морской водой и щелочными растворами и др.) во время работы агрегата происходит сильный износ поверхностей трения втулок. Изнашивание поверхности роторной втулки носит абразивный характер за счет абразивных включений, находящихся в потоке жидкости. При увеличении

зазора в результате износа подшипника скольжения через зазор может проходить часть потока жидкости, прокачиваемой насосом. Кроме того может произойти перекос и заклинивание вала двигателя. Кроме того имеются факторы внешней среды: влага, резкая смена температуры, агрессивные газы и аэрозоли, контакты с морской водой и щелочными растворами.

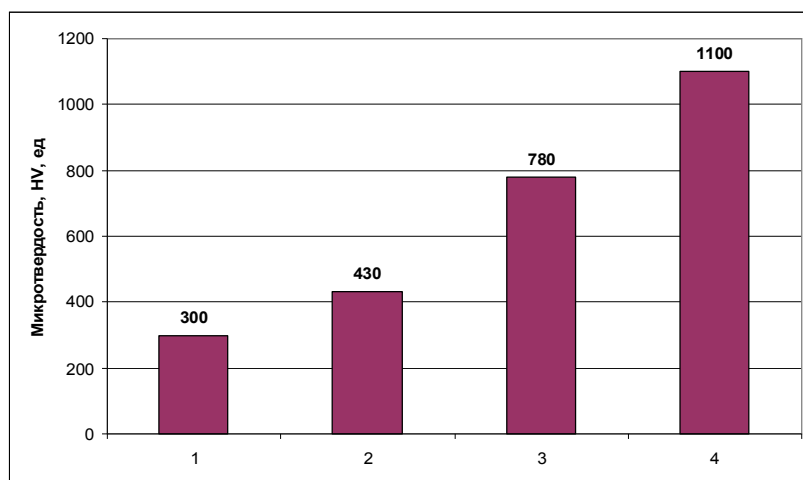


**Рис. 1.** Электродвигатель погружной: 1 – статор; 2 – пескосбрасыватель; 3 – основание; 4 – щит подшипниковый; 5 – пяты; 6 – подпятник; 7 – днище; 8 – уплотнитель; 9 – гайка; 10 – штифт; 11 – болт; 12 – кольцо уплотнительное; 13 – кольцо пружинное; 14 – шпонка; 15 – ротор; 16 – подшипник резинометаллический

В данной работе предлагается в конструкции электродвигателя (рис.1) вместо втулки на поверхность ротора 15 под подшипником 16 нанести покрытие из металла методом электродугового напыления. Электродуговое покрытие производилось с применением электродугового металлизатора ЭДМ-5М, токарного станка и сварочного выпрямителя типа ВДУ-600. В качестве наплавочного материала использовалась порошковая проволока диаметром 2 мм марки 40Х13. Металлизированные шейки ротора обрабатывались точением с последующим шлифованием или алмазным выглаживанием до номинального размера.

Для измерений микротвердости использовался прибор микротвердомер ПМТ-3 (ГОСТ 1156).

На рис. 2 показаны гистограммы изменения микротвердости HV в зависимости от метода механической и упрочняющей обработки деталей из стали 45.



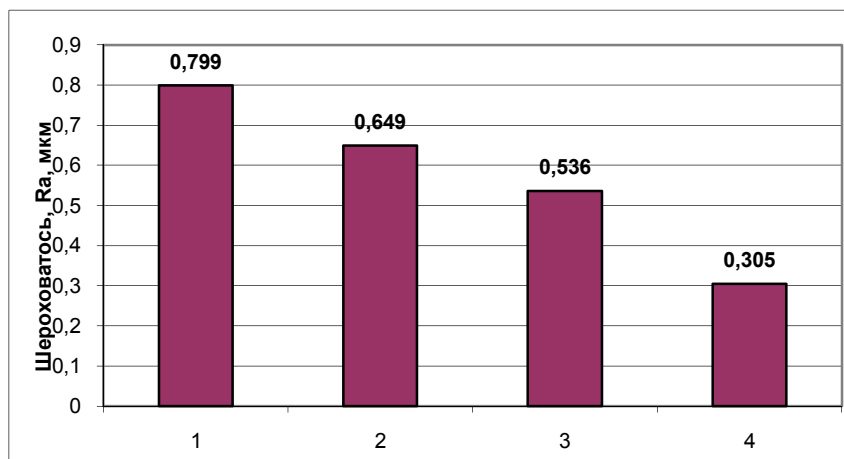
**Рис. 2.** Гистограммы изменения микротвердости HV в зависимости от метода механической обработки детали из стали 45: 1 – точение; 2 – точение + алмазное выглаживание (АВ); 3 – точение металлизационное покрытия; 4 – точение металлизационного покрытия + (АВ)

## НАДЕЖНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

Анализ рис. 2. выявил изменение величины микротвердости HV сталей в зависимости от метода механической обработки. После нанесения металлизационного покрытия и последующих точения и алмазного выглаживания происходит значительное повышение микротвердости HV поверхности.

Измерение шероховатости производилось на приборе профилометре-профилографе модели АБРИС-ПМ7.

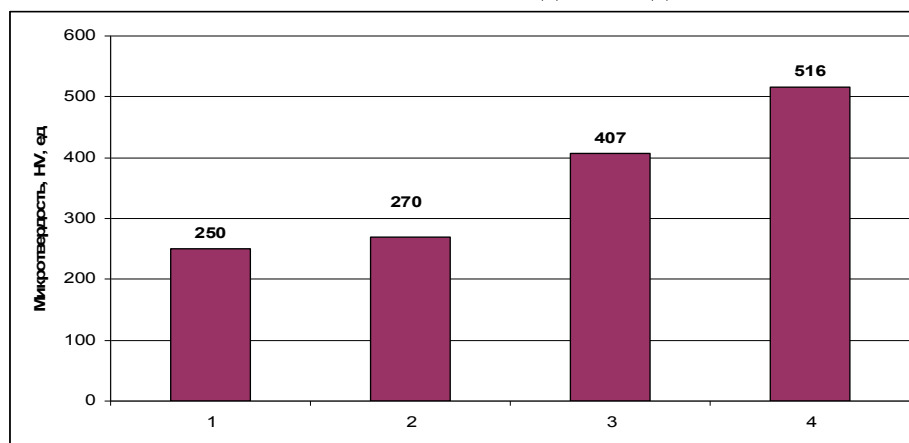
На рис.3. представлены гистограммы изменения шероховатости Ra в зависимости от методов механической обработки и упрочнения для деталей из стали 45.



**Рис. 3.** Гистограммы изменения шероховатости Ra в зависимости от метода обработки для деталей из стали 45:  
1 – точение; 2 – точение + алмазное выглаживание (АВ); 3– металлизационное покрытие (точение);  
4 – металлизационное покрытие (точение + АВ)

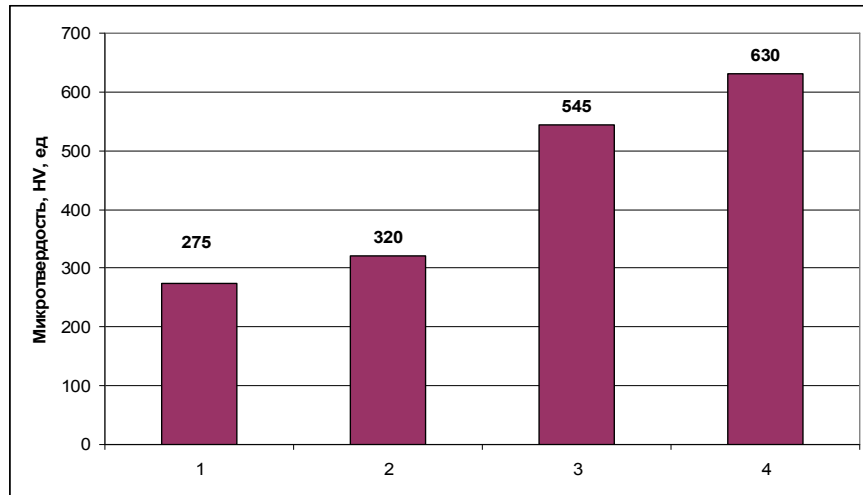
Проведенные эксперименты по измерению величины шероховатости Ra поверхностей деталей из стали 45 позволили сделать следующие выводы: исходная величина шероховатости Ra после точения составляет у деталей из стали 45–0,799 мкм, с металлизационным покрытием – 0,536 мкм. После алмазного выглаживания величина шероховатости Ra у деталей с металлизационным покрытием составляет 0,305 мкм.

На рис. 4. показано изменение микротвёрдости HV в зависимости от метода обработки для деталей из стали 12X18H10T. Из гистограмм видно, что исходная величина микротвёрдости для деталей, обработанных точением составляет 250 ед HV. Последующее алмазное выглаживание незначительно повышает величину HV. Для этих же деталей, подвергнутых термической обработке, наблюдается существенное увеличение микротвёрдости HV после алмазного выглаживания до 516 ед HV.



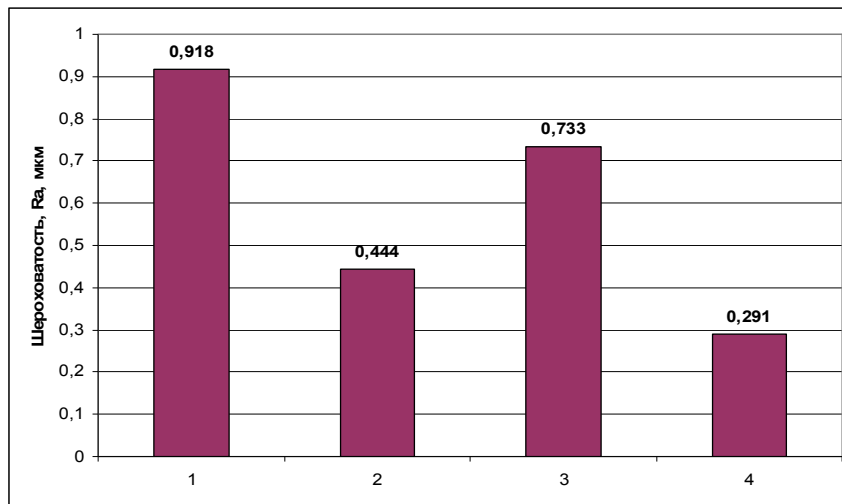
**Рис. 4.** Гистограмма изменения микротвердости HV в зависимости от метода обработки для деталей из стали 12X18H10T: 1 – точение; 2 – точение + алмазное выглаживание; 3 – ТО(темообработка);  
4 - ТО + алмазное выглаживание

На рис. 5 представлена гистограмма изменения микротвёрдости HV для детали из стали 40X13. Из гистограммы видно, что термическая обработка и последующее алмазное выглаживание существенно повышают микротвёрдость HV.



**Рис. 5.** Гистограмма изменения микротвёрдости HV в зависимости от метода обработки деталей из стали 40X13: 1 – точение; 2 – точение + алмазное выглаживание; 3 – ТО (термообработка); 4 - ТО + алмазное выглаживание

На рис.6. показана гистограмма изменения шероховатости  $R_a$  в зависимости от метода обработки для деталей из стали 40X13. Обработка алмазным выглаживанием снижает величину шероховатости после точения до  $R_a = 0,444$  мкм, а после шлифования до  $R_a = 0,291$  мкм.



**Рис. 6.** Гистограмма изменения величины шероховатости  $R_a$  в зависимости от метода отделочной обработки для детали из стали 40X13: 1 – точение; 2 – точение + алмазное выглаживание; 3 – точение + шлифование; 4 - точение + шлифование + алмазное выглаживание

Проведенные исследования по упрочнению деталей электронасосов электродуговым напылением показали возможность замены дорогостоящих сталей 40X13 и 12X18Н10Т на более дешёвую сталь 45 с металлизационным покрытием и последующим алмазным выглаживанием.

ЛИТЕРАТУРА

1. Полетаев В.А., Королькова Г.С., Ведерникова И.И. Упрочнение деталей электронасосов дуговым напылением // Металлообработка. – 2010. - № 5(59). – С. 18 – 21.
2. Полетаев В.А., Королькова Г.С., Ведерникова И.И. Исследование на износостойкость деталей, упрочненных электродуговой металлизацией. // Трение и смазка в машинах и механизмах, 2010, № 6. – С. 40-45.

**ВЛИЯНИЕ УПРОЧНЯЮЩЕЙ ОБРАБОТКИ НА КОРРОЗИОННУЮ СТОЙКОСТЬ ДЕТАЛЕЙ ЭЛЕКТРОНАСОСОВ**

**В.А. Полетаев, А.В. Никоноров**  
 (ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»)

Детали электронасосов испытывают воздействие факторов внешней среды: агрессивных газов и аэрозолей, морской воды, отделочных растворов и т.п. При этом у деталей разрушается рабочая поверхность, контактирующая, например, с жидкостью. В основном эти детали изготавливают из дорогостоящих сталей 40X13 и 12X18H10T или из стали 45 с металлизированным покрытием. Основные методы контроля склонности стали к коррозии в соответствии с ГОСТ 6032 – это испытания в растворах сернокислой меди, серной кислоты и азотной кислоты и др. Эти методы охватывают широкий диапазон потенциалов для коррозионностойких сталей, включенных в классификационный ГОСТ 5632. В зарубежной практике применяются аналогичные методы испытаний.

Процесс коррозии можно представить в виде следующих основных стадий: транспортировка реагирующих веществ к поверхности раздела фаз; химическое или электрохимическое взаимодействие; отвод продуктов реакции из реакционной зоны.

Скорость коррозии определяется двумя основными показателями коррозионной стойкости металлов :

– глубинный показатель коррозии  $K_n$  (глубина коррозионного разрушения  $\Pi$  в единицу времени  $\tau$ );

$$K_n = \Pi/\tau \text{ (мм/год)} \quad (1)$$

– показатель изменения массы  $K_m$  (изменение массы образца металла в результате коррозии, отнесенное к единице поверхности металла  $n$  к единице времени)

$$K_m = \Delta m/S \cdot \tau \text{ (л/м}^2 \cdot \text{час)}. \quad (2)$$

Скорость коррозии определяется объемным методом, т.е. по объему выделившегося водорода. Затем определяется группа и балл коррозионной стойкости.

В качестве агрессивных сред использовались 5 % раствор NaOH и 5 % раствор серной кислоты  $H_2SO_4$ . Для исследования изготавливались образцы из сталей 40X13, 12X18H10T и сталь 45 с покрытиями. Образцы с размерами  $h \times a \times b$  (3 мм×10 мм×20 мм) с боков и снизу покрывали специальным составом (раствором целлулоида в ацетоне) за исключением исследуемой верхней поверхности.

Для исследования использовался аппарат с самоциркуляцией для коррозионных испытаний в случае с выделением водорода (по Льюису и Эвансу). После взвешивания образцов и измерения площадей поверхностей образцов, они помещались в пробирки с агрессивной средой (в растворах 5 % серной кислоты  $H_2SO_4$  и 5 % щелочи NaOH). Через каждые 5 минут снимались показания выделившегося водорода.



По окончании опыта образцы вновь взвешивались, а поверхности после коррозии фотографировались. По объему выделившегося водорода (пробирка с делениями) с помощью формулы находилось изменение массы образцов

$$\Delta m = \frac{A \cdot V_0}{n \cdot 11,2 \cdot 1000}, \quad (3)$$

где  $A$  – атомный вес металла;  $V_0$  – объем выделившегося водорода (мл);  $n$  – валентность металла.

Затем определялся показатель изменения массы  $K_m$  и глубинный показатель коррозии  $K_n$  соответственно по формулам:

$$K_m = \frac{\Delta m}{S \cdot \tau} \text{ (г/м}^2 \cdot \text{час)}, \quad (4)$$

где  $S$  – площадь поверхности образца ( $\text{м}^2$ );  $\tau$  – время испытаний (час).

$$K_n = \frac{K_m \cdot 8,76}{\gamma_{\mu e}} \text{ (мм/год)}, \quad (5)$$

где  $\gamma_{\mu e}$  – плотность материала ( $\text{г/см}^3$ ).

В таблице 1 показана коррозионная стойкость деталей из стали 45 с покрытием из хрома с ультраалмазами, а на рис. 1–2 гистограммы изменения глубины коррозионного разрушения  $K_n$  и массы  $K_m$  покрытия из хрома с ультраалмазами в растворах 5 % серной кислоты  $\text{H}_2\text{SO}_4$  и 5 % щелочи  $\text{NaOH}$ .

**Таблица 1. Коррозионная стойкость деталей из стали 45 с покрытием из хрома с ультраалмазами**

№ п/п	Способ механической обработки и упрочнения	Твердость HV	Скорость коррозии в 5 % растворе щелочи NaOH		Группа коррозионной стойкости	Балл коррозионной стойкости
			$K_m$ г/м <sup>2</sup> ч	$K_n$ мм/год		
1	Точение покрытия с хромом и ультра-алмазами	700	0,0078	0,009	Весьма стойкая	2
2	Шлифование покрытия с хромом и ультраалмазами	740	0,0068	0,0078	Весьма стойкая	2
3	Точение + алмазное выглаживание покрытия с хромом и ультраалмазами	1000	0,0059	0,0068	Весьма стойкая	2

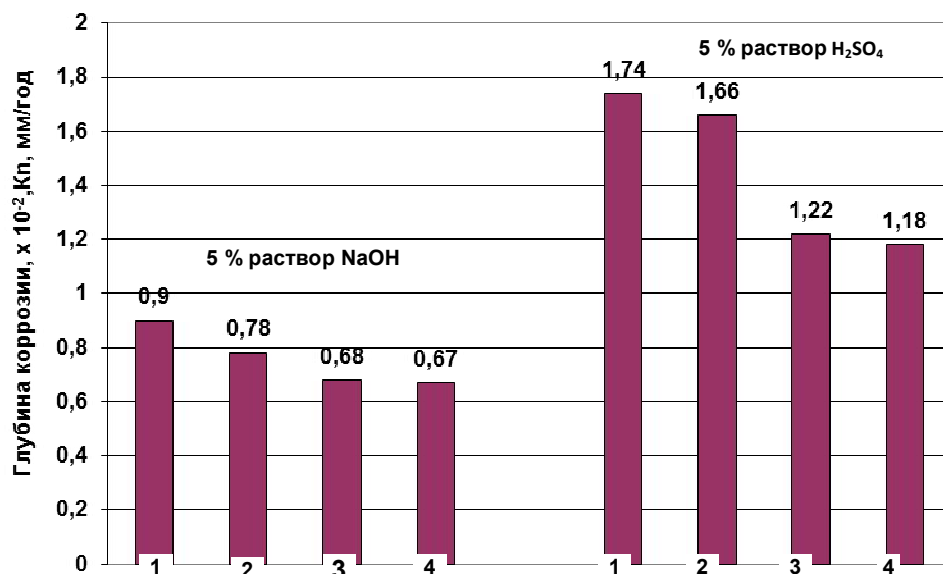


Рис. 1. Изменение

глубины коррозионного разрушения покрытия из хрома с ультраалмазами в растворах 5 % серной кислоты H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> и 5 % щелочи NaOH:  
 1 – точение; 2 – шлифование; 3 – точение алмазное выглаживание;  
 4 – точение+ алмазное выглаживание +магнитно-импульсная обработка

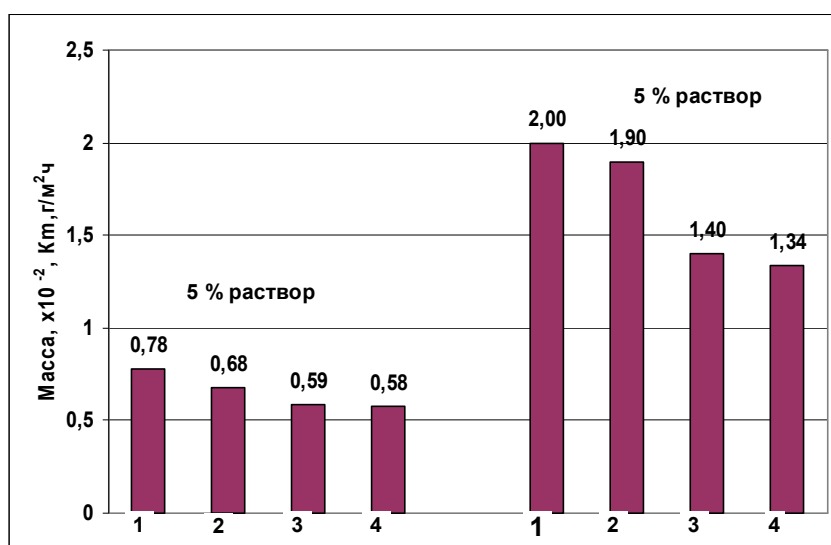


Рис. 2. Изменение массы образца с покрытием из хрома с ультраалмазами в результате коррозии в растворах 5 % серной кислоты H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> и 5 % щелочи NaOH: 1 – точение; 2 – шлифование; 3 – точение+ алмазное выглаживание; 4 – точение+ алмазное выглаживание +магнитно-импульсная обработка

Из проведенных исследований можно сделать вывод, что коррозионная стойкость деталей, обработанных алмазным выглаживанием выше, чем при обработке точением и шлифованием. Основной причиной повышения коррозионной стойкости при алмазном выглаживании являются остаточные напряжения сжатия, а для металлизированного покрытия – технология нанесения покрытия, приводящая к увеличению твердости поверхности.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Полетаев В.А., Ведерникова И.И., Королькова Г.С. Коррозионная стойкость деталей электронасосов. // Физика, химия и механика трибосистем. – Иваново: Иван. гос. ун-т, 2010. – Вып. 9. – С. 125-129.

## МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДЕТАЛЕЙ ЭЛЕКТРОНАСОСОВ, УПРОЧНЕННЫХ НАНЕСЕНИЕМ ГАЛЬВАНОПОКРЫТИЯ

В.А. Полетаев, П.В. Пучков

(ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»)

В большинстве случаев электродвигатели и насосы выходят из строя вследствие износа нагруженных деталей (валов, втулок и т.д.) в результате их контакта с резинометаллическими подшипниками и жидкостью, проходящей через элементы электронасоса. При этом у электродвигателей разрушается только рабочая поверхность деталей (втулки, валы), которая контактирует с подшипниками и с жидкой массой. В основном эти детали изготавливают из дорогостоящих сталей – 40X13 и 12X18Н10Т.

Для реализации технологии получения хромированных покрытий с ультраалмазами использовалось специальное оборудование, включающее ванну хромирования, резервуар, циркуляционный насос, фильтры и трубопроводы.

Технические характеристики ультраалмазов: размер частиц – 4–8 нм (первичные микрокристаллиты 20–30 нм – первичные агрегаты); удельная поверхность –  $300 + 30 \text{ м}^2/\text{г}$ ; фазовый состав: кубический алмаз – 80–100 %; алмазоподобный рентгеноаморфный углерод – до 20 %; содержание примесей – не более 3,0 %.

Технология нанесения гальванопокрытия включает следующие этапы: подготовку деталей к нанесению гальванопокрытия, приготовление электролита, нагрев и термостатирование электролита.

Технология упрочнения деталей алмазным выглаживанием включает следующие этапы: токарная обработка (точение) на станке типа ИЖ 250 ИТВМФ1 при режимах:  $n = 800$  об/мин,  $S = 0,15$  мм/об; алмазное выглаживание при режимах:  $n = 200$  об/мин,  $S = 0,015$  мм/об, сила выглаживания – 200 Н для неупрочненных деталей и 300 Н для деталей, упрочненных термообработкой (ТО) или нанесением гальванопокрытия из хрома с ультраалмазами (УА).

На рис. 1. представлена поверхность стали 45: а) с нанесённым слоем хрома и ультра алмазами; б) – после точения и алмазного выглаживания слоя хрома с ультра алмазами. Для измерений микротвердости использовался прибор микротвердомер ПМТ-3 (ГОСТ 1156).

На рис. 2 показаны гистограммы изменения микротвердости HV в зависимости от метода механической и упрочняющей обработки деталей из стали 45.

Анализ рис. 2. показывает изменение микротвердости стали 45 в зависимости от метода механической обработки. Максимальная твердость после термообработки, точения, алмазного выглаживания составляет 550 ед. HV. После нанесения покрытия из хрома с ультраалмазами и с последующим алмазным выглаживанием микротвердость 1000 ед. HV.

На рис. 3. показаны гистограммы изменения шероховатости Ra в зависимости от методов механической обработки и упрочнения для деталей из стали 45. Анализ рис. 3 показывает, что величина шероховатости Ra после точения и шлифования и последующего алмазного выглаживания уменьшается с 0,799 мкм до 0,305 мкм, а после нанесения

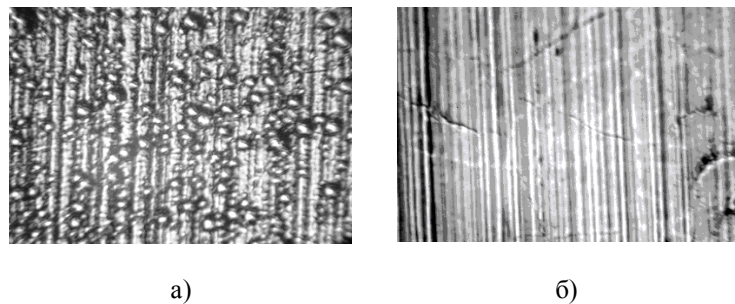
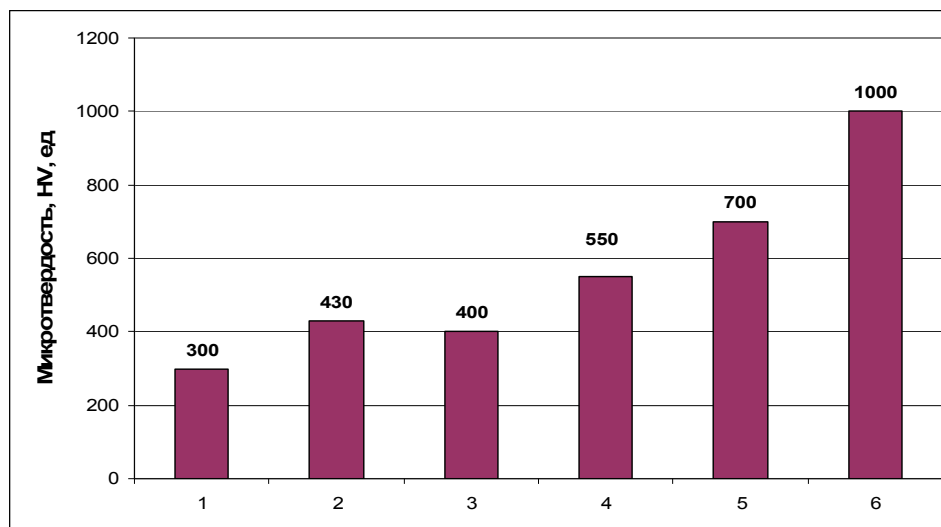
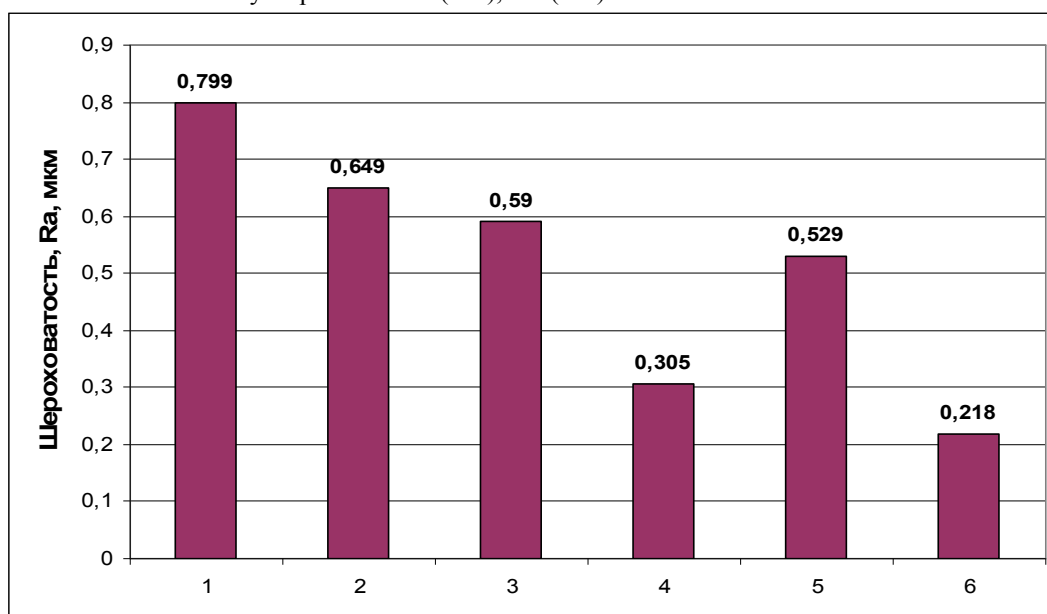


Рис. 1. Поверхность стали 45: а) – с нанесённым слоем хрома и ультра алмазами после точения; б) – после точения и алмазного выглаживания слоя хрома и ультра алмазами (ув.× 2500)

покрытия из хрома с ультра алмазами и последующего алмазного выглаживания – до 0,208 мкм. Исследования на износ проводились на экспериментальной установке, состоящей из токарного станка 16К20, державки, стрелочного индикатора, динамометра, контртела.



**Рис. 2.** Гистограмма изменения микротвердости HV в зависимости от метода механической обработки детали из стали 45: 1 – точение без термической обработки; 2 – точение + алмазное выглаживание (АВ); 3 – термическая обработка (ТО) + точение; 4 – ТО + АВ; 5 – точение +нанесение покрытия из хрома с ультраалмазами (УА); 6 – (УА) + точение +АВ

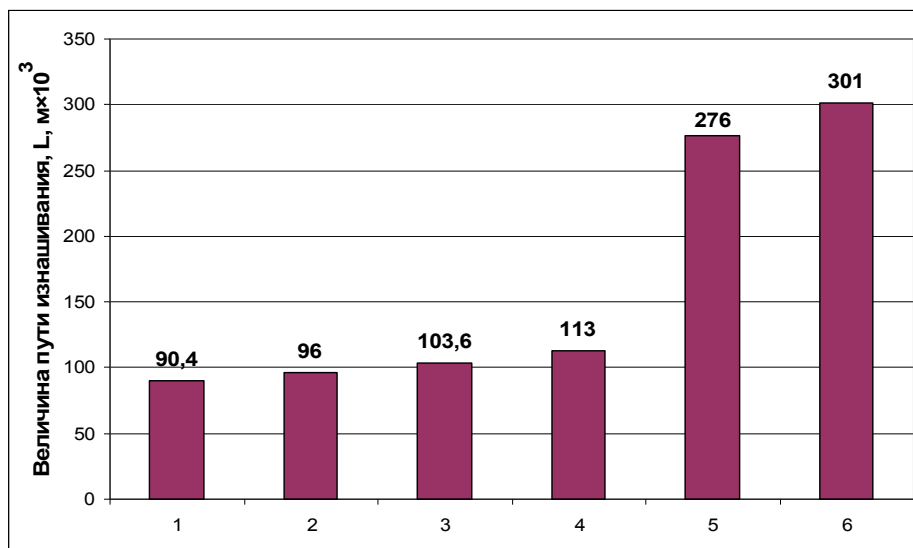


**Рис. 3.** Гистограмма изменения шероховатости Ra в зависимости от метода обработки для деталей из стали 45: 1 – точение; 2 – точение + алмазное выглаживание (АВ); 3 – шлифование; 4 – шлифование + АВ; 5 – шлифование покрытия с хромом и ультраалмазами; 6 – шлифование + АВ покрытия с хромом и ультраалмазами

Державка устанавливается в динамометр с индуктивными датчиками, смонтированном на токарном станке 16К20. Контртело (пруток сечением 10×10) изготовлено из серого чугуна состава: 3,0 С; 0,8 Mn; 1,4 Si; 0,1P; ≤0,15 S. Контактующая с деталью поверхность контртела выполнена вогнутой цилиндрической в зависимости от диаметра исследуемой детали.

Испытания на износ покрытий и поверхностей деталей проводились до достижения критической величины пути изнашивания деталей, необходимого для катастрофического разрушения хромовых покрытий и поверхностей деталей без покрытия.

На рис.4 представлены гистограммы изменения величины пути изнашивания деталей в зависимости от метода упрочняющей обработки.



**Рис. 4.** Влияние метода упрочнения на износ поверхности детали из стали 45: 1 – (исходная) точение; 2 – точение + алмазное выглаживание (АВ); 3 – термообработка (ТО); 4 – ТО + АВ; 5 – нанесение покрытия из хрома с ультраалмазами (УА); 6 – УА + АВ

Проведенные исследования механических свойств деталей из сталей 45, после точения, шлифования, алмазного выглаживания и нанесения покрытия из хрома с ультраалмазами на сталь 45 показали возможность замены дорогостоящих сталей 40Х13 и 12Х18Н10Т на дешевую сталь 45 с покрытием из хрома с ультраалмазами.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Полетаев, В.А., Самок Г.С., Королькова Г.С. Исследование механических свойств деталей электронасосов, упрочненных комбинированным способом // Вестник ИГЭУ. – 2008. – Вып. 3. – С. 22-25.
2. Самок Г.С., Королькова Г.С. Влияние метода упрочняющей обработки на качество поверхностного слоя деталей машин. // Вестник ИГЭУ. - Иваново: - ИГЭУ, 2011. - Вып. 1. – С. 57-61.

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ ПОСЛЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР

**П.В. Пучков, В.В. Киселёв, В.Е. Иванов**  
(ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия МЧС России»)

В настоящее время все большим спросом пользуются быстро возводимые конструкции из металлоконструкций: ангары, фермы, навесы, павильоны, склады и т.д. (рис. 1). Металлоконструкция обладает множеством существенных преимуществ по сравнению с другими способами возведения зданий: меньшей массой (если сравнить с железобетонными изделиями), простотой и серийностью изготовления, легкостью монтажа и демонтажа, удобством и высокой скоростью возведения, возможностью осуществления монтажа крупными блоками, транспортабельностью, прочностью и долговечностью, надежностью в эксплуатации.

## НАДЕЖНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

Металлоконструкции весьма легки, но при этом крайне надежны, а монтаж металлоконструкций не требует применения дорогостоящего оборудования или тяжелой грузоподъемной строительной техники. Сроки возведения сооружений и зданий из металлоконструкций чрезвычайно малы, при этом сами работы по строительству и монтажу металлоконструкций на объекте могут выполняться всесезонно, практически независимо от капризов погоды.

Несмотря на ряд достоинств металлоконструкций перед другими строительными конструкциями (кирпичными, железобетонными и т.д.), у них есть существенный недостаток. Хотя сталь и является негорючим материалом, она, как и все материалы, используемые в строительстве, не может в течение длительного времени выдерживать воздействие высоких температур, возникающих внутри здания при пожаре. Конструкционные стали обладают высокой чувствительностью к высоким температурам и к действию окислительной атмосферы воздуха. Они быстро нагреваются, что заметно снижает их прочностные свойства (см. рис. 2).



Рис.1. Ангар со стальным несущим каркасом

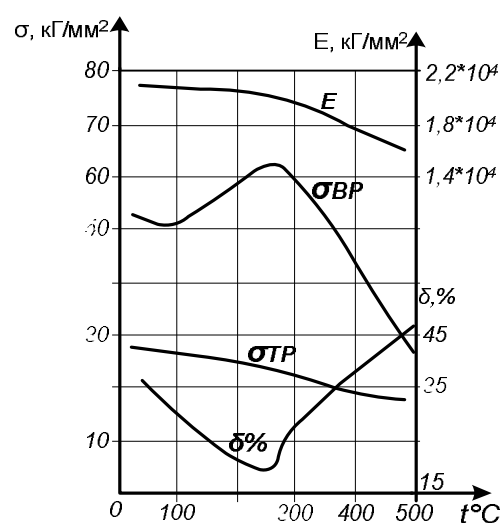


Рис. 2. Зависимость механических свойств малоуглеродистой стали от температуры

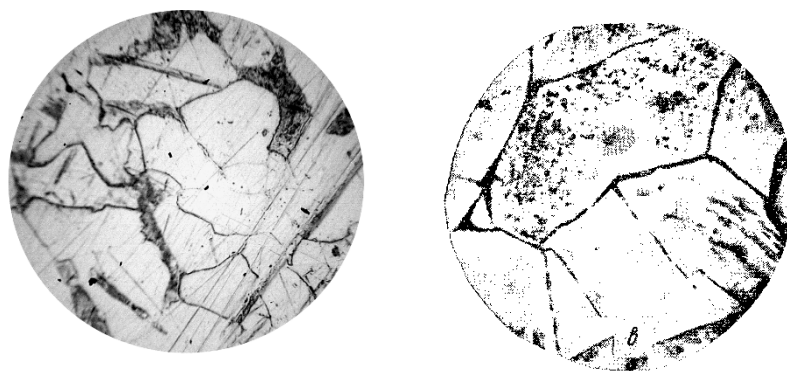
Следует отметить, что при нагревании стали выше 300°C её предел прочности снижается. На рис. 2 показана зависимость от температуры модуля упругости  $E$ , предела текучести  $\sigma_{тп}$ , предела прочности  $\sigma_{вр}$  и удлинения при разрыве  $\delta$  для малоуглеродистой стали (например: из Ст3 изготавливают швеллеры, из Ст1, Ст2, Ст3 изготавливают катанку для арматуры, уголки, а из Ст 10, 15, 20 трубы) в интервале 0-500°C. Как видно из приведенных кривых, модуль упругости в пределах изменения температуры до 300° С практически не меняется. Более существенные изменения претерпевают величина  $\sigma_{вр}$  и, особенно,  $\delta$ , причем имеет место, как говорят, «охрупчивание» стали - удлинение при разрыве уменьшается. При дальнейшем увеличении температуры пластичные свойства стали восстанавливаются, а прочностные показатели быстро падают.

Нередко в зданиях и сооружениях, содержащих стальные несущие конструкции возникают пожары. Пожары в современных условиях являются одной из главных опасностей человечества, наносящей огромный материальный ущерб экономике. Помимо пожаров в нашей стране нередко происходят и техногенные катастрофы, а именно обрушение зданий и сооружений, зачастую приводящие к человеческим жертвам.

Установление истинных причин пожара или техногенной катастрофы всегда представляет сложную задачу, однако именно их правильное определение служит ключом успешного раскрытия и расследования преступления, а также позволяет провести анализ

причин пожара, катастрофы и разработать комплекс профилактических мер по недопущению подобных аварий. Расследованием причин пожаров или техногенных катастроф занимаются специалисты различных организаций. На вооружении данных специалистов большое количество методов расследования причин пожара (аварии). В настоящее время на вооружении эксперта, занимающегося расследованием причин пожара появился метод микроструктурного анализа металлов и сплавов. Микроструктурный анализ (микроанализ) – это метод исследования внутреннего строения (микроструктуры) металлов и сплавов с помощью металлографических микроскопов при увеличении от 50 до 2000 раз. Микроструктурный анализ позволяет: изучить форму, величину и взаимное расположение зёрен кристаллического строения, из которых состоит металл (сплав); определить структурно-фазовый состав сплавов; определить неметаллические включения и внутренние дефекты кристаллического строения сплавов; установить, какие изменения внутреннего строения происходят в исследуемом материале (сплаве) под влиянием различного рода воздействий при термической и химико-термической обработке, обработке давлением, сварке и пр.

Данный метод приобрел особую актуальность с связи с возросшими темпами строительства быстровозводимых конструкций со стальным несущим каркасом (павильоны, ангары и т.д.). Нередко причиной обрушения строительной конструкции является не воздействие на металл - каркас теплового потока в следствии пожара, а иная причина. Такой причиной может быть нарушение технологии изготовления металлоконструкции заводом изготовителем, умышленная замена конструкционной стали на более дешевую при строительстве. Известно, что в строительстве быстровозводимых конструкций применяются низкоуглеродистые стали обыкновенного качества марок Ст1, Ст2, Ст3. (например: из Ст3 изготавливают швеллеры, из Ст1, Ст2, Ст3 изготавливают катанку для арматуры, уголки, а из Ст 10, 15, 20 трубы). Усталостные трещины, возникающие в структуре металла очень опасны, так как могут приводить к разрушению конструкции. Микроструктура низкоуглеродистой Ст 3 представляет из себя мелкокристаллическую двухфазную систему, состоящую из перлита (мелкодисперсная механическая смесь феррита и цементита) и феррита. см. рис. 3а.



а) б) в)  
**Рис. 3.** Микроструктура Ст 3 (увеличение  $\times 400$ ): а - Микроструктура Ст3 без перегрева (черные кристаллы – перлит, белые - феррит); б – Микроструктура Ст3 после воздействия высокой температуры ( $T=1100\text{ }^{\circ}\text{C}$ ); в – пережог стали

На рис. 3 мы видим микроструктуры Ст3 до теплового воздействия (рис. 3 а) и после воздействия высокой температуры в окислительной атмосфере воздуха (рис. 3б). Данные микроструктуры получены в результате, проведенного микроструктурного анализа образцов стали, с использованием металлографического микроскопа АльтаМиМет Вар. 2 . Ст 3, не подверженная воздействию высокой температуры имеет мелкозернистую структуру, а Ст3, побывавшая в условиях пожара обладает крупнозернистой структурой. Чем меньше размеры

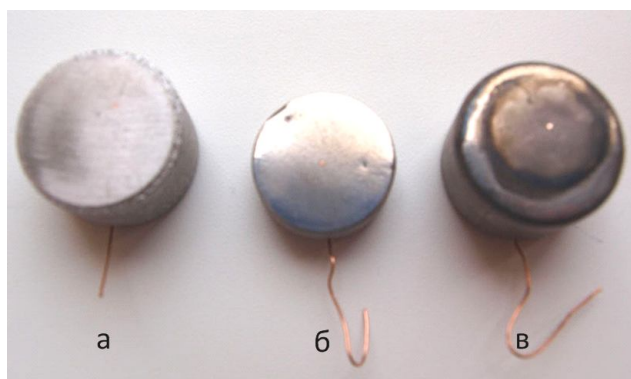
кристаллов феррита (кристаллы белого цвета), тем выше прочность и твердость стали. При воздействии высокой температуры кристаллы феррита начинают увеличиваться в размерах, т.к. при большей поверхности кристалла он будет обладать меньшей свободной энергией. Соответственно если эксперт, при изучении микрошлифа стали видит крупнокристаллическую структуру, то он может сделать заключение о возможности дальнейшей эксплуатации данного сооружения.

При возникновении пожара на нефтехранилищах, при горении углеводородов температура в зоне горения может достигать порядка 1100 °С, при такой температуре структура стали необратимо изменяется. Это явление называется пережогом стали. Пережог имеет место, когда температура нагрева приближается к температуре плавления и металл в течение длительного времени находился при высокой температуре в окислительной атмосфере кислорода воздуха. Известно, что стали - это поликристаллические тела, состоящие из множества кристаллов (зёрен), сцепленных между собой. Механические свойства стали во многом зависят от силы сцепления зерен друг с другом. При значительном перегреве стали наблюдается окисление и частичное оплавление границ зёрен, что резко снижает прочность материала. Образовавшиеся окисленные зёрна стали обладают малым взаимным сцеплением из-за наличия на их границах плёнки окислов. При этом излом такой стали камневидный см. на рис. 3-в. Пережог стали очень опасен, потому что при этом сталь становится очень хрупкой, а механические свойства стали резко снижаются, именно поэтому металлическая конструкция теряет свою несущую способность. Пережог стали дефект неисправимый, устранить который можно только переплавкой стали. Металлическую конструкцию подверженную воздействию высоких температур при пожаре, впоследствии эксплуатировать нельзя.

Помимо исследования стальных конструкций микроструктурный анализ металлов и сплавов способен ответить на вопрос о причинах возникновения пожара: в результате первичного или вторичного замыкания. Серьезной проблемой остаются пожары, возникающие в результате короткого замыкания электрооборудования. По статистике, представленной департаментом надзорной деятельности и профилактической работы в 2014 году на территории Российской Федерации 27,0% пожаров произошло по причине аварийной работы электрооборудования.

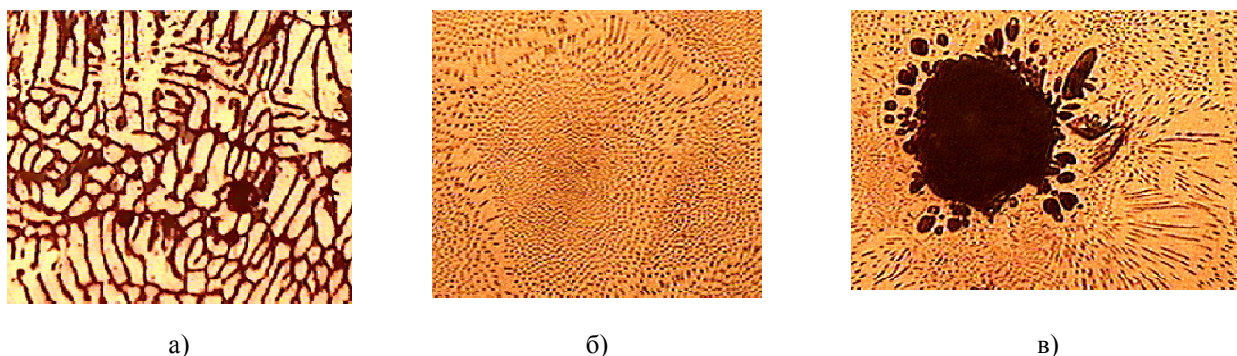
Для определения причин пожара необходимо с места пожара изъять оплавления медных проводов, подготовить микрошлиф см. рис. 4 и изучить микроструктуру под микроскопом. Теперь рассмотрим, как же микроструктура оплавленного медного провода расскажет нам о причине пожара.

Короткое замыкание подразделяется на первичное и вторичное. Первичное короткое замыкание возникает вследствие аварийной работы какого-либо прибора, которое приводит к возникновению и развитию пожара. При вторичном коротком замыкании, замыкание электропроводов, находящихся под напряжением происходит под воздействием высокой температуры в помещении из-за оплавления их изоляции. В данном случае короткое замыкание не будет являться причиной пожара, так как пожар произошел по какой-либо другой. Теперь обратимся к микроструктуре оплавленных медных проводов с площадью поперечного сечения 0,75 мм<sup>2</sup> (рис. 5).



**Рис.4.** Этапы приготовления микрошлифа из оплавленного медного провода: а - микрошлиф с отшлифованной поверхностью; б - микрошлиф с отполированной поверхностью; в - микрошлиф с протравленной поверхностью





**Рис. 5.** Типы микроструктур оплавлений медных проводов в зависимости от доли содержания кислорода (увеличение  $\times 200$ ):

- а - Первый тип.** На участке оплавления содержится от 0,05% до 0,39% кислорода - основу сплава составляет медь с участками эвтектики  $\text{Cu-Cu}_2\text{O}$ . Светлая основа - медь; темные участки в виде точек - эвтектическая смесь меди и оксида меди (I);
- б - Второй тип.** На участке оплавления содержится 0,39% кислорода - в данном случае сплав состоит сплошь из эвтектики  $\text{Cu-Cu}_2\text{O}$ . Основу сплава составляет медь с распределенной по всему объему эвтектикой медь - оксид меди (I);
- в - Третий тип.** На участке оплавления содержится более 0,39% кислорода - помимо эвтектики  $\text{Cu-Cu}_2\text{O}$  в сплаве появляются кристаллы оксида меди (I)  $\text{Cu}_2\text{O}$ . Основу сплава составляет медь с распределенной по всему объему эвтектикой медь-оксид меди (I).

При первичном коротком замыкании медной проводки выделяется большое количество теплоты, которое приводит к мгновенному оплавлению проводов (Температура плавления чистой меди  $1083^\circ\text{C}$ ) и быстрой их кристаллизации. Так как пожар еще не получил своего развития, то температура окружающего воздуха в помещении  $20 - 25^\circ\text{C}$ , медные провода в месте замыкания быстро кристаллизуются и приобретают дендритную (древовидную) структуру см. рис. 5 б. Это связано с тем, что развитие зародышей кристаллов протекает главным образом в тех направлениях кристаллической решетки, которые имеют наибольшую плотность упаковки атомов и минимальное расстояние между ними. Кристаллы имеют вытянутую форму, так как они растут в сторону питающей среды (к центру капли оплавления). При вторичном коротком замыкании медных проводов, находящихся под напряжением, они замыкаются в следствии оплавления изоляции под воздействием высокой температуры в помещении при пожаре, возникшего по какой-либо другой причине. Вследствие воздействия высокой температуры окружающего воздуха ( $600 - 800^\circ\text{C}$ ) процесс кристаллизации места оплавления медных проводов идет медленнее, в результате чего кристаллы становятся крупными и равноосными, т.е. они не имеют определенного направления кристаллизации см. рис. 5а. Поэтому если эксперт при изучении оплавлений медной проводки наблюдает в окуляр микроскопа структуру подобную, изображенной на рис.5а, то он может исключить из перечня причин возникновения пожара – электротехническую.

Подводя итог всему вышесказанному, следует отметить, что метод микроструктурного анализа металлов и сплавов может оказать большую помощь эксперту в установлении обстоятельств пожара или техногенной катастрофы. Данный метод позволяет с высокой точностью установить причастность к возникновению пожара медных и алюминиевых проводников, проводить исследования стальных труб, металлорукавов и иных изделий из малоуглеродистых сталей с локальными сквозными повреждениями, а также определять причастность к возникновению пожара нагревательных элементов бытовых электроприборов (кипятильников, чайников, утюгов, нагревательных приборов, стиральных машин и т.п.).

ЛИТЕРАТУРА

1. Пучков П.В., Киселев В.В., Топоров А.В. Поведение конструкционных углеродистых сталей в условиях пожара. Современные пожаробезопасные материалы и изделия: технология, свойства, применение: сборник материалов IV межвузовского научно-практического семинара (22 мая 2014 г.) / сост. С.В. Беляев. – Иваново: Отделение организации научных исследований экспертно-консалтингового отдела Ивановского института ГПС МЧС России, 2014 г. С. 18 – 23.
2. Страхов В.Л., Кругов А.М., Давыдкин Н.Ф. Огнезащита строительных кон-струкций. – М.: ТИМР, 2000. – 436 с.
3. Романенков И. Г., Зигерн-Корн В.Н. Огнестойкость строительных конструкций из эффективных материалов. - М.: Изд. Стройиздат, 1984. – 28 с.

**ПОДХОД К РАЦИОНАЛЬНОМУ ВЫБОРУ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНОГО  
ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ОСНАЩЕНИЯ  
НИЖЕГОРОДСКОГО ГАРНИЗОНА ПОЖАРНОЙ ОХРАНЫ**

**А.Г. Сараев, А.Л. Панышев, И.В. Бубнов, В.Ю. Курочкин, Ю.А. Ведякин  
(ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»)**

В связи с возросшим количеством автомобильного транспорта в Нижегородской области дежурные смены пожарных частей регулярно осуществляют выезды на дорожно-транспортные происшествия (ДТП), где осуществляют операции разрушения металлоконструкции корпуса транспортных средств, деблокирование пострадавших и множество других работ (различных по характеру и объёму) в сжатые сроки.

Известно, что результат спасательной операции во многом зависит от двух основных связанных между собой факторов: уровня профессиональной подготовки спасателей и времени выполнения базовых операций спасения. Кроме того, для пострадавших, как в ДТП, так и на пожаре, имеет критическое значение фактор снижения времени с момента происшествия до поступления в лечебное учреждение. Если пострадавший поступает в лечебное учреждение в течение первого часа после происшествия, то снижается уровень смертности, тяжесть полученных травм и риска осложнений (именно это время, образно называют «золотым часом»). Подготовка спасателей, как и отработка навыков взаимодействия в команде, представляет организационную сторону оптимального выполнения поставленных задач. Уровень квалификации личного состава пожарно-спасательных подразделений (ПСП) России по многочисленным отзывам чрезвычайно высок и вероятность ошибок, обусловленных так называемым «человеческим фактором», который не должен превышать средней величины для операторов напряжённых процессов – 0,0006.

Помимо организационной составляющей операций деблокирования и извлечения, не менее важную роль играют технические вопросы, связанные собственно с применением аварийно-спасательного оборудования. Время, затрачиваемое на деблокирование пострадавших, определяется техническими характеристиками, состоянием и надёжностью применяемого гидравлического аварийно-спасательного инструмента (ГАСИ).

На сегодняшний день в подразделениях ГПС МЧС России Нижегородской области применяется ГАСИ следующих марок: «HURST», «LUKAS», «МЕДВЕДЬ», «ПРОСТОР», «СПРУТ», «КРУГ», «КОМБИТЕХ», «УРСУС» (всего 118 комплектов). За отчётный период 2014 г. не выявлено неисправностей, повлиявших на работоспособность ГАСИ. Вместе с тем, большинство из элементов входящих в указанные комплекты уже требует замены, поскольку их назначенный ресурс уже заканчивается. И встаёт вопрос – на какие же конкретно марки производимого отечественного оборудования лучше производить замену с

учётом условий применения комплектов ГАСИ в Нижегородской области, поскольку известно, что по [1] методика выбора остаётся за лицом, принимающим решение (ЛПР)?

В настоящее время достаточное количество отечественных и зарубежных фирм производят различные комплекты ГАСИ [2]. ГАСИ, имеет похожую, но всё-таки различную по своим функциональным характеристикам комплектацию, зависящую во многом от фирмы-производителя.

При определении значений показателей эффективности использования ГАСИ, рассматриваются зачастую следующие составные части [2]:

- 1) вероятность того, что в условиях аварийной среды осуществляются основные этапы за определённое время;
- 2) вероятность того, что под влиянием дестабилизирующих факторов будет выполнен требуемый объём функций, образцами ГАСИ;
- 3) вероятность того, что при выполнении требуемого объёма функций образцы ГАСИ не выйдут из строя;
- 4) вероятность того, что будут своевременно реализованы необходимые этапы обеспечения и обслуживания.

Ввиду вышеизложенных фактов выбор оборудования ЛПР по комплектованию им ПСП весьма затруднителен.

Ранее было показано, что для расчёта величины уровня техногенного риска при использовании того, или иного сложного оборудования возможно использование интегрального показателя – математическое ожидание ущерба от прекращения его работы [3].

Следовательно, относительная общая польза, приносимая объектом (тот, или иной комплект аварийно-спасательного оборудования) может быть оценена по формуле [3]:

$$W = \frac{V}{G + B} \quad (1)$$

где  $V$  – величина предотвращённого ущерба от смертности и ранений при ликвидации последствий ДТП – для ГАСИ),  $V=Y$ ;

$G$  – затраты на предотвращение и снижение уровня технического риска (в первую очередь эксплуатационные затраты на обслуживание ГАСИ), руб.;

$B$  – уровень техногенного риска, руб., который можно представить как математическое ожидание ущерба от индивидуального риска (ГАСИ).

Относительная общая польза ( $W$ ), приносимая объектом (в нашем случае – это тот или иной комплект ГАСИ) при спасении одной человеческой жизни может быть рассчитана при известных данных о затратах ( $G$ ) на предотвращение отказов того или иного рассматриваемого комплекта (или его элементов). Если же к этому знать реальные вероятности отказа оборудования ( $Q$ ), можно получить более достоверные цифры для сравнения комплектов ГАСИ (причём, чем выше величина  $W$ , тем более надёжен и эффективен (относительно) тот или иной комплект).

Статистически достоверные эксплуатационные данные по ГАСИ при существующей системе учёта подобных событий, в т.ч. по причине нежелательности огласки (во время использования на пожаре или ликвидации последствий ДТП) получить не представляется возможным. Поэтому для осуществления расчётов величины  $W$  можно воспользоваться методом построения и анализа “деревьев отказов” (АДО) – см. [4]. Допустимое значение вероятности безотказной работы выбирается в зависимости от степени потери работоспособности и определяется установленными нормативными документами их которых следует, что допустимая вероятность безотказной работы  $P$  для ГАСИ не должна превышать 0,99 и стремиться к 1. Приближённый её расчёт даёт величину 0,9938 (следовательно,  $Q = 0,0062$ ). Соответственно, нормативная вероятность отказа ГАСИ ( $Q$ ) не должна превышать 0,01 (или 1 %).

## НАДЕЖНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

Исходя из предположения, что наихудшим событием при выполнении аварийно-спасательных работ (АСР) является временная потеря работоспособности (отказ) ГАСИ и возможное замедление темпа проведения спасательных работ, ущерб от указанного отказа ( $U$ ) будет зависеть от смертности и тяжести заболеваний, связанных именно с замедлением темпа работ по деблокированию пострадавших. «Стоимость» человеческой жизни по данным компании РОСГОССТРАХ на конец 2014 года для жителей Нижегородской области составила 3,8 млн. руб. (<http://www.rgs.ru/>). Именно эта цифра нами была принята за величину ущерба ( $U$ ) от возникновения отказа при проведении АСР. Для выполнения технологических операций по деблокированию и извлечению пострадавших, в качестве используемых ГАСИ, нами были рассмотрены образцы следующих комплектов ГАСИ: «СПРУТ», «КОМБИТЕХ», «ПРОСТОР», «МЕДВЕДЬ», поскольку это отечественные марки и их производители применяют оборудование и технологии, позволяющие производить ГАСИ на уровне лучших мировых образцов.

В таблице представлены значения вероятностных величин ( $Q$  и  $P$ ), характеризующих эксплуатационную надёжность комплектов ГАСИ и вероятность того, что осуществлены основные этапы выполнения операций по деблокированию пострадавших (влияние дестабилизирующих факторов не учитывалось) – на основе данных [3].

Кроме того, в таблице приведены результаты расчётов  $G$  и сопоставимых затрат на закупку и обслуживание сравниваемых комплектов ГАСИ (в пересчёте на 1 год) по данным Нижегородского гарнизона пожарной охраны. Здесь же представлены и результаты расчёта вероятностных величины общей пользы применения различных комплектов ГАСИ, а также математических ожиданий ущерба от вероятного отказа оборудования.

**Таблица 1. Пример использования показателей риска для выбора аварийно-спасательного оборудования**

Показатель	Наименование комплектов ГАСИ			
	«СПРУТ»	«КОМБИТЕХ»	«ПРОСТОР»	«МЕДВЕДЬ»
Рабочее давление (max), Мпа	80	80	60	80
Масса изделия, кг	14,5	14,5	14,0	18,1
Максимальное усилие резания, кН	360	388	290	220
Стоимость комплекта ГАСИ, руб.	1015154	1015154	725936	787420
Затраты, приведённые к сопоставимому виду руб.	153664	169420	155389	153417
$Q$	0,0099	0,0028	0,0132	0,0241
$P$	0,9901	0,9972	0,9868	0,9759
$B$ , руб.	192624	54479	256832	468913
$G$ , руб.	59668	65366	60291	59578
$W$	77,1	162,3	61,3	36,8

Из данных таблицы следует, что ЛПР не следует принимать к рассмотрению вариант закупки комплектов ГАСИ «МЕДВЕДЬ» и «ПРОСТОР» без доведения его показателей безотказности до допустимого уровня. И хотя у комплектов «СПРУТ» и «КОМБИТЕХ» равная цена, очевидно, что величина математического ожидания ущерба у последнего в 1,2 раза ниже, а вот общая польза ( $W$ ) выше, чем у всех комплектов. Следовательно, вариант закупки комплекта «КОМБИТЕХ» представляется предпочтительным из сравниваемых.

Таким образом, предложенный подход к оценке ГАСИ с использованием критериев надёжности может упростить выбор конкретного наименования из предоставленных на рынке, с последующей перспективой замены в Нижегородском гарнизоне пожарной охраны, а так же для принятия управленческих решений по материально-техническому оснащению ПСП Нижегородской области [5, 6].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Приказ МЧС России от 18.09.2012 № 555 «Об организации материально-техническом обеспечении системы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий».
2. Справочные материалы для преподавателей и слушателей учебно-тренировочных комплексов МЧС России по подготовке спасателей к действиям при ликвидации последствий дорожно-транспортных происшествий.– М: ФГУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), – 2011. – 81 с.
3. Бубнов А. Г., Курочкин В. Ю., Моисеев Ю. Н., Семенов А. Д. Использование показателей риска для выбора аварийно-спасательного оборудования // Пожаровзрывобезопасность. – 2014. – Т. 23, №. 2. – С. 50–55.
4. РД 03-418-01 "Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов" (утв. Постановлением Госгортехнадзора РФ от 10.07.2001 № 30).
5. Терехнев В.В., Семенов А.О., Смирнов В.А., Тараканов Д.В. Анализ и поддержка решений при тушении крупных пожаров // Пожаровзрывобезопасность. – 2010. – Т. 19, № 9. – С. 51–57.
6. Терехнев В.В., Семенов А.О., Тараканов Д.В. Теоретические основы принятия решений при управлении силами и средствами на пожаре // Пожаровзрывобезопасность. – 2012. – Т. 21, № 10. – С. 14–17.

### **ВЛИЯНИЕ ПРОЦЕССОВ КОРРОЗИИ ПРИ ХРАНЕНИИ ПЕНООБРАЗОВАТЕЛЯ В ЕМКОСТЯХ ИЗ СТАЛИ МАРКИ СТЗ НА ПЕНООБРАЗУЮЩУЮ СПОСОБНОСТЬ**

**А.Д. Семенов, А.А. Костяев, А.В. Балмасов\***

**(ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»,**

**\* ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный химико – технологический университет»)**

Рост потребления энергетических ресурсов влечет за собой увеличение производственных мощностей для их переработки, что повышает вероятность возникновения чрезвычайной ситуации из-за отказа производственного оборудования. Анализ статистических данных [1] показал, что в последнее время на объектах нефтегазовой отрасли страны неоднократно вспыхивали крупные пожары, для ликвидации которых использовалась воздушно-механическая пена (ВМП) и большое количество пенообразователя для ее получения. Качество получаемой ВМП зависит от физико-химических свойств используемого пенообразователя, которые формируются при его получении и хранении.

На протяжении всей истории совершенствования пенообразователей физико-химические свойства изменялись в сторону снижения эксплуатационных затрат - обеспечения большего срока сохраняемости за счет уменьшения коррозионной активности, увеличения стабильности при хранении, снижения температуры замерзания, уменьшения рабочей концентрации и т. д. [2].

## НАДЕЖНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

В работе [3] показано, что наилучшая сохранность пенообразователей обеспечивается при их хранении в емкостях из нержавеющей стали или полимерных материалов, в том числе в стальных емкостях с внутренним полимерным покрытием. В этих условиях срок хранения пенообразователей должен составлять не менее 10 лет. Допускается хранение пенообразователей (кроме фторсодержащих) в емкостях из углеродистой стали (марка Ст3). Однако в результате коррозии металла качество пенообразователя ухудшается, что снижает сроки его хранения.

Однако производство емкостей из нержавеющей стали, полимерных материалов, в том числе стальных емкостей с внутренним полимерным покрытием является дорогостоящим из-за большой стоимости материалов и трудозатратным из-за сложности изготовления, поэтому наибольшее распространение находят емкости из углеродистой стали (марки Ст3).

Использование емкостей из углеродистой стали осложняется процессом коррозии, протекающим при хранении пенообразователя. В [4] установлено, что сталь подвергается процессу коррозии значительно чаще в слабых щелочных растворах ПАВ.

В зависимости от природы ПАВ, их влияние на коррозионное поведение металлов существенно отличается, при этом многие из них являются эффективными ингибиторами коррозии для различных материалов. Это связано с тем, что поверхностной активностью обладают вещества различных классов: анионные, катионные и амфолитные (амфотерные) [4].

Авторы [5] проводили исследования влияния различных моющих веществ на коррозию металла. В этих опытах образцы стали холодной прокатки на две недели помещали в 10% - е растворы моющих средств в дистиллированной воде. Было показано, что в данных условиях наименее активными были неионогенные соединения, катионоактивные ПАВ оказывали наибольшее воздействие на сталь, анионоактивные соединения обладали большим или меньшим корродирующим действием в зависимости от примененного соединения без привязки к длине углеводородной цепи.

Неионогенные вещества практически не используются для приготовления пенообразователей, что связано с их низким пенообразованием. Для этих целей в основном применяются анионоактивные ПАВ, как углеводородные, так и фторсодержащие, обладающие высокой коррозионной активностью.

Данное обстоятельство вынуждает разработчиков и производителей пенообразователей для пожаротушения вводить в составы растворов ингибиторы коррозии различных классов соединений. Единого подхода к решению проблемы, а тем более универсального ингибитора не существует, что связано с многообразием ПАВ, применяемых в композициях, а также вводимых эксплуатационных добавок.

В работе [5] было предложено использовать в качестве ингибитора коррозии соединение класса – антипирены, выбранный в ходе экспериментов ингибитор, обеспечивает уменьшение скорости коррозии стали в рабочем растворе в 4 раза. Полученные результаты свидетельствуют о том, что добавки органических соединений класса антипиренов могут быть использованы в качестве антикоррозионных компонентов пенообразующих растворов.

Однако не ясно как предлагаемый ингибитор коррозии влияет на пенообразующую способность пенообразователя.

В качестве объекта исследования нами был выбран пенообразователь ПО-6ТС-М с применением этиленгликолевых антифризов производства АО «Ивхимпром», г. Иваново.

Целью работы - изучить влияние ингибитора коррозии на пенообразующую способность пенообразователя путем определения показателя устойчивости образующейся пены.

Методика эксперимента.

Пенообразователь ПО-6ТС-М производится по ТУ № 2481-188-05744685-2002 и применяется для нужд пожаротушения. Он представляет собой раствор на основе этиленгликоля с добавлением фторсодержащих соединений. Исследования проводились в рабочем растворе пенообразователя, полученного путем разбавления концентрата пенообразователя ПО-6ТС-М дистиллированной водой в соотношении 1:17 (1 часть пенообразователя, 17 частей воды). Приготовленный раствор пенообразователя хранился в металлических бочках, изготовленных из углеродистой стали (марки СТЗ) объемом 100 л в течение 30 дней.

В качестве ингибирующей добавки было выбрано соединение группы антипиренов.

Определение кратности и показателя устойчивости пены низкой и средней кратности проводили согласно [6].

Устойчивость пены определяли путем измерения массы отсека, вытекающего из пены, а затем по полученным данным определяли скорость разрушения пены  $\alpha$  (г/с) по формуле:

$$\alpha = \frac{dm}{dt} = \frac{m_0 - m}{m_0} \cdot \frac{1}{\Delta t} \quad (1)$$

где  $m_0$  – масса собранной пены средней кратности, г;

$m$  – масса отсека, г;

$\Delta t$  – время изменения, с.

Затем производили сбор отсека, вытекающего из пены за промежутки времени  $\Delta t = 20$  с, после чего измеряли массу.

Определение устойчивости пены.

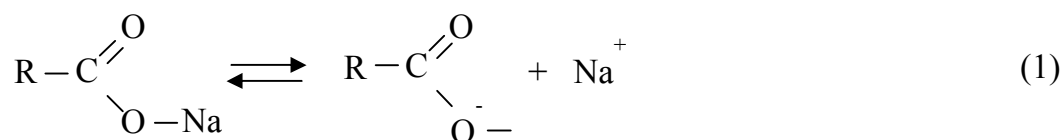
Установлено, что коррозия стали в растворе пенообразователя протекает с кислородной деполяризацией, при этом катодный процесс состоит в восстановлении растворенного кислорода по реакции:



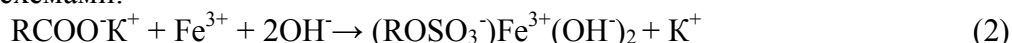
В соответствии с данным уравнением, в ходе процесса анодного растворения железа происходит подщелачивание коррозионной среды, что может оказывать влияние на скорость коррозионного процесса на поверхности стального электрода в рабочем растворе пенообразователя ПО-6ТС-М.

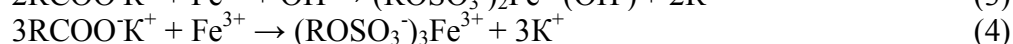
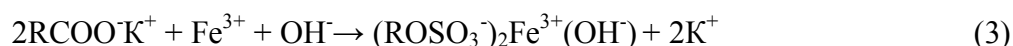
Как уже отмечалось [1], основу синтетических пенообразователей составляют углеводородные анионные поверхностно-активные вещества (ПАВ). Наиболее часто используется в составах натриевая соль карбоновой кислоты, диссоциирующая в водном растворе на поверхностно-активный анион и неактивный катион (реакция 1). Такие соединения обладают высокой пенообразующей способностью и обеспечивают получение средне- и высокократных пен.

Диссоциация натриевой соли карбоновой кислоты в растворе пенообразователя протекает по реакции - 1:



Установлено, что при протекании коррозионного процесса стали марки СТЗ, в растворе пенообразователя, происходит образование ионов трехвалентного железа  $\text{Fe}^{3+}$ . В процессе хранения пенообразователя, механизм анодного растворения железа сопровождается образованием комплексных соединений железа с карбоновой кислотой и его можно представить схемами:

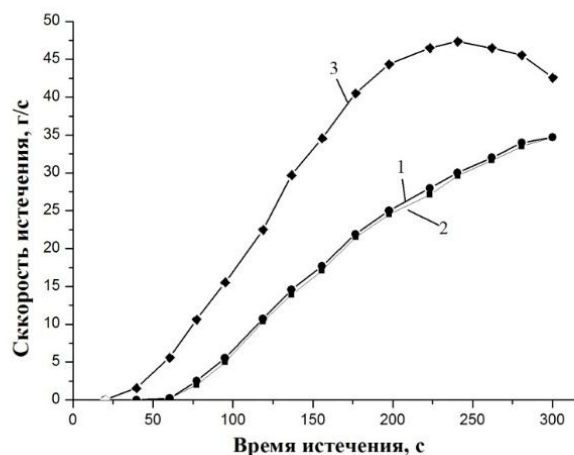




Таким образом, образование комплексов железа сопровождается укрупнением мицелл соединений железа и карбоновой кислоты, что характеризуется разрушением водородных связей в растворе пенообразователя и приводит к увеличению молекулярной массы этих молекул. Разрушение водородных связей влияет на физико-химические свойства пенообразующего раствора, что приводит к уменьшению его пенообразующей способности, а образование мицелл приводит к снижению устойчивости, кратности и огнетушащей способности образующейся пены.

Данные эксперимента по определению устойчивости пены получаемой из исследуемых растворов пенообразователя сроком хранения 30 дней представлены на рис. 1.

Анализ экспериментальных данных (рис. 1) показывает, что скорость истечения водного отсека из полученной пены изменяется. Наибольшая скорость истечения отсека из пены наблюдается из образца №3 (кривая 3, рис. 1), полученного при хранении пенообразователя в металлической емкости из углеродистой стали (марки СТ3) без добавления ингибитора коррозии, что связано с образованием сложных комплексных соединений железа с анионной частью растворенного ПАВ, которые описываются схемами 2-3.



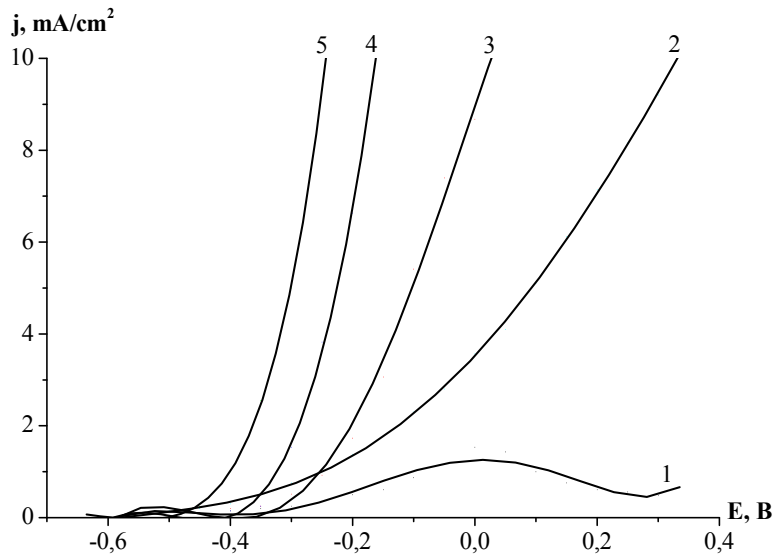
**Рис. 1.** Устойчивость пены полученной из рабочего раствора пенообразователя ПО-6ТС-М после хранения: 1 – исходный раствор пенообразователя (свежеприготовленный); 2 – раствор пенообразователя с ингибитором коррозии; 3 – раствор пенообразователя без ингибитора коррозии

Добавление ингибитора при хранении пенообразователя существенного влияния на свойства приготовленного раствора не оказывает, о чем свидетельствуют данные представленные на рис. 1 (кривая 1, 2). По-видимому, это связано с пассивацией поверхности металлической емкости для хранения пенообразователя, что препятствует растворению металлического железа, о чем свидетельствуют данные поляризационных измерений в потенциодинамическом режиме (рис. 2).

Для снижения скорости коррозии стали в рабочем растворе пенообразователя нами было исследовано влияние на анодное поведение стали ряда известных ингибирующих добавок.

Анодные поляризационные кривые, полученные в рабочих растворах пенообразователя с различными добавками ингибиторов, представлены на рис. 2. Как следует из полученных поляризационных кривых, наиболее эффективным ингибитором оказалось слабое органическое основание класса антипиренов. Введение данной добавки в рабочий электролит пенообразователя приводит к пассивации стального электрода и как следствие к уменьшению скорости коррозии, о чем свидетельствует характерный вид кривой 1 (рис. 2.). Добавление других исследованных органических соединений приводит к некоторому смещению поляризационных кривых в сторону положительных потенциалов, но полной пассивации и прекращения растворения стального электрода не наблюдается.





**Рис. 2.** Анодные потенциодинамические (2·мВ/с) поляризационные кривые стального электрода Ст.3 в рабочем растворе пенообразователя ПО-6ТС-М, содержащего ингибирующие добавки: 1 – 0,5 г/л антипирена; 2 – 1 г/л 8-оксихинолина; 3 – 1 г/л 1,2,3-бензотриазола; 4 – 1 г/л 2-меркаптобензтриазола; 5 – 0,5 г/л ТМТ-15. Т= 298 К

Параллельно поляризационным исследованиям были проведены эксперименты по определению удельной скорости потери массы стальных пластинок ( $K_m^-$ ). Полученные результаты представлены в табл. 1.

**Таблица 1. Показатели скорости коррозии стального электрода Ст3 в растворах пенообразователя ПО-6ТС-М**

Показатели скорости коррозии:	Без ингибитора	С ингибитором антипирен – 0,5 г/л
Удельная скорость потери массы ( $K_m^-$ ), г/м <sup>2</sup> ·ч	0,087	0,023

Таким образом, использование ингибитора коррозии при хранении пенообразователя в металлических емкостях, изготовленных из стали марки СТ3 замедляет процесс коррозии в 4 раза и не оказывает существенного влияния на свойства пенообразующего раствора.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Шароварников, А.Ф. Противопожарные пены. Состав, свойства, применение. М.: Знак, 2000 г.
2. Weinga Riner M. Die Schaummittel und ihre Loschefeacte // Brenn-punkt, 1977. - V. 29. № 2, p. 22-23 219/3-1.
3. Порядок применения пенообразователей для тушения пожаров. Рекомендации Утверждены МЧС России 27 августа 2007 г.
4. Семенова, И.В., Флорианович, Г.М., Хорошилов, А.В. Коррозия и защита от коррозии: учебное пособие. М.: Физматлит. 2010. 413 с.
5. Костяев, А.А., Балмасов, А.В., Инасаридзе, Л. Н., Влияние ингибиторов на коррозию углеродистой стали в растворах пенообразователя. Российский химический журнал РХО им. Д.И. Менделеева. 2015. Т. 4, С. – 65-69.
6. ГОСТ Р 50588-2012. Пенообразователи для тушения пожаров.

## ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ИЗОЛЯЦИИ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН ПО ХАРАКТЕРИСТИКАМ ЧАСТИЧНЫХ РАЗРЯДОВ

**Н.В. Сялов, С.А. Словесный, Н.А. Фоменко**  
*(ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В. И. Ленина»)*

Срок службы изоляции высоковольтных электрических машин определяется общим старением изоляции под действием эксплуатационных факторов, основными из которых являются электрические, тепловые и механические нагрузки.

В настоящее время большая часть силового электрооборудования эксплуатируется сверх нормативного срока, поэтому становится актуальной проблема разработки и внедрения эффективных методов оценки его состояния в целом и состояния изоляции в частности.

Наиболее распространенными методами диагностики изоляции являются методы, основанные на испытании повышенным напряжением, на измерении сопротивления изоляции, на измерении тангенса угла диэлектрических потерь, а также методы, основанные на измерении и анализе характеристик частичных разрядов в изоляции.

Частичный разряд (ЧР) – это искровой разряд малой мощности, образующийся внутри или на поверхности изоляции высоковольтного оборудования, перекрывающий часть изоляции. ЧР возникают в местах с пониженной электрической прочностью, например, в газовых включениях, расслоениях в толще твердого диэлектрика. Периодически повторяясь, они постепенно приводят к старению, а затем и пробоем изоляции. Разрушение изоляции под действием разрядов может длиться месяцы или даже годы. Своевременное выявление частичных разрядов, оценка их мощности и повторяемости, определение места их возникновения позволяет оценивать состояние изоляции и предупреждать внезапные отказы оборудования, вызываемые пробоем изоляционных конструкций.

Частичным разрядам сопутствуют такие явления, как электромагнитные излучения, в том числе в видимой части спектра, местное кратковременное повышение температуры изоляции, акустические волны, протекание токов перезаряда ёмкостей (импульсные токи во внешних цепях) и т.д. Количественные характеристики этих процессов и явлений определяются интенсивностью разрядов. Разнообразие вышеперечисленных эффектов обуславливает существование множества методов регистрации разрядов в изоляции высоковольтного оборудования, основными из которых являются электромагнитный, акустический и электрический методы.

В схемах, реализующих электрический метод регистрации ЧР, используются датчики (измерительные элементы), по которым в схеме измерения проходят токи перезаряда ёмкостей, в том числе и ёмкости контролируемого объекта -  $C_x$ , вызываемые частичными разрядами.

В условиях действующего энергообъекта регистрации ЧР препятствуют помехи, возникающие во внешней сети. Токи помех из внешней сети проникают в схему регистрации ЧР и формируют на измерительном элементе  $R_{изм}$  импульсы напряжения, характеристики которых аналогичны характеристикам импульсов напряжения, формируемых на том же измерительном элементе токами ЧР (рис. 1).

Устранение указанного недостатка возможно путем преобразования рассмотренной схемы в мостовую, при этом в схему регистрации вводится второй измерительный элемент  $R_0$  (рис. 2).

В мостовой схеме регистрации токи помех уходят в землю через измерительные элементы, включаемые последовательно с объектом контроля и соединительным конденсатором, формируя на них синфазные импульсы напряжения (рис. 2,б). При этом токи ЧР создают на измерительных элементах противофазные импульсные сигналы (рис. 2,в), что позволяет, при расшифровке осциллограмм, визуально выделять импульсы напряжений от

токов ЧР на фоне импульсных помех. Для повышения эффективности регистрации импульсов ЧР необходимо уравнивать пиковые значения импульсов напряжений, создаваемых токами помех на входах измерительного устройства, тогда при использовании дифференциальных регистрирующих устройств влияние помех будет сведено к минимуму.

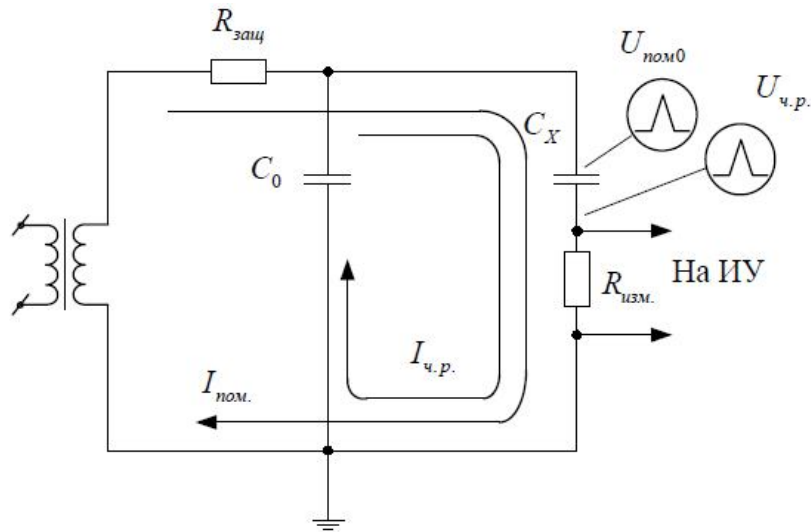


Рис. 1. Схема регистрации ЧР

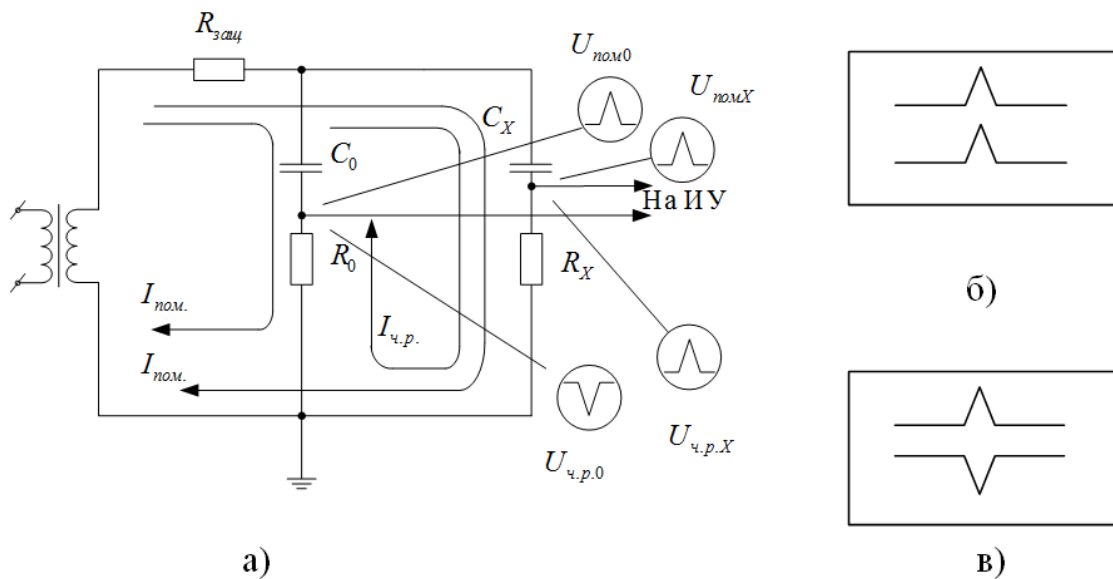


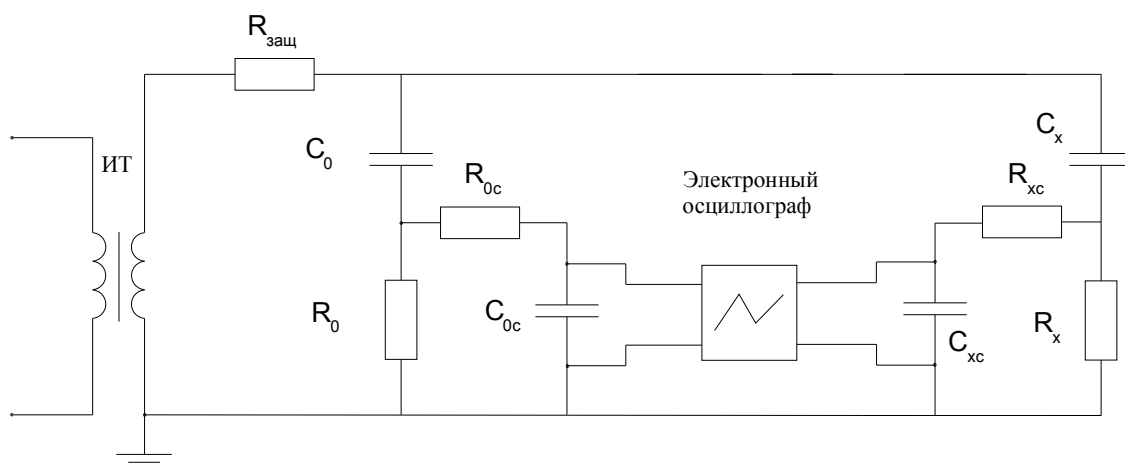
Рис. 2. а) мостовая схема регистрации ЧР;  
 б) осциллограмма импульсов напряжения, создаваемых токами помех;  
 в) осциллограмма импульсов напряжения, создаваемых токами ЧР

Уравнивание импульсных напряжений помех достигается изменением величины сопротивлений измерительных элементов  $R_x$  и  $R_0$ .

Настройка мостовой схемы регистрации ЧР осуществляется каждый раз при изменении параметров объекта контроля (ёмкости и сопротивления). При этом подбираются как значения сопротивлений измерительных элементов  $R_0$  и  $R_x$ , так и значения сопротивлений согласующих резисторов  $R_{xс}$  и  $R_{0с}$  (рис. 3), предотвращающих шунтирование измерительных элементов ёмкостью измерительных кабелей. Подбор

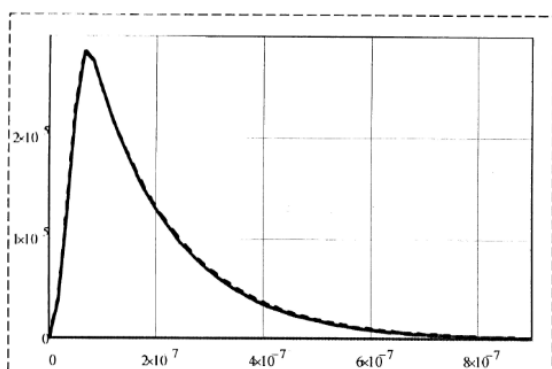
соответствующих значений указанных элементов путем их последовательной замены занимает много времени и не всегда позволяет получать оптимальный результат. Ускорение и облегчение процедуры настройки мостовой схемы достигается выполнением предварительного расчета значений регулируемых элементов для заданной емкости объекта контроля.

Для оценки эффективности предлагаемого метода настройки мостовой схемы и определения его достоверности выполнен расчет измерительных и согласующих элементов схемы, используемой при регистрации ЧР. Расчетная и экспериментальная кривые напряжения импульсных помех на входе регистрирующего устройства изображены соответственно на рис. 4 и 5. Расхождение полученных в ходе опыта кривых напряжения меньше 10%, что свидетельствует о достоверности и высокой точности предварительного расчета.

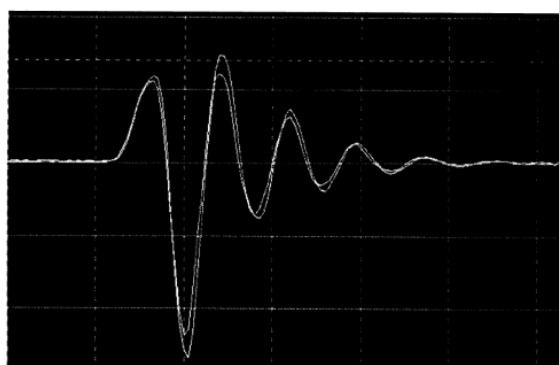


**Рис.3.** Схема замещения установки регистрации ЧР:

$R_{\text{защ}}$  – защитный резистор;  $C_0$  – соединительный конденсатор;  
 $C_x$  – исследуемый объект;  $R_0$  – измерительное сопротивление, включаемое последовательно с соединительным конденсатором;  $R_x$  – измерительное сопротивление, включаемое последовательно с исследуемым объектом;  $C_{0с}$ ,  $C_{хс}$  – собственные емкости измерительных кабелей;  
 $R_{0с}$ ,  $R_{хс}$  – согласующие резисторы, исключающие шунтирование измерительных элементов  $R_0$  и  $R_x$ .



**Рис. 4.** Форма расчетного импульса помехи



**Рис. 5.** Форма импульса помехи

Предварительный расчет измерительных и согласующих элементов особенно актуален на действующих объектах в условиях влияния электромагнитных помех, так как его выполнение дает экономию времени на подготовку схемы к измерениям.

## АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ ИСТОЧНИК ЭНЕРГИИ ДЛЯ ПРИВОДА ГИДРАВЛИЧЕСКОГО АВАРИЙНО - СПАСАТЕЛЬНОГО ИНСТРУМЕНТА

**А.В. Топоров, В.В. Киселев, М.В. Смирнов, В.В. Смирнов**  
(ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»)

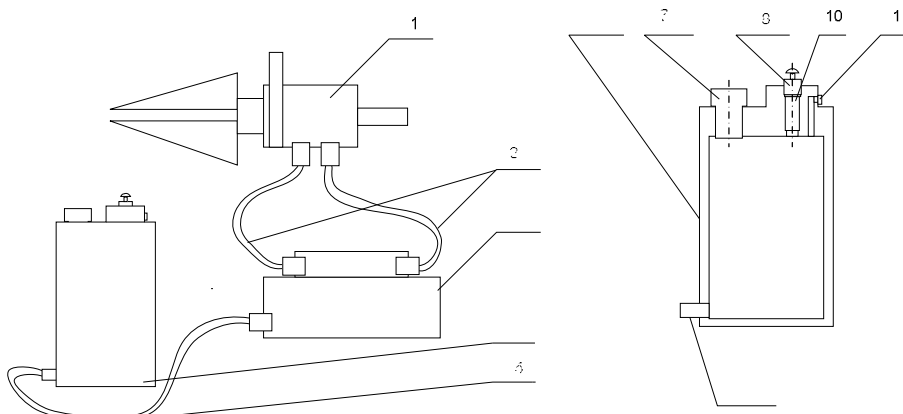
В настоящее время для привода в действие аварийно - спасательного инструмента применяются бензонасосы и ручные насосы. Недостатком насосов с двигателями внутреннего сгорания является трудоемкость обслуживания, необходимость хранения и транспортировки топлива, проблемы с запуском при низких температурах. Ручные насосы просты в эксплуатации и обслуживании, однако менее эффективны по сравнению с бензиновыми и требуют для работы дополнительную единицу расчета из числа личного состава.

Для устранения указанных недостатков взамен традиционно применяемых двигателей внутреннего сгорания и мускульной силы человека предлагается в качестве источника энергии использовать газ под давлением, полученный в результате сгорания пиропатрона.

В настоящее время существует конструкция гидравлического аварийно – спасательного инструмента с пирогенератором давления рабочей среды [1]. Однако, недостатками данного устройства является необходимость использования двух пирогенераторов давления для функционирования гидравлического аварийно – спасательного инструмента и непосредственный контакт горячих газов, выделяемых при сгорании пиропатрона, с маслом, что может повлечь его окисление или возгорание.

Предлагаемый переносной гидравлический инструмент (рис. 1) содержит исполнительный механизм, 1 с установленным рабочим органом. В качестве рабочих органов могут быть использованы, например, ножницы, расширители или резак. Пирогенератор давления содержит пневмогидронасос рабочей среды 2 соединенный с исполнительным механизмом 1 шлангами высокого давления 3, имеющими быстроразъемные соединения на концах. Ресивер 4 присоединяется к пневмогидронасосу рабочей среды 2 при помощи шланга 5.

Ресивер состоит из вертикальной цилиндрической ёмкости 6, способной воспринимать давление, верхняя торцевая часть которой снабжена отверстием с крышкой 7, предназначенным для очистки емкости 6. Штуцер 8 служит для подключения шланга 5, идущего к пневмогидронасосу рабочей среды 2. Затвор 9 снабженный системой инициации пирогенератора давления устанавливается в ёмкость 6 и фиксирует сменный пиропатрон 10 в рабочем положении. Предохранительный клапан 11 служит для предотвращения превышения давления внутри ёмкости 4 выше критического значения.



**Рис. 1.** Принципиальная схема пирогенератора давления и ресивера

## НАДЕЖНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

Гидравлический аварийно – спасательный инструмента с пирогенератором давления рабочей среды работает следующим образом.

По прибытии к месту работы необходимый по технологии рабочий орган прикрепляется к исполнительному механизму 1, после чего шлангами высокого давления 3 исполнительный механизм 1 подсоединяется к пневмогидронасосу рабочей среды 2, заполненному рабочей жидкостью. В ёмкость 6 устанавливается пиропатрон 10 и запирается затвором 9, снабженным системой инициации пиропатрона. После инициации и сгорания заряда пиропатрона 10 в ёмкости 6 создается избыточное давление газов. Газы пода давлением из ресивера 4 по шлангу 5, присоединенному к штуцеру 8 поступает к пневмогидронасосу рабочей среды 2, преобразующему давление газов в давление рабочей среды, которая по шлангам высокого давления 3 подается к исполнительному механизму 1 приводя его в действие.

Данная работа представлялась в финале конкурса «УМНИК 2015», где завоевала грант на проведение дальнейших исследований.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Пучков П.В., Топорова Е.А., Топоров А.В, Киселев В.В., Марков В.В. Гидравлический аварийно – спасательный инструмент с пирогенератором давления рабочей среды. Патент на полезную модель RU 115267 U1 от 27.04.2012.

## ПОВЫШЕНИЕ РЕСУРСА ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ УНДЕЦИЛАТА МЕДИ

**В.В. Терентьев, О.Б. Аكوпова\*, И.А. Телегин**  
*(ФГБОУ ВПО «Ивановская ГСХА имени академика Д.К. Беляева», \*ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный университет»)*

В современном машиностроении широко используются подшипники качения. От надежной и долговечной работы подшипника во многом определяется эффективность работы машины в целом. Поэтому повышение ресурса подшипниковых узлов позволяет повысить ресурс всей конструкции машины.

Надежная и долговечная работа подшипников качения зависит от эффективности их смазки.

В конструкциях современных машин часто используется закрытый тип подшипника, в котором смазка закладывается на весь период эксплуатации. Ввиду этого улучшение триботехнических характеристик пластичных смазок, применяемых в подшипниках, является одним из путей экономии средств на эксплуатацию машины в целом.

Для улучшения эксплуатационных характеристик пластичных смазочных материалов применяют различные присадки, позволяющие значительно снижать износ элементов подшипников качения, улучшать антифрикционные характеристики и т.д. Одними из перспективных материалов являются дисколитические жидкокристаллические мезогенные соединения – карбоксилаты меди. Исследования, проведенные ранее авторами [1, 2], указывают на снижение коэффициента трения скольжения, снижения интенсивности изнашивания элементов пар трения при введении карбоксилатов меди в синтетический солидол. Введение данных соединений в литиевые смазки (которые в настоящее время в автомобилестроении применяются более часто) также позволяет улучшить их триботехнические характеристики.

В данной работе исследовано влияние введения синтезированного одним из авторов ундецилата меди в литол-24 на ресурс подшипника качения №6206 промежуточной опоры карданного вала автомобиля ГАЗ-3110.

Исследования проводились на специально разработанном приспособлении к токарно-винторезному станку ТВ-6, представленном на рисунке 1.

Для испытаний были взяты две опоры с подшипниками качения. Одна с серийным смазочным материалом (Литол-24), вторая с экспериментальным смазочным материалом (литол-24 с ундецилатом меди). Частота вращения шпинделя станка составляла  $510 \text{ мин}^{-1}$ . Нагрузка на подшипники измерялась с помощью динамометра и составляла 100 Н на каждый подшипник.

Наличие в качестве привода токарно-винторезного станка позволяет моделировать процессы трения подшипников качения при разных скоростных режимах. Наличие нагрузочных рычагов позволяет изменять нагрузочные режимы исследования подшипников качения.

Далее через каждые 5 км пробега контролировался радиальный зазор у обоих подшипников на приборе КИ-1223.

Остаточный ресурс определялся аналитически по результатам испытаний.

Результаты исследований радиального зазора подшипников качения представлены на рисунке 2.



Рис. 1. Приспособление для исследования подшипников качения:

1,2 – рукоятки установки частоты вращения шпинделя, 3 – шпиндель станка, 4 – подшипник в сборе с опорой, 5 – нагрузочный рычаг, 6 – задняя бабка станка, 7 – динамометр

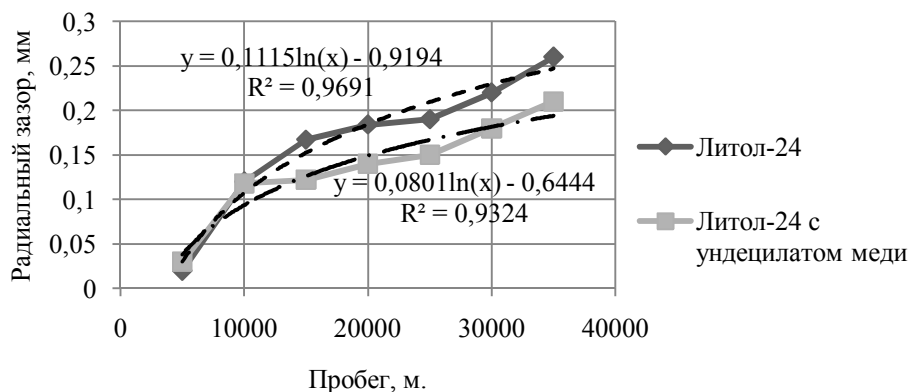


Рис. 2. Результаты определения радиального зазора в подшипниках качения

Анализируя представленные зависимости можно отметить, что введение ундецилата меди в серийную пластичную смазку позволяет снизить износ элементов подшипника в среднем на 20%.

При введении ундецилата меди в литол-24 происходит замедление процесса изнашивания подшипников. Скорость изнашивания исследованных подшипников представлена на рисунке 3.

## НАДЕЖНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

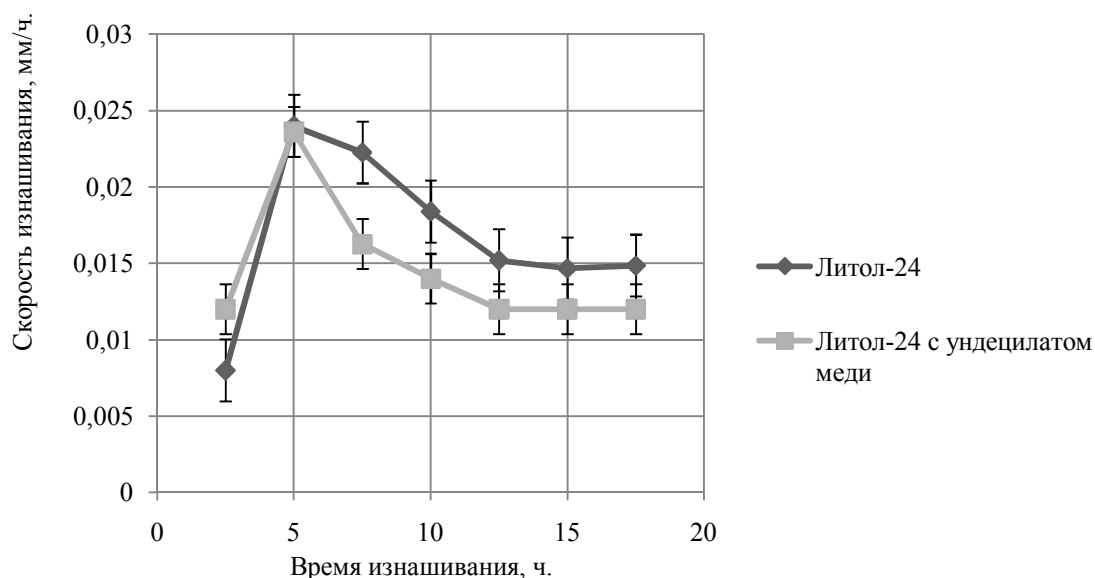


Рис. 3. Результаты определения скорости изнашивания исследованных подшипников

Полученные экспериментальные данные свидетельствуют о снижении скорости изнашивания подшипников при их эксплуатации свыше 10 часов. Это связано с увеличением зазоров между шариками и обоймой подшипника, в результате чего большее количество смазочного материала с разработанной присадкой попадает между трущимися поверхностями, эффективнее разделяя их.

Снижение износа элементов подшипника (как шариков, так и беговой дорожки), свидетельствует об эффективности применения в качестве присадки ундецилата меди к пластичным смазочным материалам на основе литиевых мыл.

Так как радиальный зазор является выбраковочным параметром подшипника качества, то в дальнейшем по результатам определения закономерности изменения радиального зазора от пробега в подшипнике определялся остаточный ресурс подшипника.

При сравнении полученных расчетов остаточный ресурс подшипника с экспериментальным смазочным материалом составил в 2,23 раза выше, чем для аналогичного подшипника с серийным смазочным материалом.

Таким образом, введение ундецилата меди в литол-24 позволяет повысить ресурс подшипника качества подшипника качества №6206 промежуточной опоры карданного вала автомобиля ГАЗ-3110 в 2,23 раза.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Терентьев В.В., Аكوпова О.Б., Баусов А.М., Герасимов А.И., Телегин И.А. Разработка и исследование антифрикционных и противоизносных дискотических мезогенных присадок для пластичных смазок машин и оборудования//Известия Самарской ГСХА, №3, 2014. С.53-56.

2. Терентьев В.В., Аكوпова О.Б., Телегин И.А., Боброва Н.В. Повышение надежности сельскохозяйственной техники за счет использования пластичных смазочных материалов с мезогенными присадками-карбоксилатами меди// Жидкие кристаллы и их практическое использование, Т.14, №4, 2014. С.97-102.



## К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ

А.В. Топоров, П.В. Пучков, В.В. Киселёв

(ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»)

В настоящее время трудно себе представить механизм, машину, двигатель и т.п., который бы не содержал в своей конструкции подшипники. Надежность работы механизма в целом во многом зависит от состояния и работоспособности отдельных комплектных изделий - подшипников. Подшипник качения является неотъемлемой частью опоры или упора, который поддерживает вал, ось или иную подвижную конструкцию с заданной жёсткостью. Подшипник также фиксирует положение вала в пространстве, обеспечивает вращение с наименьшим сопротивлением, воспринимает и передаёт нагрузку от подвижного узла на другие части конструкции.

Для обеспечения надёжной работы подшипника и соответственно всего узла в целом при изготовлении подшипника между обоймами подшипника закладывается смазка. Смазка является одним из основных условий надёжной работы подшипника и обеспечивает: низкое трение, разделение подвижных частей, теплоотвод, защиту от вредного воздействия окружающей среды. Закрытые подшипники качения (имеющие защитные крышки) практически не требуют обслуживания (замены смазки), открытые — чувствительны к попаданию инородных тел, что может привести к быстрому разрушению подшипника.

Смазка является одним из основных условий надёжной работы подшипника и обеспечивает низкое трение, разделение подвижных частей, теплоотвод, защиту от вредного воздействия окружающей среды. Для удержания смазочного материала в зоне трения и предотвращения его загрязнения на обойму подшипника устанавливают защитные крышки. Однако защитные крышки подшипника не могут обеспечить полную герметизацию подшипника, с течением времени смазочный материал проникает в зазоры между защитной крышкой и обоймой подшипника и покидает зону трения. Как показывает практика, основной причиной выхода из строя подшипника из строя является его износ. Наиболее благоприятными условиями для износа трущихся деталей является режим сухого трения, а также наличия в смазочном материале твердых инородных частиц. Поэтому весьма важной и актуальной проблемой является повышение ресурса работы подшипников за счёт герметизации зоны трения от внешней среды. Решить эту проблему можно используя комбинированные магнитожидкостные уплотнения.

На рис. 1. представлена конструкция предлагаемого комбинированного магнитожидкостного уплотнения для подшипника качения в сборе. Уплотнение состоит из кольцевого постоянного магнита 1, внутреннего магнитопровода 2. Во внешнем магнитопроводе 3 закреплена втулка из немагнитного эластомерного материала с низким коэффициентом трения 4. Кольцевой постоянный магнит 1 устанавливается внутри втулки из немагнитного эластомерного материала с низким коэффициентом трения 4 и примыкает к внешнему магнитопроводу 3. Магнитная жидкость 5 помещается в зазоры между выступами внешнего и внутреннего магнитопроводов 2 и 3. Внутренний магнитопровод 2 устанавливается во внешней обойме подшипника 6. Внешний магнитопровод 3 устанавливается на внутренней обойме подшипника 7.

Работает уплотнение следующим образом. Магнитная жидкость удерживается между выступами внешнего магнитопровода 3 и внутреннего магнитопровода 2 магнитными силами, возникающими в результате протекания магнитного потока по контурам: кольцевой постоянный магнит 1 → внутренний магнитопровод 2 → магнитная жидкость 5 → выступ внешнего магнитопровода 3 и кольцевой постоянный магнит 1 → выступ внутреннего магнитопровода 2 → магнитная жидкость 5 → внешний магнитопровод 3.

При возникновении перепада давлений магнитные силы, действующие на магнитную жидкость 5 компенсируют его действие, тем самым, обеспечивая герметичность уплотнения. Втулка из немагнитного материала с низким коэффициентом трения 4 препятствует изменению зазора между внешним магнитопроводом 3 и выступом внутреннего магнитопровода 2 и внутренним магнитопроводом 2 и выступом внешнего магнитопровода 3 под действием магнитных сил, чем обеспечивается необходимая величина рабочего зазора уплотнения. В тоже время возникающие магнитные силы препятствуют перемещению подвижного внутреннего магнитопровода 2 в направлении от подвижного внешнего магнитопровода 3. На валу уплотняемого устройства комбинированное торцевое магнитожидкостное уплотнение устанавливается на внешней обойме подшипника внутреннем магнитопроводом, а внешний магнитопровод устанавливается на внутренней обойме подшипника 3.

Предложенное уплотнение для подшипников качения позволит значительно снизить износ подшипника за счёт исключения утечки смазочного материала и попадания из окружающей среды инородных тел и как следствие продлить срок службы.

### ЛИТЕРАТУРА

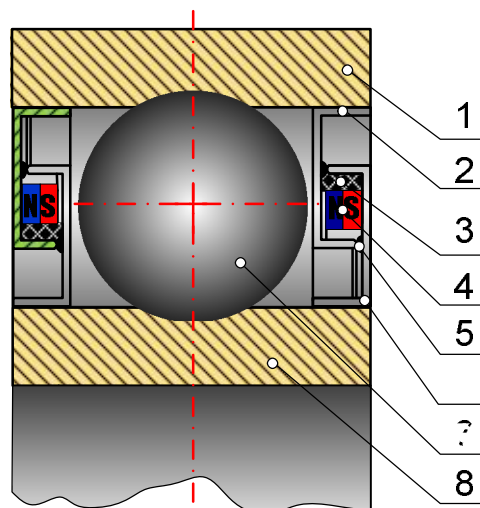
1. Патент РФ на полезную модель № 88407 МПК 7 F 16 J 15/43. Комбинированное торцевое магнитожидкостное уплотнение/Топоров А.В., Топорова Е.А., Пучков П.В. Опубликовано 10.11.2009 г.
2. Магнитные жидкости в машиностроении/ Орлов Д.В., Михалёв Ю.О., Мышкин Н.К. и др.: Под общ. ред. Орлова Д.В., Подгоркова В.В. – М.: Машиностроение. 1993. с.208, с. 220.
3. Топоров А.В., Сизов А.П., Смирнов Н.А., Виноградов Е.А., Серов Ю.П., Подгорков В.В. Комбинированное магнитожидкостное манжетное уплотнение Свидетельство на полезную модель RU 22518 U1 от 10.04.2002.

## ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ МОДИФИЦИРОВАННОГО ТОПОЛОГИЧЕСКОГО МЕТОДА ДЛЯ РАСЧЕТОВ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

**Г.В. Чекан**

*(ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»)*

Топологический метод очень удобен для определения показателей надежности технических систем, описанных графами типа “дерево”, так как не требуется составлять и решать сложные системы уравнений, а все показатели надежности можно определить непосредственно из самого графа.



**Рис. 1.** Подшипник качения с магнитожидкостным уплотнением: 1 – внешняя обойма подшипника, 2 – внутренний магнитопровод, 3 – втулка из эластомерного немагнитного материала с низким коэффициентом трения, 4 – магнит постоянный кольцевой, 5 – магнитная жидкость, 6 – внешний магнитопровод, 7 – шарик, 8 – внутренняя обойма подшипника

Финальная вероятность для  $i$ -го состояния определяется как [1]:

$$P^{(i)} = \frac{B_{mi}}{\sum_{i=1}^n B_{mi}} \quad (1)$$

где  $n$  – число узлов графа,  $B_{mi}$  – произведение интенсивностей переходов из всех крайних свободных узлов в узел, соответствующий  $i$ -му состоянию системы при перемещении по пути в направлении стрелок.

Однако, большинство восстанавливаемых технических систем с неравно надежными элементами, избыточные системы и системы с приоритетным обслуживанием описываются многосвязными графами. В этих случаях в графе может быть несколько путей в  $i$ -е состояние из начального и конечных отказных состояний.

Существующий алгоритм определения показателей надежности технических систем, описанных такими графами с использованием топологического метода, подразумевает преобразование сложного многосвязного графа в совокупность простых графов типа “дерево” [1], что весьма трудоемко, даже для графов малой размерности. Для графов большой размерности (десятки и сотни состояний) этот подход реализовать практически не возможно.

Для этих случаев было произведено развитие топологического метода. Модифицированный топологический метод, дополненный алгоритмом выбора пути, при наличии нескольких альтернатив представлен в [2]. Для подтверждения его достоверности и эффективности рассмотрена задача определения показателей надежности некоторой дублированной технической системы с неравно надежными устройствами (рис. 1а).

Функционирование рассмотренной технической системы описывает следующий граф переходов и состояний (рис. 1б).

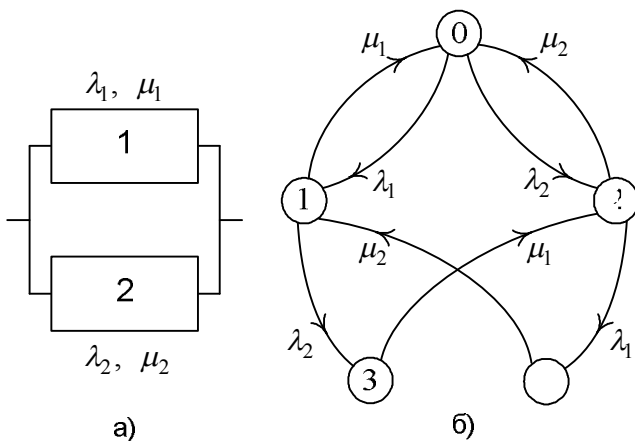


Рис. 1. Дублированная техническая система с неравно надежными устройствами:  
а) структурная схема, б) граф переходов и состояний

Граф включает в себя следующие состояния:

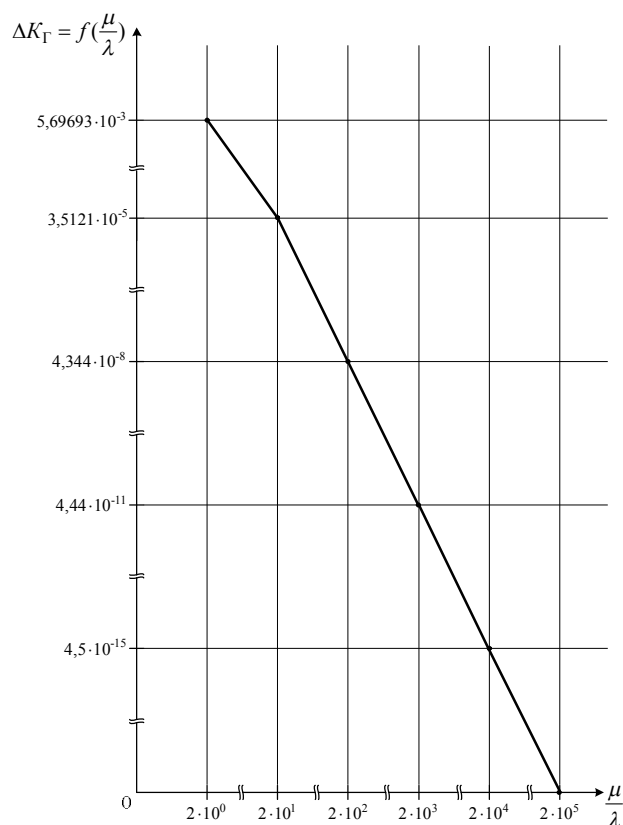
- (0) – оба элемента исправны,
- (1) – первый элемент отказал, второй в работе,
- (2) – второй элемент отказал, первый в работе,
- (3) – отказ второго элемента, при отказе первого,
- (4) – отказ первого элемента, при отказе второго.

Состояния (3) и (4) – аварийные.

Предполагается, что рассмотренную техническую систему обслуживает одна ремонтная бригада, а ремонт отказавших элементов осуществляется в порядке их отказов (прямой приоритет обслуживания).

Решение данной задачи с помощью “разбиения” многосвязного графа на совокупность графов типа “дерево” приведено в [1]. Также эта задача была решена в общем виде с использованием предложенного алгоритма выбора пути.

Была проведена оценка погрешностей расчета коэффициента готовности полученного с использованием двух различных методов, в зависимости от соотношения между интенсивностями отказов и восстановлений элементов системы [2]. Результаты представлены на рис. 2.



**Рис. 2.** График зависимости погрешности расчета коэффициента готовности от соотношения между интенсивностями отказов и восстановлений элементов системы

Анализируя полученную зависимость можно заметить следующие закономерности [2]:

- Если интенсивности отказов и восстановлений величины одного порядка, то присутствует некоторая погрешность при использовании алгоритма выбора пути.
- При разнице между ними в один порядок, погрешность снижается на два порядка.
- При дальнейшем увеличении разницы на один порядок, погрешность сокращается на три порядка, вплоть до нуля.

Для большинства реальных технических систем интенсивности отказов и восстановлений различаются как минимум на 2-3 порядка, поэтому погрешность расчета показателей надежности для таких систем либо мала, либо стремится к нулю, что позволяет сделать вывод о возможности использования предложенного алгоритма вместо “разбиения” многосвязного графа на совокупность графов типа “дерево”.

Представленные разработки реализованы в виде алгоритма для специализированного программного продукта, который позволяет автоматизировать расчеты показателей надежности технических систем.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Половко А.М., Гуров С.В. Основы теории надежности. – 2-е изд., перераб. и доп./ – СПб.: БХВ – Петербург, 2006. – 704 с.
2. Чекан Г.В. Развитие топологического метода для комплексного подхода к определению показателей надежности технических систем // Вестник ИГЭУ / Ивановский государственный энергетический университет. – Иваново. – 2014. – Вып. 5. – С. 51-57.

## СХЕМЫ РАСПОЛОЖЕНИЯ МАГНИТОВ В МАГНИТНО-АБРАЗИВНОМ УСТРОЙСТВЕ

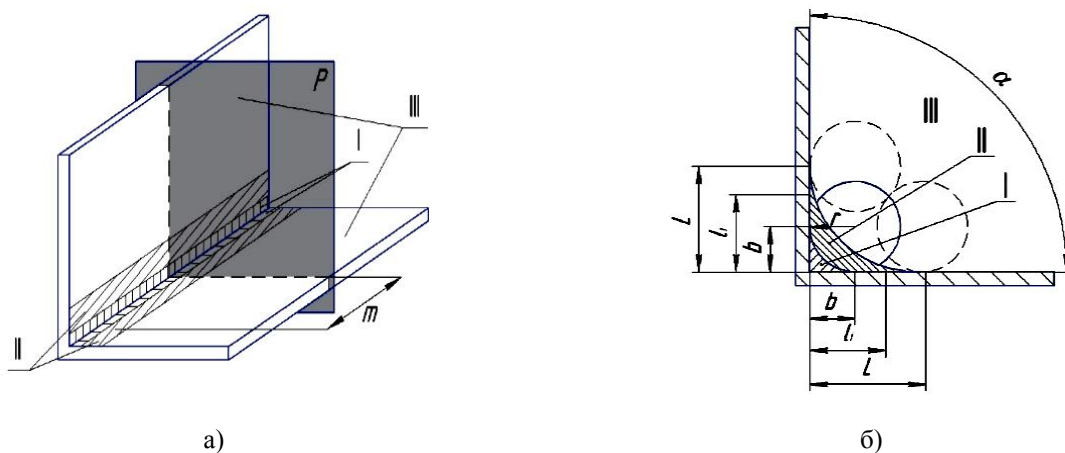
Л.К. Чернов, В.А. Полетаев

(ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»)

Полирование является физико-химическим процессом финишной обработки, которая обеспечивает гладкие поверхности деталей с комплексом заданных эксплуатационных свойств. Цель операции – высокое качество обработанной поверхности. Под термином «качество поверхности» понимают единство трех показателей: шероховатость поверхности, ее «волнистость» и физико-механические характеристики. Качество поверхностного слоя имеет для машиностроения исключительно большое значение. Для его оценки используют количественные значения: шероховатость и волнистость.

В машиностроительном производстве на финишных операциях обрабатывается большое количество деталей сложной конфигурации, к качественным показателям поверхностей которых предъявляются высокие требования. При отделочно-зачистной обработке многих деталей перспективно использование объемной обработки гранулированными абразивными средами. Основным недостатком, присущим объемной обработке, является отсутствие стабильности шероховатости поверхности, особенно на труднодоступных участках детали, что обусловлено неодинаковыми условиями абразивного резания. Формирование шероховатости при объемной обработке обусловлено стохастическим характером взаимодействия абразивных частиц гранулированной среды с поверхностями детали. Такой характер взаимодействия определяет неравномерность обработки закрытых и открытых участков детали. Рассматривая объемную обработку как отделочную, можно выделить два основных критерия эффективности обработки: 1 - достижение требуемых параметров микрорельефа; 2 - стабильность параметров шероховатости на различных участках обрабатываемой поверхности.

При обработке большинством методов механической полировки детали со сложной поверхностью (рис. 1.) можно выделить три зоны: I - «мертвая» зона, где обработка поверхности практически не происходит, так как гранулы шлифовального материала туда не проникают; II - зона нестабильной шероховатости (область невероятного попадания абразивных гранул); III - зона стабильной шероховатости, которая представляет собой поверхность, открытую для обработки.



**Рис. 1.** Схема контакта обрабатывающих тел с деталью «уголок» в зоне сопряжения обрабатываемых поверхностей: а - общий вид детали; б - поперечное сечение детали; I - «мертвая» зон; II - зона нестабильной шероховатости; III - зона стабильной шероховатости

Штриховыми линиями на рис. 1. изображено возможное контактирование двух рабочих тел с поверхностями зоны II нестабильной шероховатости. При таком взаимодействии рабочих тел снижается вероятность их проникновения в зону II. Это обуславливает меньшее количество контактов на длине участка Б-Б по сравнению с открытыми поверхностями. Следовательно, в этой зоне можно ожидать образование при обработке более грубой шероховатости поверхности, а I можно рассматривать как размерную характеристику поверхности в зоне II нестабильной шероховатости.

Магнитная галтовка – вид суперфинишной обработки резанием. Режущим инструментом является ферромагнитный галтовочный наполнитель (иглы). Обработка происходит в неподвижном рабочем объеме, окруженном постоянными магнитами, в который загружены наполнитель, представляющий короткие обоюдоострые иглы, обрабатываемые детали и смазочно-охлаждающая технологическая среда. Магнитное поле в качестве средства передачи обрабатывающего усилия позволяет управлять потоком наполнителя, так как он движется в соответствии с конфигурацией магнитного поля, индуцируемого постоянными магнитами. Для проведения экспериментов были разработаны рабочие схемы расположения постоянных магнитов на подвижном диске установки для магнитной галтовки (рис. 2).

Схема №1 (рис. 2а) составлена из двух групп постоянных магнитов: основной и вспомогательной. Основная группа: 2 магнита ЭМЦ097Н, материал – NdFeB, размеры 60x15x3 мм, физические характеристики  $B_r=1$  Тл,  $H_{cb}=700$  кА/М. Вспомогательная группа: 4 магнита ИЖКГ, материал – феррит стронция, размеры 20x4 мм, физические характеристики  $B_r=0,3$  Тл,  $H_{cb}=185$  кА/М. Схема поля представляет собой двухмерный план размещения постоянных магнитов с нанесенными на него магнитными силовыми линиями, векторами направления магнитной индукции и разметкой напряженности поля. Данное поле индуцируют шесть постоянных магнитов – два сильных кольцевых магнита составляют основную группу, четыре слабых магнита дискообразной формы составляют вспомогательную группу. Как видно на схеме, поле наиболее напряжено в области кольцевых магнитов и на пространстве между ними. Вспомогательная группа постоянных магнитов создаёт дополнительную неоднородность магнитного поля. Общая энергия магнитного поля  $W=827,25$  Дж.

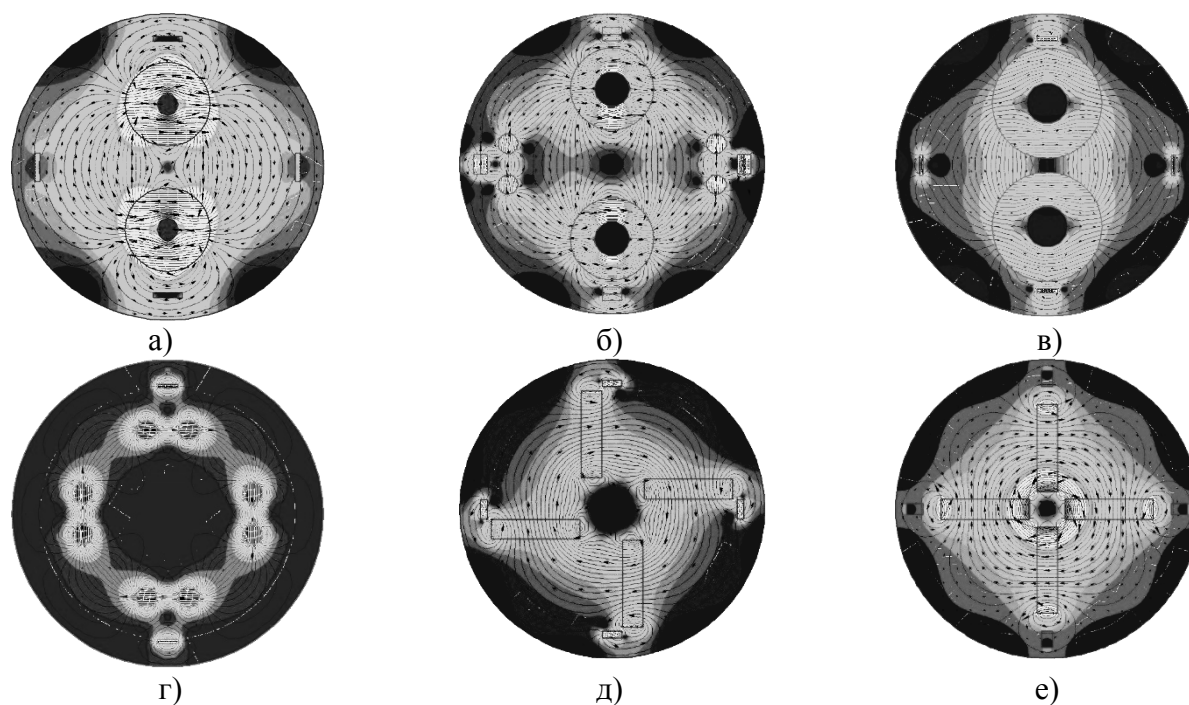


Рис. 2. Схемы расположения магнитов в установке для магнитной галтовки

Схема №2 (рис.2б) составлена из двух групп постоянных магнитов: основной и вспомогательной. Основная группа: 2 магнита ЭМЦ097Н; материал – NdFeB; размеры – d60x15x5 мм; физические характеристики  $B_r=1$  Тл,  $H_{cb}=700$  кА/М; 4 магнита ИЖКГ; материал – NdFeB; размеры d14,5x5 мм; физические характеристики  $B_r=0,95$  Тл,  $H_{cb}=750$  кА/М. Вспомогательная группа: 16 магнитов ИЖКГ; материал – NdFeB; размеры d14,5x5 мм; физические характеристики  $B_r=0,95$  Тл,  $H_{cb}=750$  кА/М. Схема поля представляет собой двухмерный план размещения постоянных магнитов с нанесенными на него магнитными силовыми линиями, векторами направления магнитной индукции и разметкой напряженности поля. Данное поле индуцируют 22 постоянных магнита – два сильных кольцевых магнита и четыре дискообразных составляют основную группу, 16 сильных магнитов дискообразной формы составляют вспомогательную группу. Вспомогательная группа постоянных магнитов создаёт дополнительную неоднородность магнитного поля. Общая энергия магнитного поля  $W=899,12$  Дж.

Схема №3 (рис.2в) составлена из двух групп постоянных магнитов: основной и вспомогательной. Основная группа: 2 магнита ЕАЖИ; материал – феррит стронция; размеры d80xd30x10 мм; физические характеристики  $B_r=0,37$  Тл,  $H_{cb}=230$  кА/М. Вспомогательная группа: 4 магнита ЕАЖИ; материал – NdFeB; размеры 64x15x3 мм; физические характеристики  $B_r=1,1$  Тл,  $H_{cb}=850$  кА/М. Схема поля представляет собой двухмерный план размещения постоянных магнитов с нанесенными на него магнитными силовыми линиями, векторами направления магнитной индукции и разметкой напряженности поля. Данное поле индуцируют шесть постоянных магнитов – два слабых больших кольцевых магнита составляют основную группу, четыре сильных магнита в форме пластины составляют вспомогательную группу. В данном случае поле имеет высокую напряженность между кольцевыми магнитами. Вспомогательная группа постоянных магнитов создаёт дополнительную неоднородность магнитного поля. Общая энергия магнитного поля  $W=209,12$  Дж.

Схема №4 (рис. 2г) составлена из двух групп постоянных магнитов: основной и вспомогательной. Основная группа: 8 магнитов ИЖКГ; материал – NdFeB; размеры d14,5x5 мм; физические характеристики  $B_r=0,95$  Тл,  $H_{cb}=750$  кА/М. Вспомогательная группа: 2 магнита ЕАЖИ; материал – NdFeB; размеры 64x15x3 мм; физические характеристики  $B_r=1,1$  Тл,  $H_{cb}=850$  кА/М. Схема поля представляет собой двухмерный план размещения постоянных магнитов с нанесенными на него магнитными силовыми линиями, векторами направления магнитной индукции и разметкой напряженности поля. Данное поле индуцируют десять постоянных магнитов – восемь сильных дисковых магнита составляют основную группу, два сильных магнита в форме пластины составляют вспомогательную группу. Поле наиболее напряжено в области кольцевых магнитов и на пространстве между ними, а так же у вспомогательных магнитов. Вспомогательная группа постоянных магнитов создаёт дополнительную неоднородность магнитного поля. Общая энергия магнитного поля  $W=240,78$  Дж.

Схема №5 (рис. 2д) составлена из двух групп постоянных магнитов: основной и вспомогательной. Основная группа: 4 магнита ЕАЖИ; материал – NdFeB; размеры 64x15x3 мм; физические характеристики  $B_r=1,1$  Тл,  $H_{cb}=850$  кА/М. Вспомогательная группа: 4 магнита ИЖКГ; материал – NdFeB; размеры d14,5x5 мм; физические характеристики  $B_r=0,95$  Тл,  $H_{cb}=750$  кА/М. Схема поля представляет собой двухмерный план размещения постоянных магнитов с нанесенными на него магнитными силовыми линиями, векторами направления магнитной индукции и разметкой напряженности поля. Данное поле индуцируют восемь постоянных магнитов – четыре сильных магнитов в форме пластины составляют основную группу, четыре сильных цилиндрических магнита составляют вспомогательную группу. Поле наиболее напряжено в области схождения основной группы, область высокой напряженности имеет форму кольца. Вспомогательная группа постоянных

## НАДЕЖНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

магнитов создаёт дополнительную неоднородность магнитного поля. Общая энергия магнитного поля  $W=491,14$  Дж.

Схема №6 (рис.2е) составлена из двух групп постоянных магнитов: основной и вспомогательной. Основная группа: 4 магнита ЕАЖИ; материал – NdFeB; размеры 64x15x3 мм; физические характеристики  $B_r=1,1$  Тл,  $H_{cb}=850$  кА/М. Вспомогательная группа: 4 магнита ИЖКГ; материал – феррит стронция; размеры 20x4 мм, физические характеристики  $B_r=0,3$  Тл,  $H_{cb}=185$  кА/М. Схема поля представляет собой двухмерный план размещения постоянных магнитов с нанесенными на него магнитными силовыми линиями, векторами направления магнитной индукции и разметкой напряженности поля. Данное поле индуцируют восемь постоянных магнитов – четыре сильных магнита в форме пластины составляют основную группу, четыре слабых цилиндрических магнита составляют вспомогательную группу. Вспомогательная группа постоянных магнитов создаёт дополнительную неоднородность магнитного поля. Общая энергия магнитного поля  $W=550,47$  Дж.

От расположения постоянных магнитов в рабочей области магнитной галтовки зависит сила резания и траектория движения игл в рабочем контейнере. В установке необходимо использовать постоянные магниты с высокой коэрцитивной силой и располагать их таким образом, чтобы разноименные полюса были направлены друг против друга и достигалась высокая общая неоднородность магнитного поля.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Полетаев В.А., Чернов Л.К. Патент на полезную модель РФ №111795. Устройство для магнитно-абразивной галтовки. Оpubл. в Б.И. №36, 27.12.2011.
2. Полетаев В.А., Чернов Л.К. Патент № 115279 на полезную модель Устройство для магнитно-абразивной галтовки. Оpubл. Б.И. №12 27.04.2012.
3. Полетаев В.А., Чернов Л.К. Патент № 134841 на полезную модель. Устройство для магнитной галтовки. Оpubл. 27.11.2013.

## АНАЛИЗ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК В ЭЛЕМЕНТАХ БАЗОВЫХ ШАССИ ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

**А.В. Широухов**

*(ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы МЧС России»)*

При эксплуатации пожарно-спасательной техники (ПСА) до 30% отказов элементов базового шасси (БШ) возникает из-за разрушения деталей, которые являются следствием воздействия динамических нагрузок превышающих значения нормальных рабочих режимов. Особенно это характерно для тех образцов, которые эксплуатируются в условиях повышенных скоростей передвижения и на территориях с низким качеством дорожного полотна. Задача обеспечения высокой надежности может быть решена путем применения конструкционных материалов повышенной прочности или путем применения новых конструкторских решений и подходов к конструированию. И тот и другой способ требует определения действующих нагрузок на элементы, как БШ так и смонтированного оборудования. Определение данного параметра осложняется тем, что элементы БШ ПСА и смонтированного на нем оборудования представляют сложную динамическую систему. Рассматриваемые динамические системы работают в весьма разнообразных режимах, как при случайных, так и детерминистических возмущающих функциях.



Основными составляющими динамических нагрузок являются ускорения и массы, если последние легко прогнозируемы, то определение действующих значений ускорений является сложной задачей. Трудности в определении действующих значений ускорений заключается в вариации данных значений в зависимости от возмущающих факторов обусловленных параметрами движения (скорость движений и качество дорожного покрытия).

С точки зрения практического применения интерес представляют абсолютные значения действующих ускорений и их характеристики.

При условии, что действие возмущающей функции дорожного полотна является стационарным случайным процессом, значения возникающих ускорений можно описать интегральным и дифференциальным законами распределения. Имеющаяся методика позволяет определить действующие значения динамических нагрузок.

Исследования показывают, что возмущающие функции дорог, при эксплуатационных скоростях движения ПСА (до 60...80 км/ч) возбуждают в их динамических системах колебательные процессы с частотами, как правило, не более 100...150 1/с. Составляющие дорожных возмущений с большими частотами, как правило, отфильтровываются. Анализ спектральных плотностей ускорений показывает, что в указанном диапазоне частот наибольшую интенсивность имеют составляющие, частоты которых лежат в области низкочастотного резонанса поддресоренных масс ПСА ( $V=5...15$  1/с). При этом максимумы спектральных плотностей вертикальных ускорений элементов АБШ ПСА АЦ-5-40 (шасси КамАЗ 43114) могут достигать  $40 \text{ м}^2/\text{с}^3$  и более.

В области высокочастотного резонанса ( $V=30...50$  1/с) поддресоренных масс спектральные плотности также имеют максимумы, но, как правило, значительно меньшие, чем в области низкочастотного резонанса.

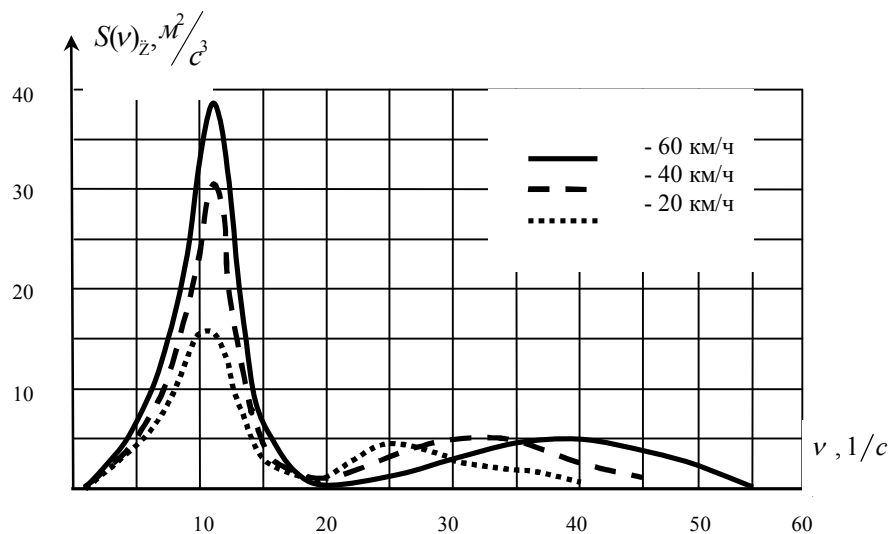


Рис. 1. Спектральные плотности ускорений элементов АБШ ПСА АЦ-5-40 (шасси КамАЗ 43114)

При увеличении скоростей движения максимумы спектральных плотностей ускорений обычно возрастают, а в диапазоне высокочастотного резонанса также смещаются в область более высоких частот, что связано с увеличением частот дорожных возмущений, которые изменяются пропорционально скорости движения ПСА.

Таким образом, полученные методики и результаты исследований целесообразно использовать в расчетах на прочность при проектировании современных образцов ПСА.

**ПРОБЛЕМЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ СИНТЕЗА ВИБРОЗАЩИТНЫХ СИСТЕМ  
ЭЛЕМЕНТОВ БАЗОВЫХ ШАССИ ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ**

**А.В. Широухов**

*(ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы МЧС России»)*

При эксплуатации пожарно-спасательной техники (ПСА) до 30% отказов элементов базового шасси (БШ) возникает из-за разрушения деталей, которые являются следствием воздействия динамических нагрузок превышающих значения нормальных рабочих режимов. Одним из способов снижения данного вида потерь является метод применения виброзащитных систем (ВС), предотвращающих воздействие динамических нагрузок как в нормальных режимах работы, так в экстремальных таких как «пробой» подвески или отрыв колес от грунта. Синтез данных систем осложняется тем, что элементы базового шасси ПСА и смонтированного на нем оборудования представляют сложную динамическую систему.

Рассматриваемые динамические системы работают в весьма разнообразных режимах, как при случайных, так и детерминистических возмущающих функциях. Поэтому задача оптимизации должна решаться соответственно в статистической и детерминистической постановках. При этом основными целями оптимизации в зависимости от режима эксплуатации ПСА могут быть: минимизация динамических нагрузок, действующих на узлы и агрегаты БШ, элементы смонтированного оборудования и приборы при их эксплуатации на ПСА; максимизация допустимых и средних технических скоростей движения ПСА по дорогам; максимизация продолжительности (времени, дальности транспортировки) эксплуатации смонтированного оборудования и приборов на ПСА, а так же самих узлов и агрегатов БШ.

Решение рассматриваемых задач оптимизации может производиться, как правило, только в программных средах. Исключительно могут составить задачи синтеза вторичных ВС приборов, движение которых при принятии ряда допущений по одной из координат может быть описано одним дифференциальным уравнением второго порядка, а число оптимизируемых параметров может быть снижено до двух. При этом задача может иметь аналитическое решение.

Таким образом, задачи синтеза виброзащитных систем (ВС) заключается в определении жесткостных ( $c_i$ ) и демпфирующих ( $K_i$ ) характеристик упругих элементов, входящих в состав динамической системы.

При этом поиск оптимальных решений может проводиться в области линейных и нелинейных характеристик. В первом случае параметры  $c_i$  и  $K_i$  рассматриваются как постоянные величины, не зависящие от времени и от обобщенных координат системы (т. е.  $c_i = const$ ,  $K_i = const$ ), а во втором – решается задача оптимизации функций:

$$c_i = f(f_i) \quad \text{и} \quad K_i = f(\dot{f}_i) ,$$

где  $f_i$  и  $\dot{f}_i$  – деформация  $i$ -ой упругой связи и ее первая производная.

Линейная постановка задачи целесообразна в том случае, если в составе ВС используются элементы с линейными (или близкими к линейным) характеристиками (рессоры, пружины, гидравлические амортизаторы и др.). При применении нелинейных упругих и демпфирующих устройств должны оптимизироваться функции  $c_i$  и  $K_i$ .

При оптимизации в нелинейной области упругие  $F(f)_{c_i}$  и неупругие силы  $F(\dot{f})_{k_i}$  действующие в оптимизируемых связях, могут задаваться в виде гладких непрерывных функций или в виде кусочно-линейных функций. В первом случае задача сводится к определению оптимальных значений постоянных параметров, входящих в аппроксимирующие зависимости, число которых, как правило, сравнительно невелико, что приводит к уменьшению размерности пространства оптимизируемых параметров. Однако при этом сужается общность постановки задачи т.к. область оптимальных решений

ограничивается классом выбранных аппроксимирующих функций. Во втором случае допустимые области  $E_u$  и  $E_u'$  разбиваются на  $\mu_E$  полигонов, в пределах которых величины параметров  $C_{\mu i}$  и  $K_{\mu i}$  полагаются постоянными и варьируются в процессе оптимизации независимо друг от друга. При сравнительно небольшом числе оптимизируемых упругих связей этот метод может успешно использоваться в практических приложениях.

Следует подчеркнуть, что оптимальное решение рассматриваемых задач зависит от характеристик возмущающих функций. Тогда, очевидно, в общем случае каждому режиму эксплуатации ПСА будет соответствовать вполне определенные свойственные только данному режиму оптимальные характеристики ВС. Поэтому оптимальными в полном смысле могут быть только регулируемые пассивные подвески, которые способны изменять свои параметры в соответствии с режимом эксплуатации ПСА, поддерживая их оптимальные значения. При такой постановке задачи в состав ВС элементов базового шасси и смонтированного оборудования должны входить регулируемые упругие и демпфирующие элементы, параметры которых могут изменяться автоматически, по команде оператора (человека) или комбинированным способом в зависимости от вида эксплуатационного режима.

При невозможности применения на ПСА по экономическим или конструктивным соображениям пассивных регулируемых ВС задача оптимизации может быть сформулирована иным образом. В этом случае необходимо найти такие характеристики ВС, не изменяемые в процессе эксплуатации, которые наилучшим образом в среднем обеспечивали бы выполнение целей оптимизации (максимизацию средних технических скоростей движения, продолжительности эксплуатации) с учетом работы ПСА при различных режимах возмущений. Задачи, сформулированные таким образом, имеют большое практическое значение, т.к. позволяют определить оптимальные характеристики нерегулируемых ВС, которые в настоящее время имеют весьма широкое распространение.

Сформулированные цели оптимизации могут быть реализованы за счет синтеза как первичных, так и вторичных ВС элементов ПСА. В результате оптимизации характеристик первичных ВС (подвесок базовых шасси) могут быть определены требования к параметрам плавности хода шасси, предназначенных для монтажа специального оборудования ПСА.

РАЗДЕЛ 2  
СМАЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ПРОЦЕССЫ

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРИСАДОК ХОЛЕСТЕРИЧЕСКИХ ЖИДКИХ КРИСТАЛЛОВ С УГЛЕРОДНЫМИ НАНОТРУБКАМИ НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**Е.В. Берёзина, П.В. Минейчев, Д.С. Фомичев\***  
(ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»,  
\* ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный университет»)

Современная техника не только нуждается в увеличении срока службы, но и в повышении интенсивности ее работы, на которую влияют такие факторы как неустановившийся режим работы, реверс, вибрации, возможность попадания абразивных частиц в зону контакта трущихся поверхностей, разнообразие внешних условий эксплуатации, вызванное как переменными нагрузками, так и изменениями в окружающей среде. Применительно к пожарной технике эта проблема наиболее актуальна, поскольку двигатели пожарных и аварийно-спасательных автомобилей кроме транспортного режима эксплуатируются еще и в стационарном режиме в качестве привода на исполнительный агрегат, кроме того, они работают и без нагрузки в режиме прогрева и при смене караула во время проведения ежедневного технического осмотра. Все это приводит к преждевременной постановке автомобилей на техническое обслуживание или ремонт.

Основной задачей трибологии является решение представленных проблем путем использования смазочных материалов, защищающих механизмы от износа и коррозии, а также снижающих потери на трение, обладающих моющими свойствами и т.д. [1]. В агрегатах трансмиссий смазочное масло является неотъемлемым элементом конструкции.

В отдельных случаях, в зависимости от условий и продолжительности эксплуатации, свойств обычных масел не достаточно. Для увеличения эффективности, в масла добавляют специальные присадки: депрессорные, противозадирные, противоизносные, антиокислительные, антикоррозионные, антипенные и др.

Однако, создание присадок, улучшающих одновременно противоизносные и противозадирные, и не снижающие другие характеристики масел, является весьма сложной задачей.

Основной задачей данного исследования является оценка влияния присадки холестерических жидких кристаллов с углеродными нанотрубками на физико-химические характеристики индустриального масла И-20А.

Масло И-20А является смазочным материалом общего назначения, что позволяет его использовать в самых разнообразных устройствах и механизмах – для снижения силы трения в передаточных узлах агрегатов, в гидравлических системах, и в других случаях, благодаря его универсальным характеристикам.

Масло И-20А изготовлено на основе минеральных остаточных масел из малосернистой нефти при помощи селективной очистки, оно не содержит присадок. Нижняя температурная граница использования И-20А составляет – 15 °С, что позволяет его использовать в зимнее время в слабоотапливаемых помещениях [2].

В качестве присадок к индустриальному маслу использовали холестерические жидкие кристаллы (ХЖК), которые образуются производными (эфирами) холестерина, хотя возможно их образование веществами, не относящимися к ним [3].

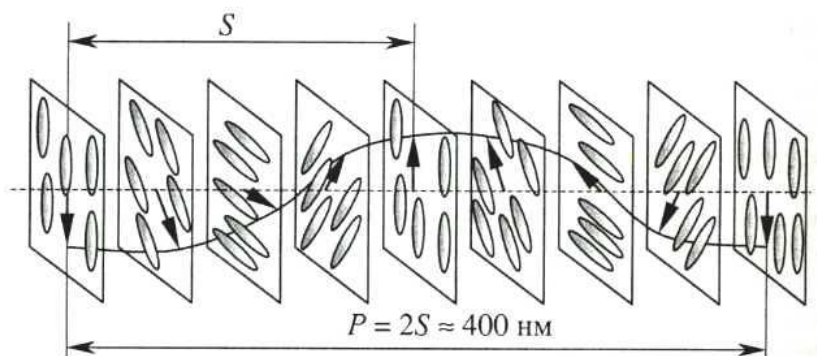


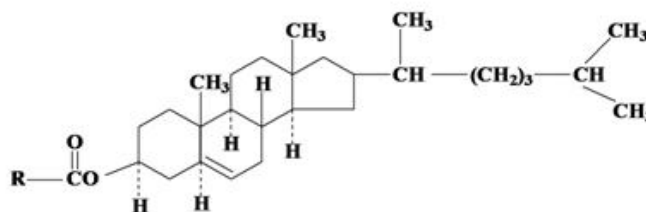
Рис. 1. Схема структуры холестерического жидкого кристалла [3]

В ходе испытаний, в качестве присадок к маслу, помимо ХЖК, были использованы углеродные нанотрубки (УНТ).

Углеродные нанотрубки – протяжённые структуры, состоящие из свёрнутых гексагональных сеток с атомами углерода в узлах [4]. Углеродные нанотрубки представляют собой большие молекулы, которые состоят лишь из атомов углерода, которые упакованы по типу графита.

В настоящем исследовании было рассмотрено влияние присадок УНТ с жидкими кристаллами на трибологические свойства минерального промышленного масла, т.к. как известно, что жидкие кристаллы являются превосходными «хозяевами» для углеродных нанотрубок. Имея молекулярную структуру схожую с УНТ, ЖК могут включать УНТ в собственную структуру. В частности, жидкокристаллический ориентационный порядок может быть наложен на УНТ, так что можно получить ансамбли из этих частиц [5].

В качестве ЖК-присадок использовались холестерилловые эфиры стеариновой кислоты (Х-7). Критериями достаточной чистоты вышеперечисленных соединений служили постоянство температуры просветления и соответствие значений температур фазовых переходов литературным данным. На рис. 2. представлены графические формулы используемых холестерилловых эфиров.



- X-7  $R = CH_3(CH_2)_{16}COO-$
- X-10  $R = CH_3CH_2COO-$
- X-16  $R = CH_3(CH_2)_7CH=CH(CH_2)_7COO-$
- X-20  $R = CH_3(CH_2)_{11}COO-$

Рис. 2. Графические формулы используемых ЖК-присадок

В качестве наноразмерных микродобавок были использованы многостенные УНТ. В качестве активного сенситизатора использовался углеродный материал «Таунит-М» (чистота > 98%, ООО «Нанотехцентр»), представляющий собой многостенные углеродные нанотрубки (с наружным диаметром 8 – 15 нм, внутренним 4 – 8 нм и удельной поверхностью 300 м<sup>2</sup>/г), полученные путем газового химического осаждения в процессе каталитического пиролиза углеводородов.

## НАДЕЖНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

Исследование трибологических свойств смазочных композиций проводилось на машине трения 2070 СМТ-1 [6], имеющей возможность проводить исследования при линейном контакте по схеме ролик-ролик, по площади ролик-колодка, вал-втулка и ролик-неподвижный шар. Нагружение в контакте образцов создаётся винтовым нагружающим устройством. В процессе испытания регистрируются частота вращения, момент трения, число циклов наработки. Износ образцов измеряется взвешиванием и микрометрированием [3].

В ходе триботехнических испытаний были получены износные показатели, такие, как площадь пятна износа шарика и ширина износа дорожки ролика. Трибологические испытания проводились с использованием в качестве присадки холестерилового эфира стеариновой кислоты – X-7, с различными концентрациями: 1 %, 2 %, 5 %, 10 % и 20 %. Испытания проводились при нагрузке 200 Н. Результаты представлены на рис. 3, 4.

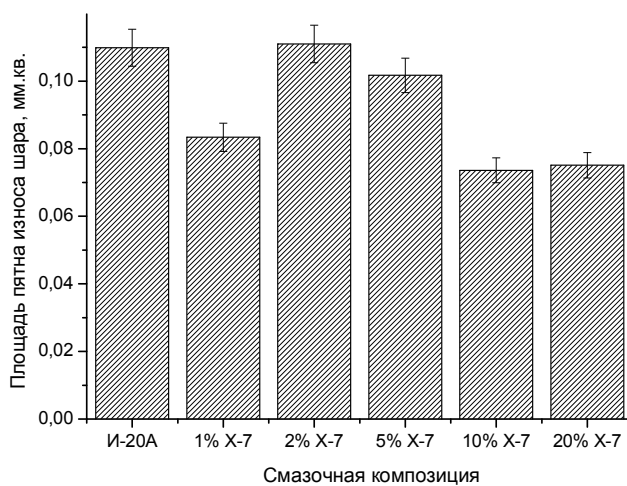


Рис. 3. Зависимость площади пятна износа шарика от концентрации X-7

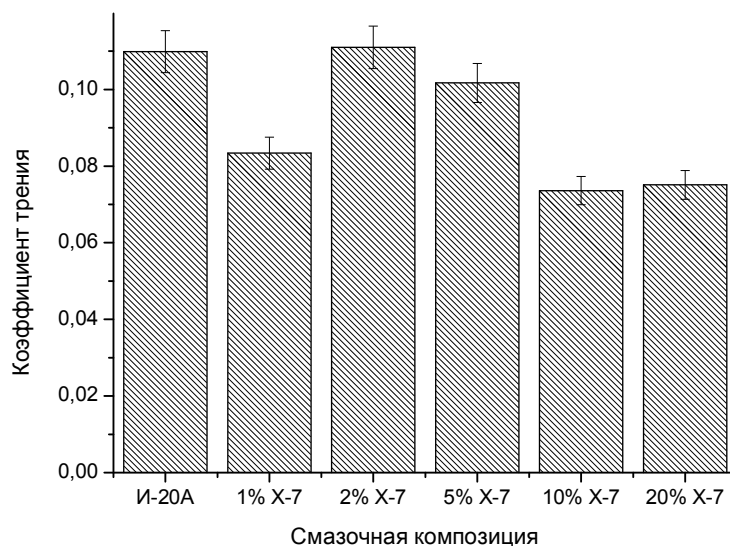


Рис. 4. Зависимость коэффициента трения от концентрации X-7

Анализ результатов триботехнических испытаний показал, что холестерические присадки X-7 с микродобавкой многостенных УНТ показали хорошие антифрикционные качества.

Было установлено, что введение присадки холестерилового эфира стеариновой кислоты – Х-7 в промышленное масло И-20А, с разными значениями концентраций, существенно способствует увеличению показателей износостойкости пар трения. Однако при этом наблюдалось некоторое повышение показателей коэффициента трения. Присадка Х-7 с концентрацией 20% проявила себя как хорошая загущающая присадка.

Возможность варьировать состав и весовое соотношение компонентов в опытных смазочных композициях, а также возможность смены режимов проведения триботехнических испытаний позволяют говорить о перспективности исследований в данной области.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бобров Д. О трении, графите и нанотехнологиях. // Наука и жизнь. 2008. Вып. № 4. – С. 97-100.
2. Сайт «Комплексные поставки смазочных масел». (<http://www.ural-kub.ru/industrialnoe/i-20a/>).
3. Ермаков С.Ф., Родненков В.Г., Белоенко Е.Д., Купчинов Б.И. Жидкие кристаллы в технике и медицине. Минск «Асар». 2002. – 407 с.
4. Сайт «Углеродные нанотрубки». (<http://nanotrubki.narod.ru/>).
5. Intech Journals. (<http://www.intechopen.com/books/carbon-nanotubes/liquid-crystal-dispersions-of-carbon-nanotubes-dielectric-electro-optical-and-structural-eculiariti>).
6. Сайт лабораторного оборудования компании Милаформ. (<http://www.labotech.ru/catalog/index.phtml?cat=10&id=546>).

#### **БАЗОВЫЕ ОБОСНОВАНИЯ ДЛЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ НАДМОЛЕКУЛЯРНОЙ СТРУКТУРЫ СМАЗОЧНЫХ СЛОЕВ ПРИ ТРЕНИИ**

**Е.В. Березина, В.А. Годлевский, А.Г. Железнов\*, К.Д. Ивонтьев**  
 (ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»,  
 \*ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный университет»)

Вопросы, связанные со структурой и свойствами смазочного материала (СМ) и механизмами, обеспечивающими их трибологическую эффективность, являются одними из важнейших вопросов трибологической науки. Сложность и многофакторность процессов, происходящих при трении различных типов поверхностей в присутствии смазки, препятствует разработке универсального теоретического обоснования действия СМ в зоне трения. Очевидна необходимость работ в области теории трения со смазкой по созданию различных моделей смазочного действия, которые годились бы для описания процессов трения на нано- и мезоскопическом структурных уровнях [1].

Из приведённых в [2] рассуждений следует, что изменение условий трения ведёт к изменению структурного состояния СМ, однако одна лишь гидродинамика не позволяет судить о пространственной структуре смазочного слоя (СС). В работе [3] отмечается, что смазочное действие слоёв адсорбционного происхождения определяется, прежде всего, уровнем ориентации молекул смазочной среды относительно поверхностей трения. Таким образом, следует заключить, что и поверхность, и сдвиговое течение играют определяющую роль в возникновении структурной упорядоченности СС в различных режимах смазки [4].

С тем, чтобы выявить, каким образом молекулярные ориентационные эффекты влияют на реологические и трибологические свойства СС, были предложены устройства, использующие взаимодействие поляризованного света со смазочным веществом, в котором происходит сдвиг. Известны попытки получения изображений мезогенного СМ *in situ* в

поляризованном свете при поступательном движении одной поверхности трения относительно другой [1] или при движении по замкнутой траектории [5]. В.А. Левченко разработал «поляризационный трибометр», который позволял измерять коэффициент трения, идентифицировать жидкокристаллическую текстуру граничных слоёв СМ при различных нагрузках. Исследования П. Освальда и П. Пирански описывали поведение жидкого кристалла нематического типа при непрерывном сдвиге, для чего определяли вязкий вращающий момент, влияющий на директор [6]. Данные методики не обеспечивали установившегося движения и контроля величины рабочего зазора.

Традиционно для исследования частично упорядоченных сред применяется поляризованный свет, анализ которого даёт информацию о пространственной упаковке молекул в анизотропном образце. В настоящей работе была сделана попытка развить идеологию поляризационных исследований анизотропных сред для целей описания структурного состояния слоёв смазочного материала непосредственно в процессе трения.

Главная цель работы по созданию методической основы исследования структуры смазочных слоев непосредственно в контактной зоне при трении состоит в необходимости теоретического и экспериментального обоснования нового метода исследования надмолекулярной структуры смазочных слоёв, содержащих анизометричные трибоактивные компоненты, способные к формированию как граничных, так и объёмных структурно-упорядоченных фаз, наличие которых влияет на смазочный эффект. В предположении, что степень упорядоченности СС определяет их трибологическую эффективность, актуальной представляется задача получения количественного критерия анизотропии слоя.

Можно считать, что параметр анизотропии СС пропорционален интенсивности пропускания поляризованного света, которая, в свою очередь, зависит от среднего слоевого напряжения деформации. Для вращательной пары трения диск—диск, в которой диски контактируют их торцевыми поверхностями, величина сдвигового напряжения пропорциональна крутящему моменту, который измеряется «поляризационным трибометром» [7]. Полезно было бы рассмотреть параметр анизотропии как некоторую интегральную величину, пропорциональную усреднённому параметру ориентации отдельных молекул в состоянии покоя и вращательной составляющей анизотропии, зависящей от угловой скорости и радиуса, на котором регистрируется оптический сигнал.

Хотя мезогенный материал в исходном состоянии будет иметь некоторый начальный (статический) уровень анизотропии, для простоты будем считать анизотропию системы в состоянии покоя равной нулю. Анизотропию, вызванную сдвигом, предположим зависящей от компонентов скоростей (параллельной и перпендикулярной) и определяющей наличие двулучепреломления, возникающего при прохождении плоскополяризованного луча через анизотропную среду.

Рассмотрим движение слоя СМ между двумя плоскопараллельными пластинами в поляризационном трибометре с заданным зазором [7]. Пусть нижняя пластина закреплена жёстко, а верхняя вращается с постоянной угловой скоростью  $\omega$ . Положим, что поверхности трения идеально гладкие. Будем рассматривать установившийся режим гидродинамического трения. В данном случае возможно возникновение явления Максвелла, т. е. ориентация оптически анизотропных молекул в механическом поле [8, 9].

Такая ориентация обязательно должна влиять на эффективную вязкость СМ. Для проявления данного эффекта необходимо, чтобы форма молекул СМ была геометрически анизотропной, т. е. отличалась бы от сферической и, чем более вытянутой является форма молекул, тем выше этот эффект. При выполнении данных условий в потоке СМ возникает градиент скорости движения различных его слоёв, при этом ориентирующим полем является градиент скорости потока. Молекулы ориентируются под действием силы трения. Это явление называют динамическим двулучепреломлением.



При возникновении градиента скорости движения потока СМ, жидкость становится оптически анизотропной. Она уподобляется двухосному кристаллу с тремя разными показателями преломления. Если через поток СМ пропустить поляризованный луч света в направлении, перпендикулярном плоскости вращения, то он разбивается на два луча с электрическими векторами, распространяющимися с различными скоростями. Благодаря этому, между двумя лучами возникает разность фаз, и из потока жидкости выходит эллиптически поляризованный луч. Будем считать, что параметр анизотропии равен интенсивности светопропускания, которая, в свою очередь, зависит от напряжения деформации, а значит — от скорости относительного перемещения поверхностей трения.

По результатам проведенного нами математического моделирования и проведенных экспериментов можно заключить, что в качестве параметра анизотропии СС, а значит и трибологической эффективности, СМ можно принять интенсивность светового потока плоскополяризованного излучения, прошедшего сквозь слой СМ в процессе трения [10].

Показано, что рассматриваемый параметр существенным образом зависит от скорости взаимного перемещения поверхностей трения и объёмной вязкости СМ. Это означает, что предлагаемый метод оптической оценки эффективен для исследования как ньютоновских, так и неньютоновских смазочных составов, так как изменение вязкости неньютоновских смазок в изотермических условиях обусловлено структурными изменениями, происходящими в СС под действием сдвиговой деформации.

Работа поддержана грантом Минобрнауки РФ в рамках Госзадания в сфере научной деятельности (Проект № 9.700.2014/К).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Современная трибология: Итоги и перспективы / Отв. ред. К.В. Фролов. Изд. стереотип. – М.: Издательство ЛКИ. – 2014.
2. Кравчик К. Трибологическая идентификация самоорганизации при трении со смазкой: Дис ... докт. техн. наук. – Ростов-на-Дону. – 2000.
3. Буяновский И. А. и др. Ориентационная упорядоченность граничных слоёв и смазочная способность масел // Трение и износ. – 2008 (29), № 4, С. 375–381.
4. Алисин В. В. и др. Исследование коллоидных смазочных материалов с твердыми наночастицами алюмосиликатов для снижения износа стальных пар трения // Трение и износ. – 2013 (34), № 6, С. 603–609.
5. Oswald P., Pieranski P. Nematic and Cholesteric Liquid Crystals: Concepts and Physical Properties Illustrated by Experiments. – London: Taylor and Francis Group. – 2005.
6. Годлевский В.А., Корсаков М.Н., Сандлер В.А., Березина Е.В. Поляризационный трибометр // Тез. докл. Межд. научн.-техн. конф. “Полимерные композиты и трибология” – ПОЛИКОМТРИБ-2011. Гомель. Беларусь. 27-30 июня 2011 г. Электр. Ресурс.
7. Годлевский В.А., Березина Е.В., Железнов А.С. Фомичев Д.С. // Тр. Межд. симпозиума по транспортной триботехнике “Транстрибо-2013”. С.-Пб, 10–11 октября 2013 г. – 2013. – С. 286–289.
8. Вукс М.Ф. Электрические и оптические свойства молекул и конденсированных сред: Учеб. пособие. – Л.: Изд-во Ленингр. ун-та. – 1984.
9. Березина Е. В. и др. Аналитическое описание структурированного смазочного слоя // Жидкие кристаллы и их практическое использование. — 2014 (14), №1. – С. 74–79.
10. Берёзина Е.В., Годлевский В.А., Железнов А.Г. Исследование надмолекулярной структуры смазочного слоя *in situ* // Трение и износ. 2015. Т. 36. № 3. – С. 244–251.

## ОСНОВНЫЕ ОГРАНИЧЕНИЯ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ МОЛЕКУЛЯРНОЙ ДИНАМИКИ ПРИ ОПИСАНИИ СМАЗОЧНЫМ СЛОЕВ

**Е.В. Березина, О.В. Блинов\*, В.А. Годлевский, С.А. Стулов\*\***  
(ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»,  
\*ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный политехнический университет»,  
\*\*ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный университет»)

Применение методов компьютерного молекулярного моделирования для построения динамических моделей граничного смазочного слоя находится в начальной стадии [1, 2], поэтому настала необходимость на этом этапе обсудить возможности и ограничения данной модельной идеологии. Как было показано в работе [1], программный комплекс для описания трибосистемы со слоем смазочного материала (СМ) удобно построить, используя готовый программный продукт, предназначенные для моделирования молекул. Наиболее известен в этом отношении пакет NupurChem – комплексный программный продукт, предназначенный исследовать процессы, протекающие на молекулярном и атомном уровнях.

Он включает в себя программы, реализующие методы классической молекулярной механики и квантовой теории. NupurChem позволяет рассчитать энергии для различных частей молекулярной модели, определять физические характеристики соединения молекул в различных конформациях. Опыт наших расчетов [2] показал, что время обработки одного «кадра» процесса, в течение которого происходит оптимизация молекулярной группировки, представляющей смазочный материал, зависит от производительности компьютера, и для выбранного числа итераций может занять несколько часов. Для больших молекулярных моделей времена счета может достигать несколько суток или даже недель [3]. «Прямым» способом увеличения скорости расчета было бы повышение тактовой частоты процессора. В случае однопоточного расчета следует предпринимать специальные меры для того, чтобы время обработки модели было приемлемым. Наиболее эффективными из этих подходов, по нашему опыту, были следующие:

1) При построении моделей твердых поверхностей нужно строить их не более, чем из двух слоев. При этом структуру виртуальной поверхности выстраивать «принудительно», располагая атомы и молекулы согласно предположительной структурной схеме. Для металлов это может быть стандартная кристаллическая решетка данного вида атомов.

2) Молекулярная масса СМ, особенно для органических компонентов, должна быть существенно ограничена. На данном этапе пределом могут быть размеры типичных коллоидных ПАВ. Необходимость учета конформации молекулярных цепей требует резкого повышения вычислительного ресурса

3) Размер обрабатываемого молекулярного кластера из условий скорости счета не может быть более нескольких сотен частиц, но снижение их числа снижает достоверность информации о процессе надмолекулярной самоорганизации. Разумеется, расчет взаимодействия каждой частицы кластера со всеми другими частицами займет слишком много времени, поэтому расчет взаимодействий нужно ограничивать некоторым эффективным радиусом.

4) Расчет молекулярного «директора» для анизометричных частиц может отбирать значительную долю вычислительного ресурса, в особенности, если в расчетный цикл включена процедура определения трех пространственных углов каждой частицы. Поэтому следует, задавшись одним конформационным вариантом молекулы, «жестко привязать» позицию «директора» к частице.

Перечисленные меры позволили свести время расчета модели на типичном ПК к приемлемой величине. Для ограничивающих факторов в свете перспективных задач молекулярного моделирования трибосистем можно было бы предложить следующую схему (табл. 1).

**Таблица 1. Ограничительные факторы в свете перспективных задач молекулярного моделирования трибосистем со смазочным слоем**

№	Класс задач	Ограничивающие факторы для построения моделей молекулярной динамики
1	Моделирование твердых поверхностей	1. Степень совершенства кристаллической решетки (моделирование дефектов структуры поверхностей), «глубина» модели твердой поверхности.
		2. Моделирование неметаллических поверхностей (полимер, эластомер, текстильное волокно, композит и т. д.).
		3. Моделирование молекулярной шероховатости поверхностей.
2	Моделирование смазочного слоя	1. Размеры молекулы трибоактивного компонента СМ.
		2. Количество частиц в модельном кластере СМ (Объем моделируемого рабочего пространства), обеспечивающий заданную толщину граничного смазочного слоя.
		3. Учет молекулярных конформаций частиц СМ.
		4. Наличие растворителя, концентрация в нем трибоактивного компонента, роль растворителя как конкурирующей смазочной субстанции.
3	Программное обеспечение, расчетные алгоритмы	1. Выбор метода оптимизации и его программная реализация. Возможности «параллелизации» вычислений.
		2. Введение эффективных радиусов взаимодействия в кластере СМ.
		3. Величина шага дискретизации сдвигового процесса.
		4. Учет контактной температуры.
		5. Учет скорости процесса.
		6. Выбор расчетного параметра для количественной оценки упорядоченности системы.
4	Приборные параметры применяемой компьютерной техники	1. Одно- или многопроцессорные компьютеры.
		2. Тактовая частота процессора.

В трибологии, как нам представляется, существуют предпосылки для возникновения новых сложных задач молекулярной динамики, (например, изучение роли малых концентрации присадок в относительно большом объеме смазочного материала), что требует увеличения моделируемого кластера до нескольких тысяч частиц [4]. Пока это находится за пределами доступного нам вычислительного ресурса. Поскольку HyperChem является однопоточным приложением, этот пакет не может воспользоваться всеми ресурсами многоядерной технологии современных процессоров и программных средств, использующих параллельные вычисления. Надеемся, что такие подходы будут реализованы в ближайшем будущем.

Работа поддержана грантом Минобразования РФ в рамках Госзадания в сфере научной деятельности (Проект № 9.700.2014/К).

ЛИТЕРАТУРА

1. Березина Е.В., Годлевский В.А., Кузнецов С.А. Молекулярное моделирование строения смазочного слоя // Трение и смазка в машинах и механизмах. 2009. № 2. – С. 4–12.
2. Godlevskiy V.A., Kuznetsov S.A., Berezina E.V., Bogomolov M.V. A Software Complex for Molecular Simulation of Boundary Lubrication Layers // Journal of Friction and Wear, 2012, Vol. 33, No. 1, pp. 5–10.
3. Годлевский В.А., Манашов А.Г. Компьютерная модель граничного смазочного слоя в капиллярной системе // Тез. докл. междунар. научно-техн. конференции. «Состояние и перспективы развития электротехнологии» («Бенардосовские чтения»). Иваново, 2003. Т. II. С. 120. Иваново, 2003. Т. II. – С. 120.
4. Блинов О.В., Годлевский В.А., Фомичев Д.С. Труды X Всеросс. науч.-техн. конф. с участием иностр. спец. «Трибология – машиностроению». Москва, 19–21 ноября 2014 г. ИМАШ РАН. – С. 49–50.

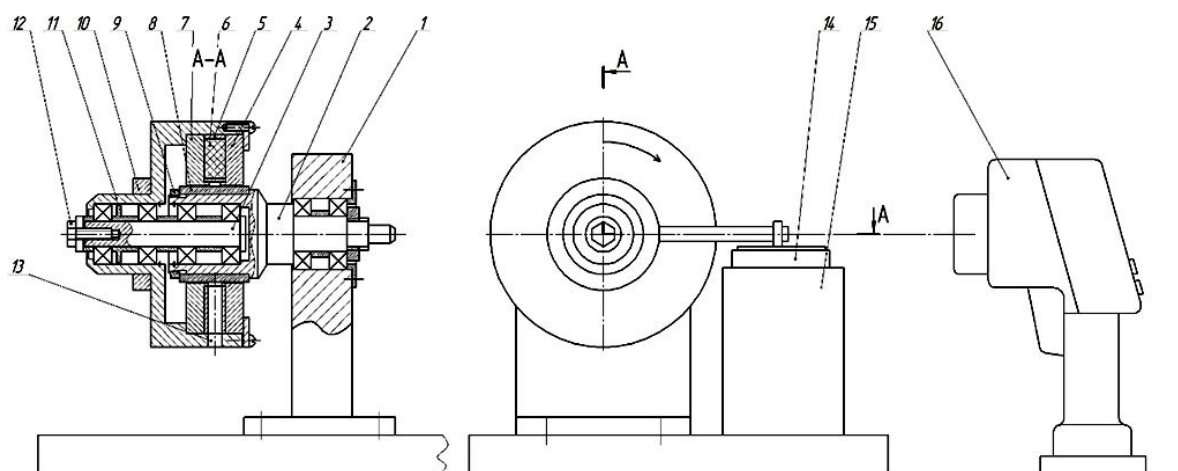
**ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ИЗМЕНЕНИЕ МОМЕНТОВ ТРЕНИЯ  
В МАГНИТОЖИДКОСТНЫХ УСТРОЙСТВАХ**

**А.М. Власов, В.А. Полетаев**

*(ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»)*

Момент трения является одним из важнейших параметров магнитожидкостных герметизаторов, который влияет на величины передаваемых моментов и мощности. На момент трения магнитожидкостного устройства влияет вязкость используемой магнитной жидкости, напряженность магнитного поля, градиент скорости сдвига в рабочем зазоре устройства, величина рабочего зазора, включающая величины шероховатости поверхностей полюсов и втулки, контактирующих с магнитной жидкостью.

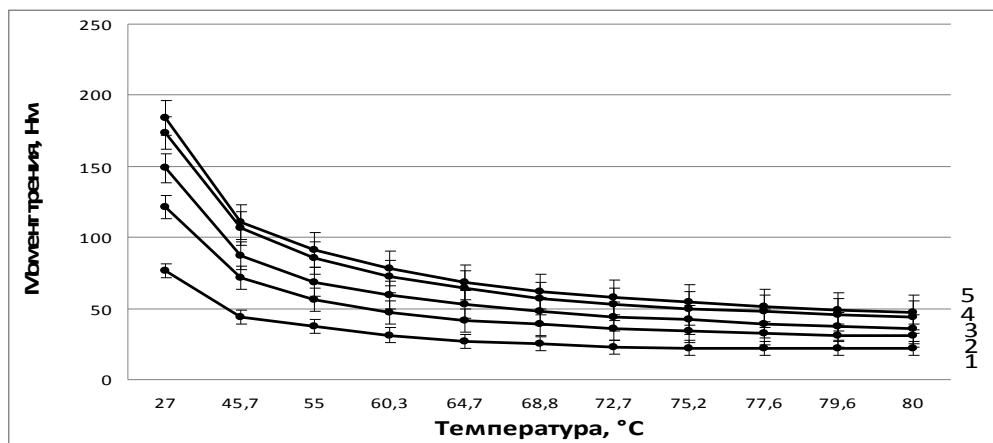
Для исследования влияния температуры на изменение моментов трения в рабочем зазоре магнитно-жидкостных уплотнений была спроектирована и изготовлена установка, показанная на рис.1



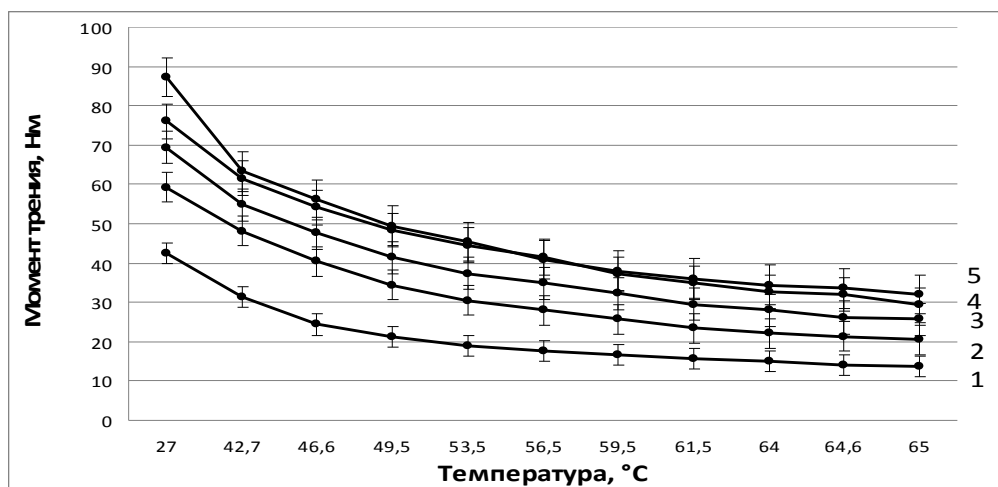
**Рис. 1.** Схема экспериментальной установки: 1 – стойка; 2 – подвижный вал; 3 – неподвижный вал; 4 – съемный полюс; 5 – диск (обойма); 6 – магнит; 7 – съемный полюс; 8 – сменная втулка; 9 – гайка; 10 – хомут; 11 – корпус; 12 – болт; 13 – отверстие для измерения температуры; 14 – весы; 15 – стойка; 16 – тепловизор

Магнитная жидкость размещается с равномерном рабочем зазоре с однородным магнитным полем между сменными полюсами 4 и сменной втулкой 9. Источником магнитного поля являются цилиндрические постоянные магниты 6, равномерно размещенные по окружности между полюсными приставками. Вал приводится в движение электродвигателем с регулируемой скоростью вращения. Момент трения, создаваемый магнитной жидкостью и опорными подшипниками, передается на магнитную систему устройства и измеряется электронными весами 14. Сменные втулки вала 9 выполнены из стали 3. Измерение шероховатости наружной поверхности сменных втулок производилось на приборе профилометре-профилографе АБРИСПМ7. Температура на поверхности сменной втулки 8 измеряется через отверстие 13 при помощи тепловизора 16. В данной работе для проведения исследований использовался тепловизор Testo 882. Это модель с размером матрицы 320x240 пикселей и температурной чувствительностью < 50 мК.

На рис. 2-3 показаны зависимости моментов трения от температуры в рабочем зазоре, образованном сменными втулками из стали 40X13 и, соответственно, величинами шероховатости  $Ra=8,028$  мкм и  $Ra=0,362$  мкм и сменным полюсом (сталь 3;  $Ra=9,477$  мкм) и заполненным магнитной жидкостью типа МКУ 100-40, с разными частотами вращения втулки: 1 – 556 об/мин.; 2 – 1146 об/мин.; 3 – 1793 об/мин.; 4 – 2331 об/мин.; 5 – 2897 об/мин.



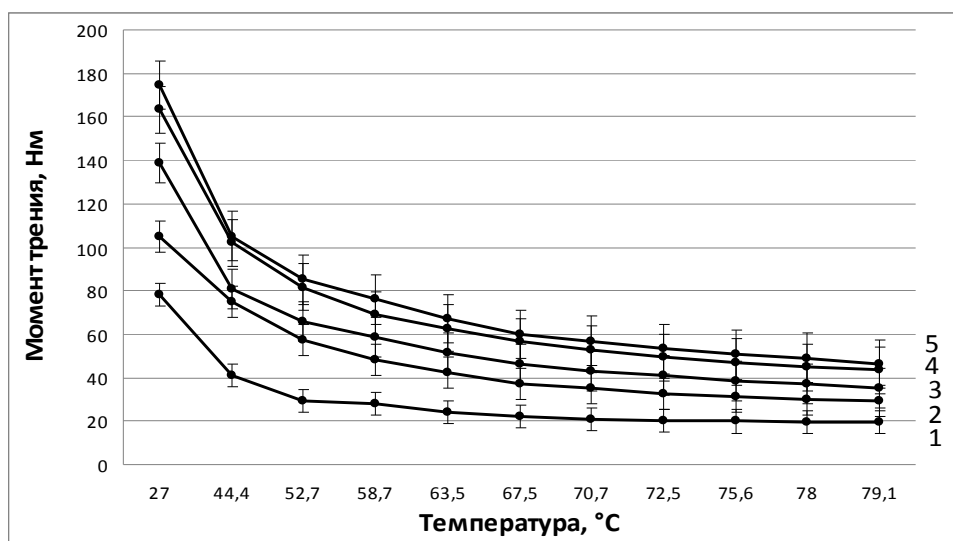
**Рис. 2.** Зависимость момента трения от температуры в рабочем зазоре, образованном сменной втулкой (сталь 40X13,  $Ra=8,028$  мкм) и сменным полюсом (сталь 3;  $Ra=9,477$  мкм) и заполненным магнитной жидкостью типа МКУ 100-40, с разными частотами вращения втулки: 1 – 556 об/мин.; 2 – 1146 об/мин.; 3 – 1793 об/мин.; 4 – 2331 об/мин.; 5 – 2897 об/мин.



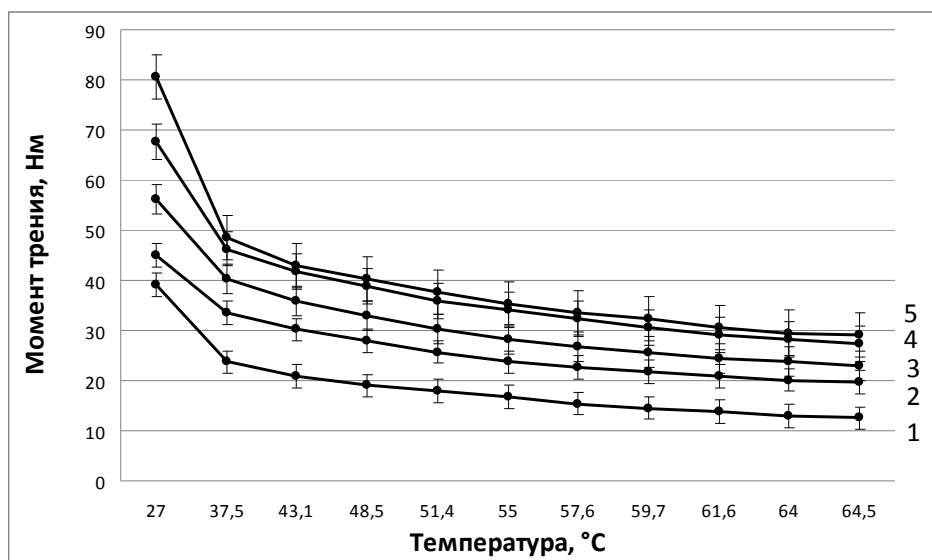
**Рис. 3.** Зависимость момента трения от температуры в рабочем зазоре, образованном сменной втулкой (сталь 40X13,  $Ra=0,362$  мкм) и сменным полюсом (сталь 3;  $Ra=9,477$  мкм) и заполненным магнитной жидкостью типа МКУ 100-40, с разными частотами вращения втулки: 1 – 556 об/мин.; 2 – 1146 об/мин.; 3 – 1793 об/мин.; 4 – 2331 об/мин.; 5 – 2897 об/мин.

## НАДЕЖНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

На рис. 4-5 представлена зависимости моментов трения от температуры в рабочем зазоре, образованным сменными втулками из стали 3 и, соответственно, величинами шероховатости  $Ra=7.210$  мкм и  $Ra=0.354$  мкм и сменным полюсом (сталь 3;  $Ra=9,477$  мкм) и заполненным магнитной.



**Рис. 4.** Зависимость момента трения от температуры в рабочем зазоре, образованном сменной втулкой (сталь 3,  $Ra=7.210$  мкм) и сменным полюсом (сталь 3;  $Ra=9,477$  мкм) и заполненным магнитной жидкостью типа МКУ 100-40, с разными частотами вращения втулки: 1 — 556 об/мин.; 2 — 1146 об/мин.; 3 — 1793 об/мин.; 4 — 2331 об/мин.; 5 — 2897 об/мин



**Рис. 5.** Зависимость момента трения от температуры в рабочем зазоре, образованном сменной втулкой (сталь 3,  $Ra=0.354$  мкм) и сменным полюсом (сталь 3;  $Ra=9,477$  мкм) и заполненным магнитной жидкостью типа МКУ 100-40, с разными частотами вращения втулки: 1 — 556 об/мин.; 2 — 1146 об/мин.; 3 — 1793 об/мин.; 4 — 2331 об/мин.; 5 — 2897 об/мин.

В процессе работы в магнитно-жидкостном герметизаторе выделяется тепловая энергия, прежде всего за счет вязкостного трения слоев магнитной жидкости. Количество тепла, выделяемое в жидком элементе, практически все идет на его нагрев, что, возможно, создает конвективные течения. Увеличение температуры ведет к уменьшению вязкости жидкости и величины момента трения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Полетаев В.А., Пахолкова Т.А. Исследование моментов трения в рабочем зазоре герметизаторов при использовании разных типов магнитных жидкостей. Вестник ИГЭУ, 2012. № 4. с. 35–39.
2. Полетаев В.А., Арефьев И.М., Казаков Ю.Б., Пахолкова Т.А. Исследование зависимости момента трения магнитожидкостного устройства от величины рабочего зазора.// Вестник ИГЭУ, Вып. 4, Иваново, – 2013. – С. 36–41.
3. Полетаев В.А., Пахолкова Т.А, Власов А.М. Установка для исследования величины рабочего зазора на момент трения магнитожидкостных устройств // Трение и смазка в машинах и механизмах. – Москва. – М.: «Машиностроение». – 2013. – № 9. – С. 29– 31.

**ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ ПОВЕРХНОСТЕЙ ТРЕНИЯ РАБОЧЕГО ЗАЗОРА  
МАГНИТОЖИДКОСТНОГО ГЕРМЕТИЗАТОРА**

**А.М. Власов, В.А. Полетаев, Т.А. Пахолкова**  
(ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»)

Известно, что после механической обработки на поверхностях деталей образуются микронеровности. Рельеф поверхности состоит из чередующихся выступов и впадин. Для наилучшего изучения шероховатости поверхности разработан и использован метод построения трехмерной модели шероховатой поверхности деталей. Для создания трехмерной модели поверхности использовались следующие данные: значения  $R_a$ ,  $R_z$  и  $R_{max}$  для участка поверхности; профилограмма и фотоснимок участка поверхности.

Фотография моделируемого участка представлена на рис. 1.  
Профилограмма поверхности представлена на рис. 2.

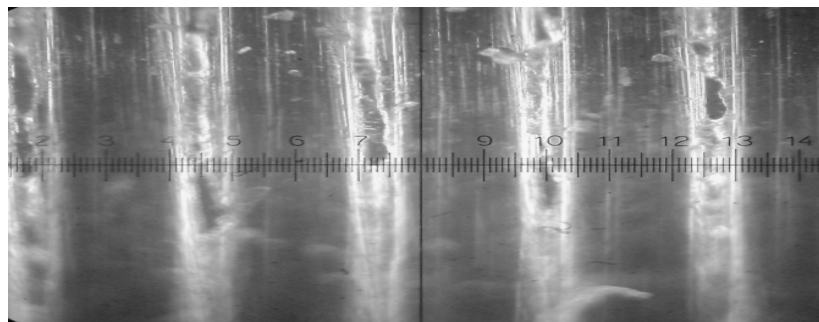


Рис. 1. Фотография моделируемого участка

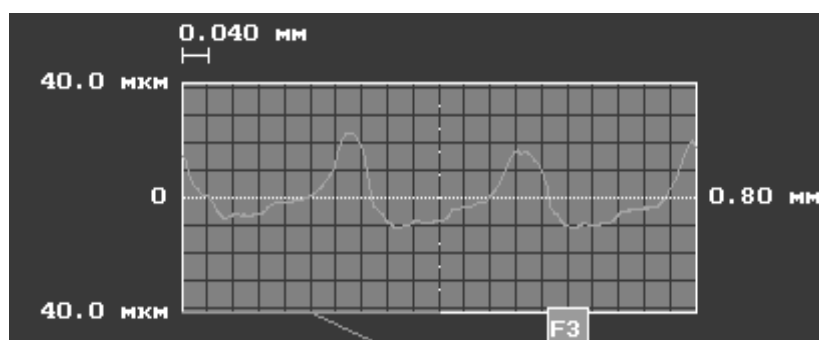


Рис. 2. Профилограмма поверхности детали

## НАДЕЖНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

Анализируя фотографию поверхности (рис. 1.) определяются неровности трех типов: тип 1: глубокие борозды на поверхности образца; тип 2: неглубокие борозды на поверхности образца; тип 3: прочие малые неровности.

По полученным значениям шероховатости поверхности и профилограмме определялись значения величины  $L$  для каждого типа неровности (1, 2, 3):

$$L_1 = R_{\max} \quad (1)$$

$$L_2 = ((H_{2\max} - H_{2\min}) + k_1 * R_z) / 2 \quad (2)$$

$$L_3 = ((H_{3\max} - H_{3\min}) + k_2 * R_a) / 2 \quad (3)$$

где  $k$  понижающий коэффициент, введенный для корректирования значений  $L$  и  $R_z$ ;  $H_{i\min}$  и  $H_{i\max}$  – максимальное и минимальное значения по каждому типу неровностей.

Коэффициент  $k$  определяется следующим образом:

$$k = \frac{m}{n} \quad (4)$$

где  $n$  – общее число ячеек в профилограмме,  $m$  – число ячеек, в которых значение отклонения профиля от линии  $m$  превышает  $\frac{m}{2}$ ,  $n_1$  – число ячеек, в которых значение отклонения профиля от линии  $m$  превышает  $\frac{m}{4}$ .

При создании трехмерной модели шероховатости поверхности детали моделируется в масштабе плоскость (размер моделируемого участка – 0,8 x 0,8 мм, размер моделируемой плоскости 300x200 мм) с заданными конечными элементами – вершинами, причем плоскость содержит 200x200 ячеек (рис. 3.).

Далее на плоскость наносится текстура, созданная из фотографии моделируемого участка поверхности (рис. 4.).

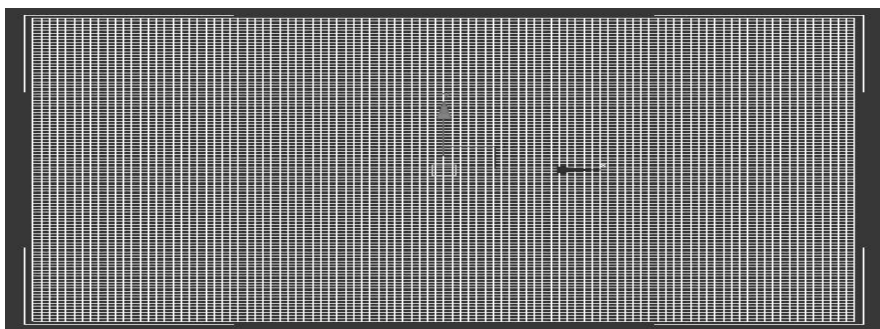


Рис. 3. Моделируемая поверхность

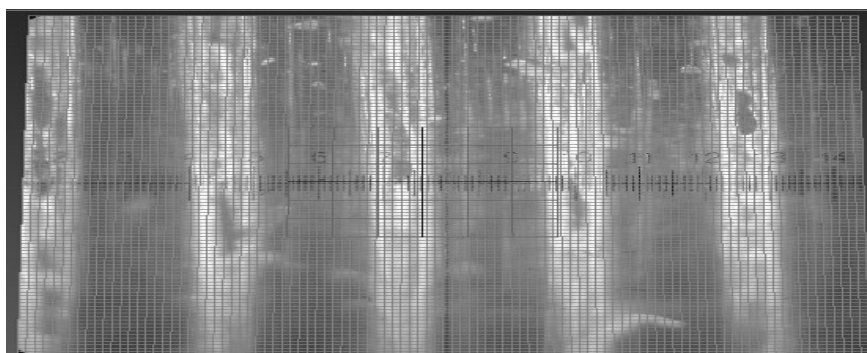


Рис. 4. Моделируемая поверхность с нанесенной текстурой

На плоскости определяются вершины, соответствующие областям неровности типа 1 и им задается в масштабе, указанном выше величина  $L_1$ , причем ее значение после приведения в соответствии с действующим в модели масштабом, умножается на 10 для упрощения визуального восприятия модели.



Неровностям типа 2 и 3 таким же образом задаются величины  $L_2$  и  $L_3$  соответственно. Моделируемая поверхность с заданными величинами  $L$  для каждого типа неровностей принимает вид (рис. 5.).

После выполнения всех операций моделирования, программой рассчитывается рендер поверхности (рис. 6.).

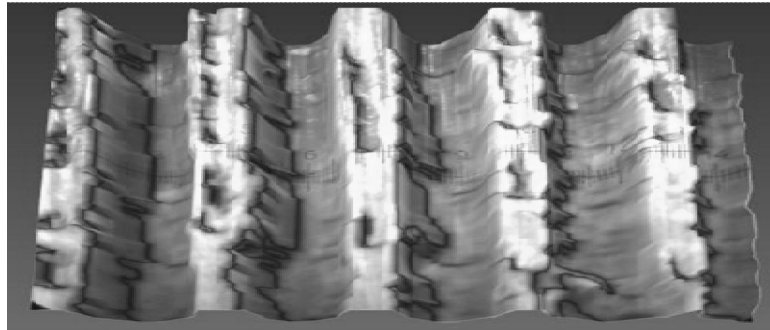


Рис. 5. Моделируемая поверхность с заданными величинами  $L$

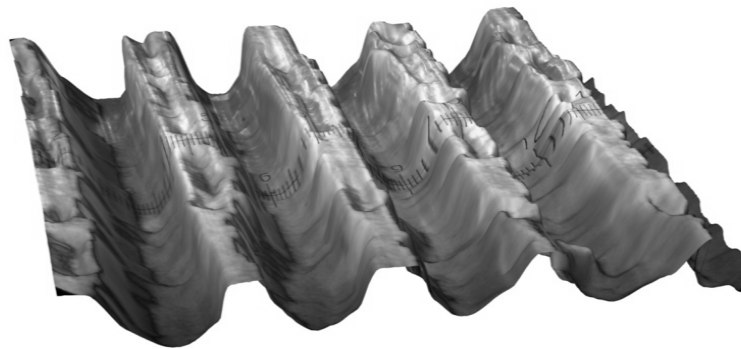


Рис. 6. Трехмерная модель участка поверхности образца

Полученную трехмерную модель можно считать адекватной моделью участка поверхности образца, так как в ней учтены значения шероховатости, полученные по трем замерам на этом участке. Так же в построении модели были использована фотография данного участка, как источник информации о расположении неровностей на поверхности участка.

На рис. 7–9 показаны модели рабочих зазоров из поверхностей с разной величиной шероховатости.

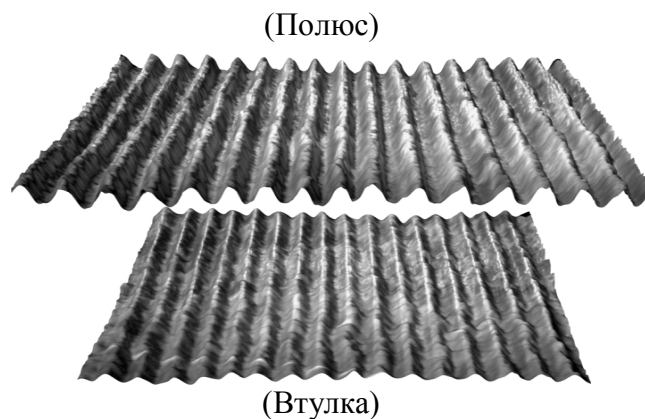
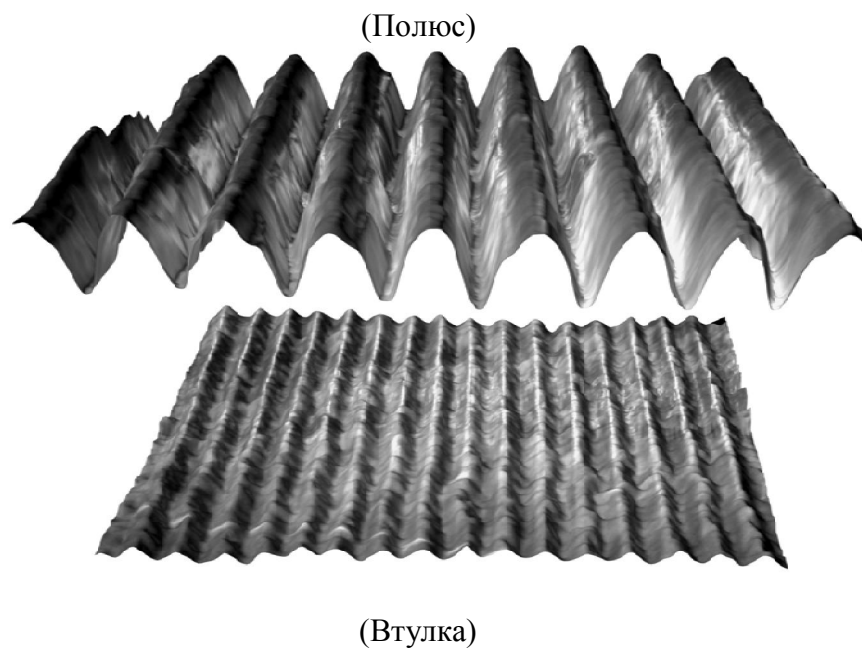
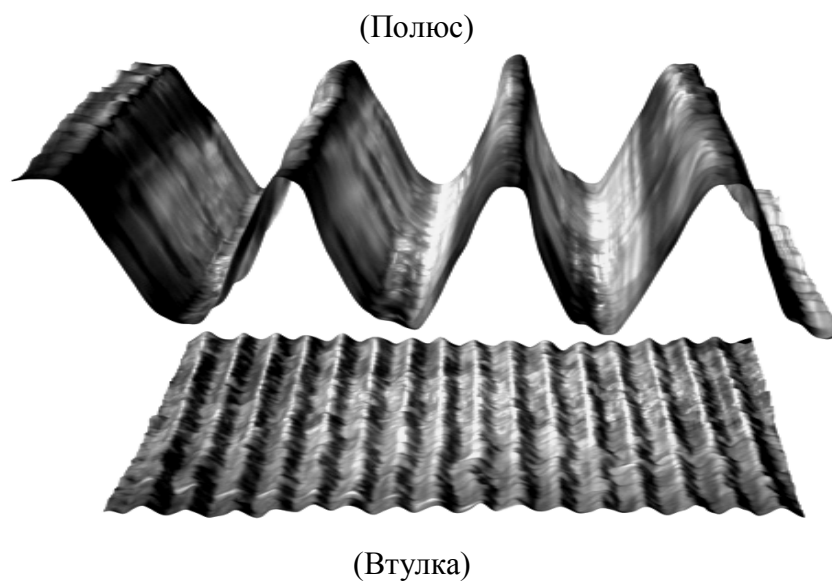


Рис. 7. Модель рабочего зазора, составленного из поверхностей втулки (сталь 40X13) с шероховатостью  $Ra=0,945$  мкм и полюса (сталь 3) с шероховатостью  $Ra=0,808$  мкм



**Рис. 8.** Модель рабочего зазора, составленного из поверхностей втулки (сталь 40X13) с шероховатостью  $Ra=0,945$  мкм и полюса (сталь 3) с шероховатостью  $Ra=3,301$  мкм



**Рис. 9.** Модель рабочего зазора, составленного из поверхностей втулки (сталь 40X13) с шероховатостью  $Ra=0,945$  мкм и полюса (сталь 3) с шероховатостью  $Ra=9,477$  мкм

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Власов, А.М., Полетаев В.А., Пахолкова Т.А. Построение трехмерной модели шероховатой поверхности / А.М. Власов, В.А. Полетаев, Т.А. Пахолкова // Новые материалы и технологии в машиностроении: Сборник научных трудов. Выпуск 20. Брянск, БГИТА, 2014. – С.19 –22.

## ПРИМЕНЕНИЕ МЕЗОГЕНОВ В КАЧЕСТВЕ НЕРАСТВОРИМЫХ ПОРОШКОВЫХ ТРИБОАКТИВНЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ К ПЛАСТИЧНЫМ СМАЗКАМ

В.А. Годлевский\*, М.А. Шилов, С.В. Миронов

(\*ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»,  
ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный университет»)

Проблеме действия смазочных материалов (СМ) при трении посвящено большое количество научных работ. Для решения проблемы разработки нового класса смазочных материалов для трения необходимо провести анализ ассортимента, химического состава и представлений о механизме действия СМ. Современные СМ это сложные многокомпонентные системы органических и неорганических веществ, содержащихся в воде, органических средах и их смесях [15].

Пластичные смазочные материалы (ПСМ) — это сложные коллоидные системы, включающие органические и неорганические компоненты [1, 5, 16, 17]. Основные компоненты этих СМ — дисперсионная среда — нефтяные и синтетические масла, и дисперсная фаза — загустители различного происхождения, природы и химического состава. Основная масса СМ представляет собой нефтяные масла, загущенные кальциевыми, натриевыми, литиевыми, бариевыми и другими мылами, а также высокомолекулярными углеводородами. В состоянии покоя кристаллы дисперсной фазы образуют трехмерный структурный каркас.

Предполагается, что в своих ячейках этот каркас удерживает большое количество дисперсионной жидкой среды (до 90 %). Дисперсионная фаза ПСМ, загущенных мылами высших жирных кислот, состоит из вытянутых плоских, лентообразных или игольчатых частиц. Из таких удлиненных частиц может быть сформирован каркас ПСМ. По свойствам ПСМ занимают промежуточное место между ТСМ и маслами. Основные компоненты ПСМ – дисперсионная среда (нефтяные и синтетические масла) и дисперсная фаза (загустители различного происхождения, природы и химического состава). Кроме того, в ПСМ в незначительном количестве всегда содержится третий компонент, который образуется в процессе их изготовления или специально вводится в виде присадки или добавки для регулирования свойств ПСМ.

Одним из путей обеспечения высокой долговечности агрегатов машин является использование специальных добавок в смазочные среды. В ПСМ используются, в основном, те же присадки, что и в жидких СМ [9]. Металлоплакирующие смазочные материалы для реализации режима избирательного переноса (ИП) при трении чаще всего получают наполнением серийно выпускаемых ПСМ металлосодержащими добавками, в качестве которых используются порошки металлов и (или) их соединения различной природы [10].

Жидкие кристаллы (ЖК) открыты более ста лет назад, но интерес к их исследованию до сих пор не снижается, а находит все более разнообразные области использования. ЖК обладают многими свойствами, характерными для изотропных жидкостей. Они не способны сохранять форму, обладают текучестью, могут образовывать каплю, характеризуются определенной величиной поверхностного натяжения. В ЖК, как и в жидкостях, молекулы или их агрегаты могут перемещаться и менять своё окружение. Поэтому изотропные жидкости и ЖК обладают только ближним координационным порядком.

В 1936 году В.К. Фредериксом была высказана идея о необходимости проведения исследований по применению ЖК-соединений в трибологии. Используя современную терминологию, мы будем говорить о мезогенных соединениях — т. е. тех веществах, которые в определенных условиях потенциально могут переходить в мезоморфное (жидкокристаллическое) состояние. Эта проблема актуальна в условиях как статического, так и динамического контакта твердых тел, когда наличие в их микроразоре анизотропной жидкости с особой структурой определяет степень диссипации энергии трения. Весьма

многообещающими представляются исследования в области трибологии жидких кристаллов, свидетельствующие об уникальности их смазочных свойств, проведенные В.Б. Коротковым, Н.В. Усольцевой, белорусскими учеными из Института металлополимерных систем АНБ [3, 6, 7, 11, 14].

В настоящее время не существует систематизированных представлений о взаимосвязи структуры органической молекулы – присадки с ее трибологическими свойствами. В этой связи требуется существенное накопление экспериментального материала по испытаниям органических веществ разного элементного состава и структуры. Это поможет окончательно подтвердить или опровергнуть гипотезы о механизмах или особенностях смазочного действия тех или иных типов присадок.

Существует много методов исследования трибологических особенностей смазочных слоев. Одни из них направлены на выявление теплофизических закономерностей, возникающих в процессе трения, другие на физико-химических и т. д. Одним из таких является исследование СМ в условиях «сдвига под давлением».

Хронология метода «сдвиг под давлением» берет свое начало с работы «Studies in Large Plastic Flow and Fractur» 1952 г., автором которой был американский ученый P.W. Bridgman В работе представлены результаты исследования по влиянию высоких давлений на механические свойства металлов и сплавов, а также некоторых других материалов. Параллельно с ним в этой области работал советский физико-химик – академик Н.С. Ениколопян, в результатах исследования которого (1968 г.) показана «возможность полимеризации при высоких давлениях в сочетании с деформациями сдвига».

Целый ряд работ был направлен на выяснение специфики процессов разрушения и деформирования ПСМ в связи с их структурой [8]. Проявление тех или иных особенностей в изменении надмолекулярных структур в ЖК слое в условиях «сдвига под давлением» зависит от условий приложения внешнего механического поля: величины нагрузки, ее характера и скорости ее приложения и температуры. Очевидно, что наличие связности между молекулами мезогенов за счет прочных химических связей должно наиболее ярко проявиться в условиях, когда межмолекулярное взаимодействие между слоями будет устранено или, точнее, когда межмолекулярные связи между слоями будут успевать перестраиваться в новые равновесные состояния.

Изменение ориентации молекул ЖК, перестройка структуры, вызванные действием «сдвига под давлением», ведут к резким и заметным изменениям их физических свойств. Изучив детально СМ с ЖК присадками, применяя теорию акад. Н.С. Ениколопяна появляется возможность адекватно предсказывать их трибологическую эффективность в условиях «сдвига под давлением».

### ЛИТЕРАТУРА

1. Braithwaite E.R. Lubrication and Lubricants. – Amsterdam, London, New York: Elsevier Publ. Co. – 1967. – 512 p.
2. Young J. Thermal wedge effect in hydrodynamic lubrication // The Engineering Journal. 1962. P. 46 – 54.
3. Авторское свидетельство СССР № 1086009. Антифрикционная присадка для минеральных масел / Латышев В.Н., Усольцева Н.В., Годлевский В.А. и др. Оpubл. в Б.И., 1983, № 14. – 3 с.
4. Березина Е.В., Годлевский В.А., Корсаков М.Н., Павлов А.С., Фомичев Д.С. Поляризационно-микроскопические исследования пластичных смазочных материалов // Материаловедение и надежность триботехнических систем: сборник научных трудов / Под ред. В.А. Годлевского, Б.Р. Киселева. - Иваново, Иван. гос.хим.-технол.ун-т, 2009. – 142 с.
5. Великовский Д.С., Поддубный В.Н., Вайншток В.В., Готовкин Б.Д. Консистентные смазки. - М.: Химия. – 1966. – 256 с.

6. Грибайло А.П. Влияние жидких кристаллов на смазочные свойства минеральных масел // Химия и технология топлив и масел. – 1985. – № 3. – С. 25 - 25.
7. Ермаков С.Ф., Родненков В.Г., Белоенко Е.Д., Купчинов Б.И. Жидкие кристаллы в технике и медицине. - Минск: Асара, М.: ЧеРо. – 2002. – 411 с.
8. Иржак В.И., Розенберг Б.А., Ениколопян Н.С. Сетчатые полимеры (синтез, структура, свойства). – М.: Наука. – 1979. – С. 218–320.
9. Ищук Ю.Л. Технология пластичных смазок. – Киев: Наукова Думка. - 1986. – 134 с.
10. Кужаров А.С., Онищук Н.Ю. Свойства и применение металлоплакирующих смазок. – М.: 1985.
11. Купчинов Б. И., Родненков В. Г., Ермаков С. Ф. Введение в трибологию жидких кристаллов. - Гомель: ИММС АНБ, «Информтрибо», 1993. – 156 с.
12. Латышев В.Н., Лазюк Ю., Усольцева Н.В. Композиции на основе лиотропных мезогенов и их практическое применение в трибологии // Жидкие кристаллы и их применение. Тез. докл. респ. конф. – Баку, 1990. – С. 37 – 38.
13. Петров Н.П. Трение в машинах. Влияние на него смазывающей жидкости // Инженерный журнал. 1883.
14. Родненков В.Г. Исследование реологических свойств масел, модифицированных жидкими кристаллами // Вести Академ. наук Беларуси. Сер. физ-тех. наук. - 1996. - № 4. – С. 26.
15. Смазочные материалы. Антифрикционные и противоизносные свойства. Методы испытаний. Справочник / Под ред. Ю.Я. Подольского - М.: Машиностроение, 1989. – 217 с.
16. Справочник по триботехнике / под. ред. Хебды М. и Чичинадзе А.В., в 3-х томах – М.: Машиностроение. – 1989. – 93 с.
17. Фукс И.Г. Пластичные смазки. – М.: Химия, 1972. – 158 с.
18. Чередниченко Г.И., Фройштетер Г.Б., Ступак П.М. Физико-химические и теплофизические свойства смазочных материалов. – Л.: Химия, 1986. – 222 с.

## **НОВАЯ МЕТОДИКА МОДЕЛИРОВАНИЯ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО РЕЖИМА ТРЕНИЯ ПО СХЕМЕ «САМОУСТАНАВЛИВАЮЩАЯСЯ КОЛОДКА – РОЛИК»**

**Г.В. Даровской, И.М. Елманов, В.Н. Поляков**

**(ФГБОУ ВПО «Ростовский государственный университет путей сообщения»)**

В настоящее время более 50 % по объему проводимых трибологических испытаний занимают исследования на роликовых машинах трения.

При оценке результатов этих испытаний для реальных условий эксплуатации применяется теория моделирования. Исследования показали, что использование основных положений этой теории не гарантирует работу сопряжения в режиме гидродинамической смазки (ГДС).

Основной причиной отсутствия условий гидродинамики в испытаниях по схеме «колодка-ролик» является использование серийного держателя с жестко закрепленной на нем колодкой [1...3].

При закреплении колодки в серийном держателе образуется сборочная единица, установка которой на валу машины трения не обеспечивает соблюдение правил базирования колодки на ролике [4], что приводит к необходимости длительной приработки сопрягаемых поверхностей, величина которой может превысить 2 мм<sup>2</sup>, и практически исключает возможность получения режима ГДС.

Профессором Пичугиным В.Ф. еще в 1978 г. была разработана конструкция держателя с самоустанавливающейся колодкой [5], но из-за больших габаритов применения на серийных машинах трения она не получила.

Авторами разработана новая конструкция держателя, которая устраняет отмеченный недостаток [6].

Держатель, представляет собой пластину 1 (рис. 1), в плоскости которого выполнены основное отверстие для установки на валу машины трения и паз с плоскостью симметрии, проходящей через ось основного отверстия. В перемычке паза установлен конус 4 для базирования исследуемой колодки, а в боковых стенках паза выполнены отверстия с расположенными в них пружинами 3 и винтами 2 (см. рис. 1), которые обеспечивают надежное закрепление колодки в держателе усилием пружин 3, предварительно настроенным на стандартный размер колодки [2].

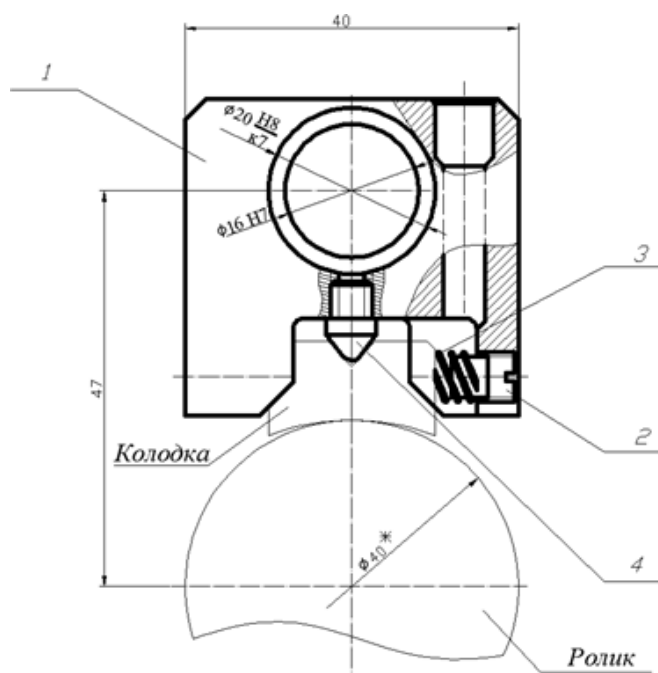


Рис. 1. Разработанная конструкция держателя: 1 – пластина; 2 – винт; 3 – пружина; 4 – конус

В результате колодка, установленная в предлагаемой конструкции держателя, обладает тремя степенями свободы: вращением вокруг осей  $x$ ,  $y$  и  $z$ . При базировании держателя по отверстию на вал машины трения (на рис. 1 не показан), он приобретает вместе с валом еще одну степень свободы – поступательное движение вдоль оси  $z$  (особенность, свойственная всем роликовым машинам трения).

Таким образом, при опускании колодки (вместе с валом) она обладает четырьмя степенями свободы, что обеспечивает определенность ее базирования по цилиндрической поверхности ролика.

Путем выбора соответствующих размеров колодки  $r_1$  и ролика  $r$  (рис. 2) можно обеспечить различную форму зазора в сопряжении (рис. 3), соответствующую режиму ГДС.

Используя данные рис.3 можно получить различные эпюры давления жидкого смазочного материала в зазоре (рис. 4).

Использование разработанной конструкции держателя позволило создать новую методику трибологических испытаний, обеспечивающую моделирование режима ГДС с заданными параметрами и возможность оценки качества нанопокровтий.

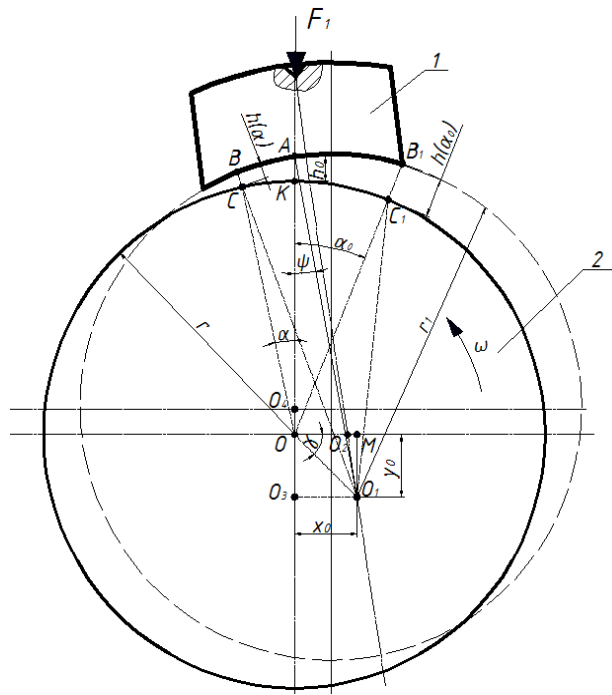


Рис. 2. Расчетная схема определения величины  $h(\alpha)$ : 1 - колодка; 2 – ролик

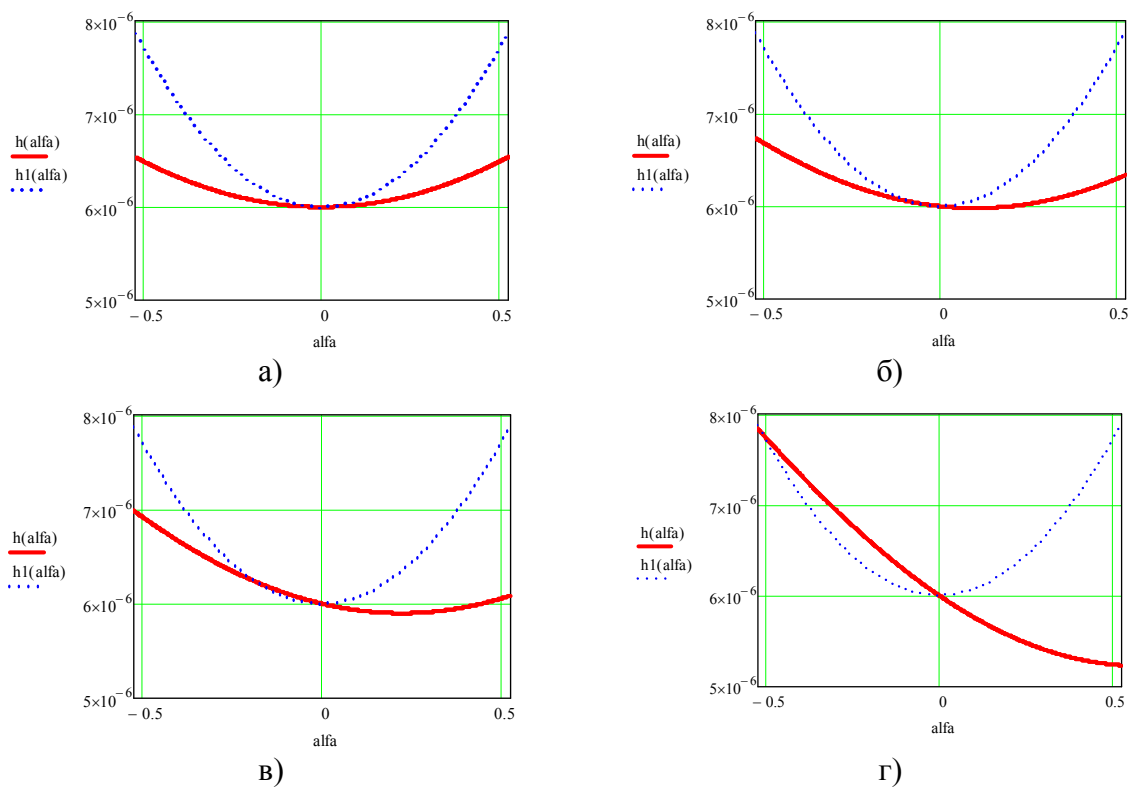
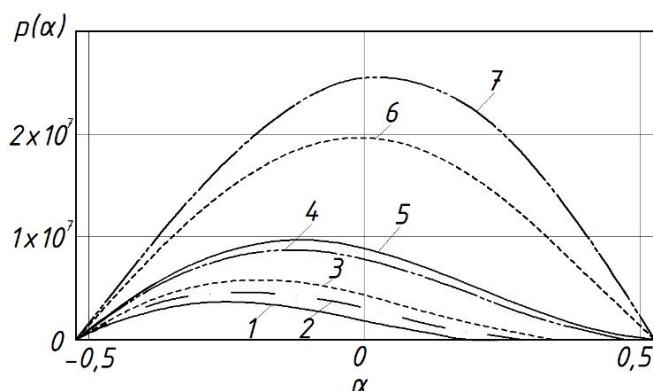


Рис. 3. Изменение зазора в схеме самоустанавливающейся колодка-ролик при различных значениях  $\psi$ : а) 0 рад.; б)  $0,2 \times 10^{-4}$  рад.; в)  $0,45 \times 10^{-4}$  рад.; г)  $1,3 \times 10^{-4}$  рад.;  $h$  – зазор в паре трения самоустанавливающейся колодка – ролик;  $h_1$  – зазор в подшипнике скольжения



**Рис. 4.** Эпюры давления ЖСМ в зазоре «самоустанавливающаяся» колодка-ролик» при различных значениях  $\psi$ : 1 – 0 рад.; 2 –  $0,1 \times 10^{-4}$  рад.; 3 –  $0,2 \times 10^{-4}$  рад.; 4 –  $0,4 \times 10^{-4}$  рад.; 5 –  $0,45 \times 10^{-4}$  рад.; 6 –  $1 \times 10^{-4}$  рад.; 7 –  $1,3 \times 10^{-4}$  рад.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Паспорт машины для испытания материалов на износ ИИ 5018. – Иваново: ПО «Точприбор», 1990. – 115 с.
2. ГОСТ 23.224-86 «Обеспечение износостойкости изделий. Методы оценки износостойкости восстановленных деталей». – М.: Издательство стандартов, 1986.
3. РД 50-662-88 «Методические указания. Методы экспериментальной оценки фрикционной совместимости материалов трущихся сопряжений». – М.: Издательство стандартов, 1988.
4. Даровской, Г.В. Анализ существующих и разработка новой методики проведения трибологических испытаний по схеме колодка-ролик / Г.В. Даровской, В.Н. Поляков // Труды международной научно-практической конференции «Транспорт – 2014» Апрель 2014 г. в 4-х частях Часть 3. Технические и естественные науки – Рост. Гос. ун-т путей сообщения. Ростов-на-Дону, 2014. - С. 173-175.
5. Пичугин, В.Ф. Самоустанавливающееся приспособление для крепления образца колодки на машине трения СМЦ-2. / Пичугин В.Ф., Мкртчян С.М., Сказыткин А.Ф. // Заводская лаборатория, 1978, т. 44, № 9, С. 1142-1144.
6. Даровской, Г.В. Научные основы методологии проведения трибологических испытаний на роликовых машинах трения / Г.В. Даровской, И.М. Елманов // «Трибология-машиностроению»: Труды десятой юбилейной Всероссийской научно-технической конференции с участием иностранных специалистов – М.: «Перо», 2014. - С. 38.

#### ИССЛЕДОВАНИЕ СМАЗОЧНО-ОХЛАЖДАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СРЕДСТВ В ПАРОВОЙ ФАЗЕ

**Н.А. Дементьева<sup>\*</sup>, А.А. Дорохов, С.А. Егоров, Д.В. Коробов, А.С. Кудряшов**  
 (\*ОАО «Ивхимпром», ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный политехнический университет»)

Для экономии смазочно-охлаждающих технологических средств (СОТС) и уменьшения теплового удара при выполнении чистовых операций резанием некоторые исследователи применяют подачу СОТС в паровой фазе [1, 2, 3]. Преимуществами данного способа является малый расход технологического средства, сравнимый с подачей аэрозоли, отсутствие теплового удара и повышение стойкости инструмента, чувствительного к перепадам температуры, повышение точности обработки вследствие снижения тепловых деформаций.



Для проведения эксперимента по влиянию СОТС на процесс лезвийной обработки был изготовлен парогенератор, позволяющий нагревать и преобразовывать в паровую фазу протекающую жидкость. На конструкцию получен патент [4].

Важным преимуществом применения СОТС в паровой фазе является снижение времени транспорта активных компонентов в зону резания, что было доказано А.В. Волковым и В.А. Годлевским [5]. Чтобы СОТС достигло зоны плотного контакта инструмент-заготовка, и успело образовать на поверхностях адсорбционные пленки, препятствующие износу, оно должно находиться в паровой фазе. Это сокращает время трибохимических реакций при резании.

Возможно, в этом случае, рецептура приготовления СОТС, применяемого в паровой фазе, должна быть иной, чем при обычном использовании поливом.

Для образования паровой фазы необходимо, чтобы количество теплоты, выделяемой нагревателем, было достаточно для нагрева и испарения подаваемого количества жидкости. Конструкцией предусмотрено изменение температуры нагрева и количества подаваемой в парогенератор жидкости.

Парогенератор устанавливается на суппорте металлорежущего станка. Расход СОТС составляет 0,8 л/ч. Температура пара на выходе около 100 °С.

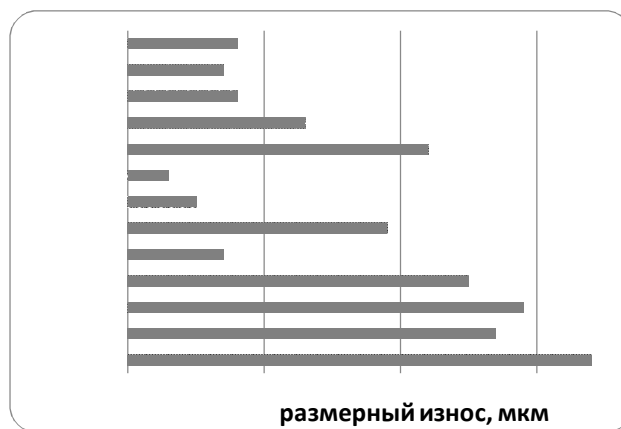
Исследование проводили на операции наружного точения стали марки ХС9 проходным резцом с твердосплавной пластиной. Важной характеристикой, влияющей на точность обработки, силу резания, тепловыделение при резании является стойкость инструмента. Поэтому в процессе обработки фиксировался размерный износ по следующей методике. Производились замеры микрометром наружного диаметра обработанной заготовки фиксированной длины 200 мм и фиксированного диаметра 50 мм по длине. Разница в размерах радиуса заготовки свидетельствует об износе инструмента или наличии нароста. Если радиус заготовки в начале резания оказывается меньше, чем в конце резания, то наблюдается размерный износ. Если радиусы совпадают, то износ отсутствует. Если радиус заготовки в начале резания оказывается больше, чем в конце, то присутствует образование нароста. Определение среднего значения размерного износа проводили по данным пяти опытов, устанавливая каждый раз новое режущее лезвие сменной пластины.

Следующие результаты исследования получены при обработке стали марки ХС9 на операции наружного точения резцом с твердосплавной пластиной Т15К6. Режимы резания подбирали рассчитывая на получистовую обработку.

С одной стороны, необходимо добиться максимального износа инструмента за короткий промежуток времени, а с другой выявить разницу во влиянии технологических средств. При максимальной скорости резания разницу влияния СОТС на силу резания и износ трудно заметить потому, что имеет большое значение охлаждающее действие. Чтобы выявить смазочное действие, скорость была ниже рекомендуемой в 10 раз: 21 м/мин; глубина резания 1 мм; подача 0,1 мм/об.

Данные испытаний представлены на рис. 1. Размерный износ определялся по формуле:  $I_p = (D_k - D_n) / 2$ . Расчетная ошибка измерения износа составила 10 – 15 %. Меньшее значение ошибки соответствует большим значениям износа. Для исследования работоспособности парогенератора использовали воду с показателем рН 7,0 (дистиллированная вода).

Оказалось, что размерный износ инструмента при обработке стали с поливом водой составляет 0,27 мкм, что на 20% меньше, чем без полива (0,34 мкм). Применение водяного пара дает такие же результаты. Износ резца в этом случае составлял 0,29 мкм (рис. 1). Это свидетельствует о работоспособности устройства.



**Рис. 1.** Размерный износ инструмента при точении с применением паровой фазы

На следующем этапе исследования необходимо было выяснить, влияет ли на износ химический состав паровой фазы, и может ли быть получен пар в предлагаемом парогенераторе из промышленно выпускаемых жидкостей для металлообработки.

Для приготовления экспериментальных растворов, были взяты концентраты водо- и маслорастворимых жидкостей, выпускаемых предприятием ОАО «Ивхимпром» г. Иваново. Они имеют различный химический состав и основу для изготовления: гликолевую или масляную.

Из концентратов готовили 5% растворы СОТС в воде, получая водомасляные эмульсии и полусинтетические жидкости. Затем, полученную эмульсию или раствор помещали в емкость станка. Проверяли действие полученного СОТС на операции наружного точения, подавая поливом и в паровой фазе.

Эффективность действия СОТС различна и не зависит от основы. Наиболее эффективны водомасляные эмульсии Прессойл, Эмульсол Т, а также полусинтетические жидкости Прогресс 13К, Ивкор.

Некоторые из испытанных составов оказались более эффективны при подаче поливом, это Прогресс 13К, Сульфогал, Тафол. Другие, наоборот, более эффективны в паровой фазе, это Аквахон, Прессойл, Ивкор, Ивхон, Эмулькат, Эфтол. На процесс изнашивания инструмента оказывают влияние трибоактивные присадки, содержащиеся в СОТС. Практически все они содержат олеиновую кислоту, касторовое масло и другие функциональные присадки.

### **Выводы.**

Таким образом, предлагаемая конструкция парогенератора может использоваться при подаче СОТС в парообразной фазе на металлорежущих станках.

Действие СОТС в жидком и парообразном состоянии приводит к снижению износа инструмента и может отличаться в зависимости от его химического состава.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Капустин, А.С. Исследование эффективности действия СОТС в парообразном состоянии при обработке металлов резанием: авторефер. дис. канд. техн. наук.– Иваново: ИвГУ, 1997. – 16 с.
2. Капустин А.С. Подгорков В.В. Подгорков С.В. Капустин С.А. Автоматизированное устройство для подачи смазочно-охлаждающей жидкости в зону резания// Патент Российской Федерации № 2163862 RU B23Q011/10, 10.03.2001.
3. Исследование работоспособности парогенератора для подачи смазочно-охлаждающих технологических средств / А.А. Дорохов, С.А. Егоров, Н.А. Дементьева// Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). – 2014. - № 2(63). – С. 56-61.

4. Свиридов И.А., Егоров С.А., Коробов Д.В. Устройство для получения горячей воды и пара // Патент Российской Федерации № 136136 RU МПК H85j3/20. Заявитель и патентообладатель Ивановская государственная текстильная академия Заявка: 2013117569/06, 16.04.2013 Заявл. 16.04.2013. Опубликовано: 27.12.2013.

## **О ВОЗМОЖНОСТИ ПРОДЛЕНИЯ СРОКА СЛУЖБЫ ПАР ТРЕНИЯ ЗА СЧЕТ ПРИРАБОТКИ**

**В.П. Зарубин, С.А. Никитина, И.А. Легкова, В.Е. Иванов**  
**(ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»)**

Вопросам обкатки и приработки различных агрегатов отводится большое количество исследований, это говорит о том, что данные операции играют очень важную роль в повышении надежности пар трения и улучшении экономических показателей при эксплуатации.

Обкаткой достигается взаимная приработка трущихся поверхностей деталей для подготовки их к работе с нормальной рабочей нагрузкой. При обкатке также выявляются дефекты ремонта и достигается окончательная регулировка механизмов, узлов и сопряжений.

Приработка – это процесс, в результате которого увеличивается износостойкость поверхностей трения за счет возрастания площади фактического контакта и улучшения физико-механических свойств, т.е. процесс повышения качества поверхностей трения сопряженных деталей в начале их работы.

Период приработки деталей требует особого внимания, поскольку именно в этот период вследствие повышенных удельных давлений в сопряжениях деталей, отсутствия стабильности зазоров и целостности масляной пленки возможно возникновение задигов и преждевременного износа поверхностей трения, что значительно снижает долговечность изделия. В момент приработки изменяется микрогеометрия и микрошероховатость поверхностей трения. Приработку узлов трения проводят значительное время при небольших нагрузках и скоростях. В этот период используют специальный смазочный материал для обкатки и приработки сопряжений трения новых и отремонтированных агрегатов машин и оборудования, который снижает трение, уменьшает износ и время приработки [1].

Известны притирочные составы с применением высокодисперсных порошков алмазов, которые можно использовать как присадку к прирабочному маслу. Недостатком притирочных составов с применением высокодисперсных порошков алмазов является их высокая цена, а также значительный прирабочный износ из-за шаржирования частицами алмаза поверхностей трения с их невысокой твердостью, например, вкладышей подшипников скольжения изготовленных из бронзы и сплавов алюминия.

Так же для обкатки двигателей внутреннего сгорания известно прирабочное масло, на основе минерального с порошковым наполнителем. В качестве порошкового наполнителя использована смесь из порошков семи природных минералов (слоистых силикатов) [2]. Данное притирочное масло требует для своего изготовления семь разных минералов, каждый из которых требует своей технологии для получения соответствующего мелкодисперсного порошка, что существенно ограничивает его применение для обкатки двигателей. Кроме этого прирабочные смазки, содержащие твердые частицы, после окончания процесса приработки необходимо удалять из узла трения для предотвращения повышенного износа в процессе работы.

Создание наполнителя к маслам и смазкам для приработки узлов трения, лишённого указанных выше недостатков, позволило бы значительно облегчить процесс приработки.

## НАДЕЖНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

Одним из перспективных направлений в создании таких наполнителей является использование искусственно полученного аналога природного серпентина. Имеется достаточно большое количество результатов исследований применения указанного наполнителя в качестве наполнителя к маслам и смазкам для улучшения их антифрикционных свойств. Использование такого наполнителя значительно снижает коэффициент трения и интенсивность изнашивания пар трения, за счет преобразования поверхности трения. Попадая в зону трения, частицы наполнителя, под действием нагрузки, разрушаются с выделением большого количества тепла и внедряются в верхние слои металла, микронеровности поверхности трения выравниваются и как следствие удельные давления уменьшаются [3].

Предварительные исследования подтвердили предположения о возможности применения искусственного серпентина в качестве наполнителя к маслам и смазкам для приработки пар трения.

На основе стандартной пластичной смазки Литол – 24, были получены смазочные композиции с различным процентным содержанием наполнителя (от 0,1 до 3%) с целью выбора оптимального.

Триботехнические исследования проводили на стандартной машине трения СМТ – 1 по схеме трения с переменной площадью контакта, вращающийся диск – неподвижный диск. Материал дисков сталь 45 твердость 50HRC, диаметр дисков 40 мм, скорость скольжения 1 м/с, нагрузка на образец повышалась ступенчато от 0,1 до 0,3 кН с шагом 0,05 кН, путь трения при каждой нагрузке 2 км. В результате исследования фиксировалось изменение коэффициента трения от нагрузки, износ поверхности трения и изменение микротвердости поверхности трения. Величину износа определяли по глубине канавки  $h$  образовавшейся на неподвижном диске. Результаты исследований представлены на рис. 1.



Рис. 1. Величина износа в узле трения

Анализируя результаты исследований, можно сделать вывод, что различное процентное содержание наполнителя неоднозначно влияет на коэффициент трения. Практически у всех смазок содержащих наполнитель наблюдалось увеличение коэффициента трения. Это можно объяснить тем, что попадая в зону трения, частицы наполнителя разрушаются с выделением тепла, внедряются в поверхность трения, образуя защитный слой, что и вызывает увеличение момента трения. Однако, у всех смазочных композиций, в том числе и у базовой смазки минимальный коэффициент трения наблюдался при нагрузке в диапазоне 0,15...0,2 кН. Это дает возможность предположить, что этот диапазон нагрузок является оптимальным для проведения этапа приработки.

По результатам исследований величины износа можно отметить смазочные материалы с содержанием наполнителя 0,25% и 0,5%. При таких концентрациях глубина канавки на неподвижном диске имеет минимальные значения. При меньшей концентрации наполнителя износ уменьшается незначительно по сравнению с базовой смазкой, что говорит о недостаточном попадании частиц наполнителя в зону трения. Увеличение концентрации более 0,5% требует более длительного времени приработки, поэтому в заданном диапазоне наблюдается повышенный износ поверхностей пар трения.

Окончательное решение о применении разработанных композиций в узлах трения в качестве притирочного состава, требует дополнительных лабораторных и стендовых исследований и производственных испытаний. Только в этом случае можно гарантировать получение устойчивого положительного эффекта без каких-либо отрицательных последствий.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Смазочные материалы: Антифрикционные и противоизносные свойства. Методы испытаний: Справочник/ Р.М. Матвеевский, В.Л. Лахнин, И.А. Буяновский и др. – М.: Машиностроение, 1989. – 224 с.: ил. – (Основы проектирования машин).
2. Патент РФ №2313565, по кл. С10М 125/10, С10М 125/26 Прирабочное масло для двигателей внутреннего сгорания / Дураджи В.Н., Стрельцов В.В., Цыпцын Е.А., Дураджи А.Ю. Опубликовано 27.12.2007 г.
3. Перспективы применения нанопорошков силикатов в смазочных материалах, используемых в пожарной технике / В.П. Зарубин, В.В. Киселев, А.В. Топоров и др. // Пожаровзрывобезопасность. Том 22, №5, 2013. – С.65 - 69.

## ИСТОРИЯ ПРОИЗВОДСТВА МИНЕРАЛЬНЫХ МАСЕЛ В РОССИИ

**Б.Р. Киселев**

*(ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный химико-технологический университет»)*

В России впервые нефтяными маслами стали заниматься в 1875 г. на заводе Виктора Ивановича Рагозина в Балахне (Нижегородская область) по производству смазочных масел. У ученых и специалистов из разных стран они вызвали большой интерес, так как по своим характеристикам и качеству оказались гораздо лучше зарубежных смазок, тогда применявшихся. В 1878 г. всемирная выставка в Париже заслужено оценила высокие качества российских «олеоафтов», разработанных В.И. Рагозиным, золотой медалью. Высокую оценку их качеству дал американский журнал Engineering от 8 июня 1885 г., отмечая среди прочего, что «не может быть никакого сомнения в огромных преимуществах русского продукта перед американским...». Экспорт фирмы «В.И. Рагозин и Ко» в 1881 г. составил 580 тыс. пудов масел, а в 1894 г. - 6500. Практически это был весь российский экспорт масел. К концу века товарищество производства минеральных масел под фирмой «В.И. Рагозин и Ко» имело капитал в 3,5 млн. руб. В 1879 г. году, используя накопленный опыт, ученый и практик В.И. Рагозин построил в селе Константиново около Ярославля самое крупное в то время и современное предприятие в России по производству нефтяных смазочных масел при участии Д.И. Менделеева. Нефтяные смазочные масла товарищества «В.И. Рагозин и Ко» неоднократно завоевывали высокие награды: золотые медали на всемирных выставках в Париже (1878, 1889 гг.), представленные минеральные смазочные масла «Спинвель», «Лубрин», «Цилиндоль», «Барилион» в Антверпене (1885 г.), а также на международных - в Ливерпуле и Брюсселе (1880 г.), в Риме (1881 г.), в Ницце (1883 г.). 26 октября 1884 г. в истории нефтяного дела России произошло примечательное событие: в Баку

## НАДЕЖНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

открылся первый Съезд нефтепромышленников, ставший важным этапом в развитии отечественной нефтяной отрасли. Рагозин принял активное участие в его работе и поднял вопрос о необходимости организации со стороны государства геологической разведки нефтяных месторождений. В своем докладе «Об условиях вывоза керосина и смазочных масел за границу» Рагозин представил участникам съезда обширную программу развития экспорта российских нефтепродуктов, где самым важным вопросом считал запрещение вывоза сырья и полусырья. Его поддержали члены Бакинского отделения Технического общества [1].

К сожалению, в настоящее время нефть является важнейшим экспортным ресурсом страны. Ежегодно Россия экспортирует более 200 млн. т. сырой нефти. По оценкам BusinessStat, к 2017 г. этот показатель вырастет до 257,7 млн. т. [2]. Общая динамика добычи нефти в России и вероятный прогноз до 2030 г. представлен на рис. 1 [3].

При участии Виктора Ивановича Рагозина в 1878 г. была организована компания в Великобритании Ragosine Oil Co Ltd, которая с 1968 г. стала мощной компанией «ROCOL» вошедшая в состав Morgan Crucible Plc, а в 1999 г. компания вошла в состав корпорации Illinois Tool Works Inc (ITW).

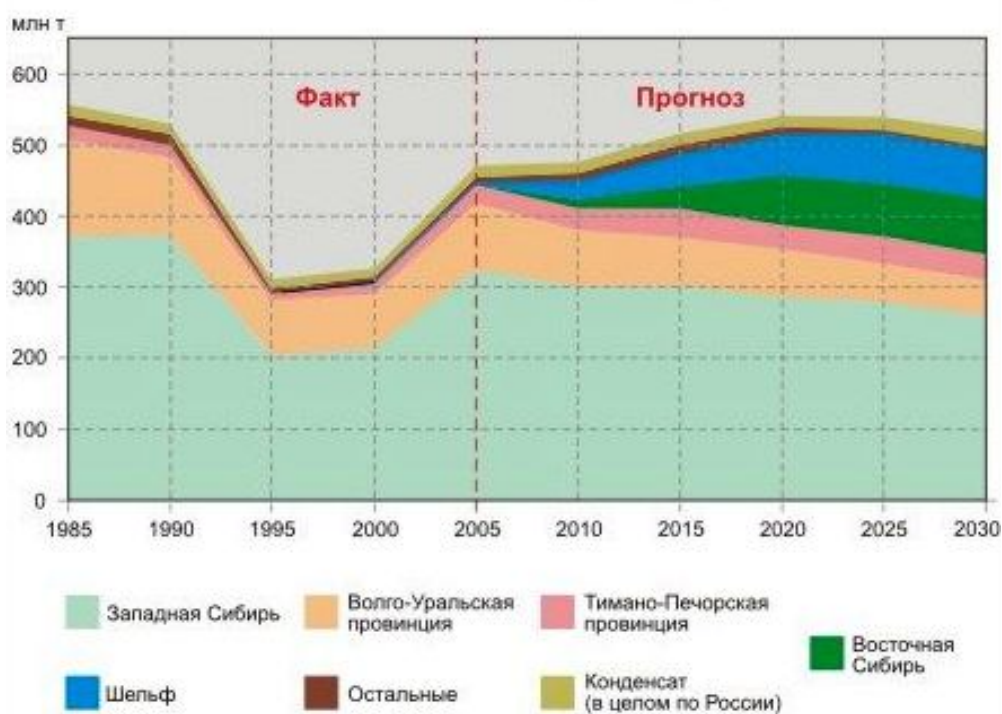


Рис. 1. Состояние сырьевой базы и прогноз возможных уровней добычи нефти в России до 2030 г

Наконец, в 1898 г. Виктор Рагозин получил привилегию № 692 на «аппарат для перегонки разложения нефти». К сожалению, его новый нефтеперегонный аппарат и эффективный технологический процесс так и не нашли своего применения на отечественных заводах. А вот за рубежом были успешно внедрены в 1898 г. в Австро-Венгрии, на заводе Аролло в г. Прессбурге (ныне - Братислава). В промышленном же масштабе эта технология нашла широкое применение в США лишь 20 лет спустя [4].

В настоящее время Ярославский завод по производству нефтяных смазочных материалов им. Д.И. Менделеева стал современным крупнейший нефтеперерабатывающий завод Северного региона России [5]. В 1976 году создано производственное объединение «Ярославнефтеоргсинтез», в которое вошли Новоярославский НПЗ — головное предприятие, а также Ярославский нефтеперерабатывающий завод им. Д. И. Менделеева, Ярославский завод нефтяной тары. 26 апреля 1996 года АООТ «Ярославнефтеоргсинтез» переименовано в

ОАО «Славнефть-Ярославнефтеоргсинтез». В настоящее время производятся базовые, компрессионные, трансмиссионные и индустриальные масла.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Колесниченко Г. В. Братья Рагозины. Начало нефтяного дела России: Документальная биографическая повесть. – СПб.: Альфарет. 2009. 756 с.
2. Анализ рынка нефти в России в 2008 – 2012 гг., прогноз на 2013 – 2017 гг. // *BusinesStat*. 2013. – 89 с.
3. Белонин М.Д., Подольский Ю.В. // *Минеральные ресурсы России. Экономика и управление*. № 5. 2006. – С. 12-20.
4. Гараевская И.А. Русский нефтепромышленник Виктор Иванович Рагозин // *Нефтяное хозяйство*. №4. 1999. – С. 5-10.
5. Колесниченко Г. В. К 125-летию Ярославского НПЗ им. Д. И. Менделеева: историческая хроника событий бывшего Константиновского завода «Товарищества по производству минеральных масел В. И. Рогозин и Ко» // *Нефтепереработка и нефтехимия. Научно-технические достижения и передовой опыт*. № 9. 2004. – С. 49-56.

### СОВРЕМЕННЫЙ РЫНОК СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ РОССИИ

**Б.Р. Киселев**

*(ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный химико-технологический университет»)*

На территории России в настоящее время действуют порядка 70-80 предприятий производства товарных масел.

Однако почти половину объема масел, выпускаемых в России, производит ОАО «Лукойл». Затем следуют ОАО «НК «Роснефть», ОАО «Газпром нефть», ОАО «НК Русснефть». На долю прочих производителей приходится всего 0,1% выпускаемого объема нефтяных масел.

Официальное название – ОАО «Нефтяная компания ЛУКОЙЛ» создана в 1991 г. Наименование компании происходит от первых букв названий городов нефтяников (Лангепас, Урай, Когалым) и слова «ойл» (от *англ. oil* — нефть). Производство масел осуществляется на НПЗ группы в Перми, Волгограде, Нижнем Новгороде. Компания занимается также смешением масел из готовых компонентов (собственных и покупаемых у третьих лиц) на предприятиях в России, Финляндии, Румынии, Турции. Объем производства масел в 2013 году на предприятиях группы составил 1,2 млн. т. В индустриальном сегменте использование масел ЛУКОЙЛ – гарантия непрерывности технологического процесса и экономического преимущества. Уделяя особое внимание развитию технологии производства присадок в 2013 году на ЛЛК-НАФТАН (совместное предприятие группы ЛУКОЙЛ и НПЗ «Нафтан» в республике Беларусь), была произведена реконструкция реакторного блока цеха сульфонатных присадок, введена в эксплуатацию исследовательская лаборатория, в рамках которой были внедрены современные международные методы тестирования масел.

28 июня 2013 ОАО «ЛУКОЙЛ» подписала соглашение на мировом рынке с австрийской компанией OMV Refining & Marketing GmbH, согласно которому ООО «ЛЛК-Интернешнл» (100%-я дочерняя компания ОАО «ЛУКОЙЛ») приобретает расположенный в пригородах Вены завод OMV по смешению масел мощностью 35 тыс. тонн в год, а также подразделения OMV по дистрибуции готовой продукции в Австрии, Болгарии, Венгрии, Германии, Румынии, Словении, Словакии, Чехии и Сербии. Сделка также обеспечит достижение синергетического эффекта с заводами ООО «ЛЛК-Интернешнл» в Румынии и в Финляндии, оптимизирует логистику поставок смазочных материалов стратегическим

партнёрам компании и усилит научно-технический потенциал ОАО «ЛУКОЙЛ» в области разработки новых масел. Известность и доверие к продукции, выпускаемой ведущим европейским производителем, существенно расширит ассортимент и усилит позиции бренда масел ЛУКОЙЛа на зарубежных рынках, а также откроет новые возможности для реализации смазочных материалов ЛУКОЙЛа премиум класса во всех регионах присутствия [1].

ООО "ЛЛК-Интернешнл" - лидер российского рынка смазочных материалов. Компания была создана в конце 2005 г. как 100% дочернее предприятие ОАО "ЛУКОЙЛ".

АО «Нефтяная компания «Роснефть» — крупнейшая в мире российская государственная нефтегазовая компания. В 2013 г. общий объем производства масел (в том числе товарных масел), присадок и прочей сопутствующей продукции вырос на 37% и составил 755 тыс. т. Рост объема производства в основном был обеспечен эффективной интеграцией бизнеса смазочных материалов ТНК-ВР, в том числе за счет новых активов. Компания «Роснефть» входит в список Fortune Global 500 2014 года (46-е место). В структуре ОАО НК «Роснефть» 5 крупных предприятий, которые производят масла и смазочные материалы: ООО «Новокуйбышевский завод масел и присадок», ОАО «Ангарская нефтехимическая компания», ЗАО «Рязанская нефтеперерабатывающая компания», ОАО «НК «Роснефть» - Московский завод «Нефтепродукт», НПЗ ОАО «Славнефть-ЯНОС» (доля в собственности компании).

Новокуйбышевский завод масел и присадок был создан в 1998 году на базе мощностей по производству масел Новокуйбышевского НПЗ. Всего в настоящее время ассортимент продукции производства Новокуйбышевского завода масел и присадок насчитывает 117 наименований, в том числе 63 вида индустриальных, судовых, закалочных и специальных моторных масел, и 19 видов универсальных моторных масел, соответствующих международной классификации качества API. Кроме того, Новокуйбышевский завод масел и присадок имеет три сертификата соответствия международным стандартам управления. В последнее время стартовал совместный проект с «ВР-Марин», дочерним обществом группы British Petroleum (BP), по производству судовых масел под брендом Castrol.

ОАО «Ангарская нефтехимическая компания» – крупнейшее предприятие Восточной Сибири по переработке нефти и выпуску нефтепродуктов. Начав свой путь в середине прошлого века, компания сегодня уверено движется вперед. Золотым логотипом отмечены базовые масла «Роснефть basic grade» марок 150N, 250N, 450N, 650N, 850N, а также масло трансформаторное; серебряным – турбинное масло ТП-22С. Система менеджмента ОАО «Ангарская нефтехимическая компания» сертифицирована Bureau Veritas Certification на соответствие требованиям ISO 9001, ISO 14001, OHSAS 18001, ISO/TS 29001 (сертификат № 224209) в области качества, экологии и промышленной безопасности и охраны труда.

ООО «Рязанский завод смазочных материалов» производит автомобильные масла в соответствии с ГОСТ 23652, ГОСТ 17479.2, а также в соответствии с международными стандартами. Разработанный в конце 70-ых годов стандарт ГОСТ 23652 обеспечивал большой по тому времени запас качества автомобильных трансмиссионных масел, и масла, производимые по этому стандарту, вполне оправдываются и сегодня. К примеру, автомобильное трансмиссионное масло ТСП-15К с высокими антиокислительными и смазочными свойствами соответствует требованиям ГОСТ 23652 и, хотя это масло маркируется как GL-3, реально оно превосходит качеством большинство трансмиссионных масел, производимых в наше время. Тоже касается высококачественного масла ТАД-17, которое превосходит маркировку GL-5 производимого, по тому же стандарту. Стандарт ГОСТ 17479.2, разработанный в конце 80-ых годов, являлся обобщением опыта советской технологии производства трансмиссионных масел и являлся аналогом международных стандартов с учётом доступных методов тестирования и привычных для СССР способов обеспечения качества. Характерной чертой этого стандарта являются повышенные требования к противозадирным свойствам трансмиссионных масел. К сожалению, часть импортных масел, производимых по международным стандартам, не удовлетворяет



требованиям ГОСТ 17479.2. ООО «РЗ СМ» производит автомобильные трансмиссионные масла следующих марок: ТЭп-15, ТАП-15В, ТСП-10, ТСП-15К, ТАД-17 в соответствии с ГОСТ 23652. В этом ряду надо выделить масло ТСП-10, предназначенное для автомобильной техники, работающей при температуре до -40°C. ТМ-3-18 и ТМ-5-18, соответствующее ГОСТ 17479.2. GL-5 SAE 80W-90, GL-5 SAE 85W-90 и стандарту API. ООО «РЗ СМ» производит трансмиссионные масла с применением компонентов ведущих мировых производителей. Отличительной чертой этих масел, является низкая вязкость при отрицательных температурах, которая обеспечивает надёжную эксплуатацию автомобильной техники в российских условиях. Таким образом, базовые масла и смазочные материалы российского производства во многом не уступают зарубежным аналогам. Кроме того, они специально адаптированы к российским условиям применения, имеют высокие показатели эффективности по применению для трансмиссий [2].

Московский завод «Нефтепродукт» было создано на базе Московского опытно-промышленного завода ВНИИ НП, который возник в 1968 году в результате объединения Московского опытного завода ВНИИ НП и завода «Нефтегаз», построенного в 1931 г. по военному заданию. Предприятие производит широкий ассортимент смазочных, защитных и консервационных материалов для авиационной, ракетно-космической, автотракторной и бронетанковой техники, приборостроения и энергетики, в том числе смазки общего назначения.

В 2013 году на ООО «Новокуйбышевский завод масел и присадок», ОАО «Ангарская нефтехимическая компания», ООО «Роснефть – Смазочные материалы» и ОАО «НК «Роснефть» – Московский завод «Нефтепродукт» производство товарных масел составило 588 тыс. т. По итогам года «Роснефть» заняла второе место по объему производства масел и первое место по объему производства присадок в России.

Компания «Мировые смазочные материалы» с начала 2015г. стала официальным дистрибьютором одного из ведущих производителей смазочных материалов в России – ОАО «НК Роснефть» на территории Приморского края.

ОАО «Газпром нефть» имеет дочернее предприятие ООО «Газпромнефть – смазочные материалы», специализирующееся на производстве и реализации масел, смазок и технических жидкостей. Это предприятие создано 26 ноября 2007 года с целью повышения эффективности бизнеса смазочных материалов ОАО «Газпром нефть». В составе компании 5 производственных площадок в России, Италии, Сербии. Общий объем производства - 450 тыс. тонн высококачественных масел, смазок и технических жидкостей в год. Компания занимает 14% рынка смазочных материалов России, а также работает на рынках Южной Европы, Сербии, Украины, Белоруссии, Казахстана, стран Центральной Азии, поставляя продукцию в 38 стран мира. Компания также производит судовые масла под брендом «Техасо» по лицензии компании «Chevron». Ассортимент включает более 300 наименований масел и смазок. В 2013 году продажи судовых масел выросли в 2,4 раза и составили более 2 тыс. тонн. ООО „Газпром нефть — смазочные материалы“ имеет производственные активы в Западной Сибири (г. Омск), европейской части России (Ярославль), Московской области (Фрязино), а также в Италии (Бари) и Сербии (Нови-Сад). «Газпром нефть» приобрела у Chevron Global Energy завод по производству масел и смазок Chevron Italia S.p.A. в городе Бари (Италия). Мощность завода составляет до 30 тыс. т. масел и 6 тыс. т. смазочных материалов в год. Ассортимент продукции включает в себя 150 наименований масел для легкового и коммерческого транспорта, а также масел промышленного назначения. Мощности позволяют выпускать 25 наименований специальных высокотехнологичных смазок, используемых, в том числе при проведении буровых работ. Вся продукция, производимая на предприятии, отвечает европейским стандартам качества и последним требованиям производителей автомобильного и промышленного оборудования. Предприятие Chevron Italia S.p.A. переименовано в Gazpromneft Lubricants Italia S.p.A. («Газпром нефть лубрикантс Италия С.п.А.»). Оперативное управление заводом будет осуществлять «Газпром

нефть – смазочные материалы». Продукцию под брендом «Газпром нефть», компания намерена реализовывать как на итальянском, так и на российском рынках. Кроме того, предполагается маркетинговая и производственная синергия нового актива с сербской компанией NIS, которая была приобретена «Газпром нефтью» в начале 2009 года [3].

С 1 января 2015 г. начал работать Омский завод смазочных материалов – подразделение ООО «Газпромнефть – смазочные материалы». Новому предприятию переданы все производственные активы Омского НПЗ, задействованные в производстве и отгрузке продукции масляного профиля. Создание омского подразделения в составе ООО «Газпромнефть – СМ» позволит создать первую вертикально интегрированную масляную компанию в отрасли – компанию, управляющую бизнесом от переработки до продажи и продвижения на рынке. Базовые масла, которые производятся в Омске, широко поставляются в Европу и Азию, где местные производители используют их для изготовления своей продукции. «Газпром нефть» владеет заводом в Италии, который также вовлекает омские масла в производство готовой продукции. Но для того, чтобы быть успешным игроком на рынке масел, необходимо внедрение нового подхода. Планируется, что Омский завод смазочных материалов будет использовать самые передовые технологии производства, здесь будет построен один из самых современных комплексов в России по смешению и фасовке масел, хранению и отгрузке готовой продукции. В результате консолидации усилий на Омском заводе смазочных материалов будут производиться самые современные масла [4].

«Русснефть» — самая молодая компания страны, работающая на нефтяных рынках России и мира с 2002 г. Нефтемаслозавод начал свою производственную деятельность в 1942 году в разгар Великой отечественной войны. В 2007 году ОАО «Нефтемаслозавод» отметило 65 лет со дня своего образования. За эти годы предприятие прошло долгий путь от небольшого завода, производившего смазочные материалы для нужд фронта (1942-1945гг.) до одного из крупнейших заводов в России по производству смазочных материалов и защитно-консервационных составов. В настоящее время ассортимент продукции общества составляют – индустриальные, гидравлические, трансмиссионные и моторные масла, пластичные смазки, смазочно-охлаждающие и технологические жидкости, технические вазелины, церезино-восковые составы, антикоррозионные пленочные покрытия и другие смазочные материалы. Одними из основных задач предприятия являются расширение ассортимента, освоение производства новых видов смазок, индустриальных масел, ингибиторов, увеличение объемов производства и реализации пластических смазок и других смазочных материалов. За последние годы разработан и успешно производится целый ряд новых смазок для предприятий металлургии, машиностроения и сельского хозяйства. Наличие собственной сильной исследовательской и опытно-промышленной базы, сотрудничество с ведущими отраслевыми научно-исследовательскими институтами позволяют разрабатывать и выпускать продукцию с учетом всех индивидуальных требований потребителя к эксплуатационным характеристикам смазочных материалов.

ООО Фирма «ДВК» (Тольятти) успешно работает на рынке нефтепродуктов в сегменте индустриально-смазочных материалов, СОЖ и растворителей с 1994 года. В 1999 году компанией была разработана собственная стратегия по продвижению нанотехнологий, современных и инновационных материалов с использованием опыта российских и зарубежных производителей, а также по расширению ассортимента реализуемой продукции. Выбранная экономическая политика и высокий уровень подготовки персонала дает возможность подбирать, разрабатывать и изготавливать эксклюзивные смазочные материалы на производственных базах передовых российских институтов и предприятий по индивидуальным техническим заданиям, подготовленным специалистами компании. «ДВК» является официальным представителем следующих предприятий - производителей высококачественных смазочных материалов: - японская корпорация «Nippon Oil» - крупнейший производитель моторных и индустриально-смазочных материалов под торговой маркой «ENEOS»; - американская корпорация «DOW CORNING», производитель широко

известных в мире индустриально-смазочных материалов «MOLYKOTE»; - электрогорский институт нефтепереработки ОАО «ЭЛИНП», выпускает смазочные материалы под торговой маркой «ПОЛИТЕРМ»; - научно-производственное предприятие «НаноТехнологии» (Санкт-Петербург), производит индустриально-смазочные материалы под торговой маркой «НАНОТЕК».

Отметим две Санкт-Петербургские компании по разработке и производства пластичных смазок «ВМПАВТО» и «НАНОТЕК», специализирующиеся на разработке и изготовлении уникальных смазочных материалов, в основе действия которых заложен принцип восстановления изнашиваемых поверхностей. «НАНОТЕК» использует высококачественное сырье, потому что это является одним из основополагающих условий получения качественного конечного продукта. Применение высококачественных минеральных и синтетических масел, современных пакетов присадок и наличие соответствующей технологической базы позволяет получить качественные смазочные материалы с достаточно высоким уровнем характеристик, обеспечивающие стабильную и продолжительную эксплуатацию узлов трения. Компанией начато производство целой серии металлоплакирующих смазок, которые являются особенно эффективными при применении в узлах машин и механизмов, испытывающих значительные динамические нагрузки и вибрацию.

В России за последнее время образовалось ряд компаний, занимающихся поставками импортных масел и смазочных материалов.

В секторе импортных масел традиционно лидирует концерн ExxonMobil (Финляндия-США). Среди других брендов на российском рынке пользуются спросом ГСМ следующих марок: Castrol и Mannol (Германия), Shell (Голландия), SK-Corporation (Корея), BP (Великобритания).

Компания «НИКА» является официальным дистрибьютором ООО «Фукс-Ойл» и поставляет на российский рынок продукцию немецкого концерна «Fuchs» в широком ассортименте на минеральной, и на синтетической основе.

SAP является надежной российской компаний, занимающейся обеспечением поставок смазочных материалов и технических жидкостей. В отдельных сферах своей деятельности компания занимает лидирующие позиции на российском рынке.

Компания ООО "ОРИЗ", являющаяся официальным дистрибьютором PAKELO (итальянская компания) в России.

На территории России ООО «Нанол Технолоджис» представляет интересы Nanol Technologies Group (Финляндия).

## ЛИТЕРАТУРА

1. [www.lukoil.ru](http://www.lukoil.ru).
2. Рязанский завод смазочных материалов: гармония инноваций и экологичности // Югспецтехника. № 57. 2013. С. 27-33.
3. Аналитический отчет. Российский рынок нефтяных масел: моторные, трансмиссионные и индустриальные. // Discovery research group. М.: 2013.
4. [www/gazpromneft-oil.com.ua](http://www/gazpromneft-oil.com.ua).

## ПРОИЗВОДСТВО МАСЕЛ В ЕВРОПЕ

**Б.Р. Киселев**

*(ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный химико-технологический университет»)*

За рубежом динамика развития производства масел в связи с появлением двигателя внутреннего сгорания резко возросла, а так как активно этим вопросом занималась Германия, начиная с газового двигателя Августа Отто и изобретением Даймлером и Майбахом капельного бензинового ДВС в 1883 г., поэтому Германия с этих времен серьезно занимается смазочными материалами.

Компания Meguin GmbH & Co. KG Mineraloelwerke – старейший производитель смазочных материалов в Германии с 1890 г. История масел EUROLUB берет свое начало в 1928 г, когда фирма Hupold начала торговлю маслами на территории Германии. Старейший немецкий концерн Aral основан в 1898 г, который занимается с 1929 г разработкой и производством смазочных материалов (торговая марка Olympia).

Смазочные материалы Fina начинают свою историю с 20-х годов прошлого века. Своим основанием обязаны бельгийской финансовой компании Petrofina и Американской нефтяной компании Pure Oil. Fina Lubricants – это одна из самых крупных и известных европейских компаний по производству и продажам смазочных материалов. Производителем торговой марки Fosser является немецкая компания Duran Lubricants & Chemicals GmbH. Для создания торговой марки Fosser компания производитель особое внимание обратила на сверхсовременные технологии, развитие маркетинговых коммуникаций и изобретательности. Первый класс масла под этой торговой маркой и его высокое качество гарантируется множеством испытаний, проведенных в Европейских лабораториях, а также тщательным контролем качества как конечной, так и промежуточной продукции. Сырьевая база отвечает всем требованиям по качеству. Философией компании есть три вещи: надежность, тщательность и гибкость.

Известная компания FUCHS была основана в 1931 г. Рудольфом Фуксом (Rudolf Fuchs) в г. Мангейм, Германия. Компания Kuttenteiler была создана в 1934 году, бесценно располагается в Германии, где имеет штаб-квартиру и свой завод. Продукция Kuttenteiler имеет допуски ведущих автопроизводителей: Mercedes, BMW, Scania, Volvo, MAN, Volkswagen, Porsche, Rover Gruppe, GM, Allison, CAT, MACK, Ford Komatsu, British Leland, NTU, Renault, John Deere, Massey Ferguson, Salisbury, Voith, Renk, Valmet, а также поставляется для военной техники Бундесвера.

Немецкий концерн ADDINOL Lube Oil GmbH являются профессионалами в области смазочных материалов с 1936 года. ADDINOL разрабатывает и производит высокоэффективные смазочные материалы нового поколения. Это и моторные масла, удовлетворяющие высочайшим требованиям современных двигателей, и новейшие смазочные материалы промышленного назначения. Фирма Liqui Moly основана в 1951 году в городе Ульм, на юге Германии. Она имеет собственный исследовательский центр, создающий в тесном сотрудничестве с Техническим университетом Берлина и фирмами-производителями автомобилей, новые виды продукции. Наличие своей лаборатории позволяет фирме не только вести самостоятельные разработки комплексов присадок, но и заниматься исследованиями, которые доступны не всем производителям. Особенно внимание уделяется взаимодействию присадок и готового масла с конструктивными материалами фирм-моторостроителей, взаимодействие присадок между собой и масляной основой.

Компания Ravensberger Schmierstoffvertrieb GmbH (Германия), основанная в 1946 году в городе Вертер на западе Германии, на сегодняшний момент является одной из крупнейших и динамично развивающихся. Немецкая педантичность, точность и аккуратность – это основные принципы, основная философия всей деятельности компании Ravensberger Schmierstoffvertrieb GmbH, начиная от производства смазочных материалов и до работы с конечным потребителем.

Компания BIZOL – это один из самых молодых брендов на рынке смазочных материалов и автохимии. Этот международный проект – одна из торговых марок немецкой компании Vita Trading GmbH предлагает своим партнерам во всех странах мира тщательно подобранную программу продуктов: моторных, трансмиссионных, промышленных и прочих масел, смазок и автохимии.

В настоящее время продукция компании SUPREMA производится на основе уникальных технологий двух ведущих немецких заводов: Rowe Mineraloelwerk GmbH и Mineralol-Raffinerie Dollber-gen GmbH. Все масла испытаны и одобрены Daimler AG, Porsche, BMW, VAG, Honda, Toyota, Mazda, Mitsubishi, GM, MAN, Volvo, Scania и др. Свыше 100 видов высококачественных синтетических, полусинтетических и минеральных масел, предназначенных для авто и мототранспорта, сельскохозяйственной техники, железнодорожного транспорта, промышленности и судов под маркой PEMCO производит компания SCT Lubricants [1].

Известны также немецкие крупные заводы смазочных материалов. SWD (г. Дуйсбург, Германия), который занимается производством масел и смазочных материалов с 1965 года. Ассортимент продукции завода VENOL включает: автомобильные (моторные, трансмиссионные, гидравлический) и технические (гидравлические, промышленные) масла, автомобильные смазки.

В Великобритании помимо выше упомянутой компании «ROCOL» известны на мировом рынке и другие производители.

В 1899 в Англии Чарльз Вейкфилд (Charles Wakefield) основал маленькую компанию по производству смазочных материалов. Спустя десять лет он создал технологию, которая произвела настоящую революцию в первой половине XX века – впервые смешав минеральное масло с касторовым, он получил уникальный продукт, который назвал Castrol. С этого момента началось стремительное развитие марки Castrol. Сегодня Castrol является признанным мировым лидером в области разработки смазочных материалов последнего поколения. Подразделение British Petroleum (BP) Lubricants, которое занимается производством и маркетингом смазочных материалов, является одним из лучших экспертов в своей области.

Компания Comma Oil & Chemicals Ltd была основана в 1965 году в Великобритании. Она производит десятки наименований высококачественных моторных, трансмиссионных и прочих масел. Поскольку Comma – английское предприятие, то вся производимая продукция изготавливается исключительно на основе сырой высококачественной нефти – в отличие от производителей других стран, которые по экологическому законодательству обязаны добавлять в масло, регенерированное отработанное масло.

Известная англо-нидерландская фирма Shell Lubricants предлагает полный набор смазочных материалов для любых узлов оборудования Shell Lubricants в мире: Shell – лидер по продажам смазочных материалов в мире; 13 % мирового рынка смазочных материалов; 5 центров Исследования и Развития смазочных материалов – Великобритания, Германия, Франция, США, Япония; 120 стран, где представлена компания; более 3000 видов смазочных материалов.

Англо-Нидерландская компания Olie Maatschappij Anglo Nederland BV (OMAN) производитель широкого спектра смазочных материалов.

## НАДЕЖНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

В производстве масел OMAN использует новейшие технологии и разработки в области смазочных материалов. Вся продукция отвечает высочайшим требованиям, предъявленным на сегодняшний момент к ГСМ.

Надо отметить, что в Европе кроме Германии и Англии представителями крупнейших производителей смазочных материалов являются Бельгия, Голландия, Франция, Швеция, Польша, Италия, Финляндия, Греция, и др. страны.

Компания SCT-Vertriebs GmbH является, входящего в концерн Champion Chemicals. Свою историю торговая марка ведет с 1955 года, когда в Бельгии была создана фирма Champion, занявшаяся производством и продажей масел. После 21 года успешной работы было осуществлено изменение в структуре фирмы, таким образом, в 1976 году возникла компания Wolf Oil Corporation. Производство отвечает современным требованиям, сертифицировано по ISO 9002. Компания SCT-Vertriebs GmbH поставляет широкий ассортимент моторных, трансмиссионных и промышленных масел, автохимии, автокосметики и средств по уходу за автомобилем под торговыми марками MANNOL, SCT.

Лаборатория Бельгии SUNOCO проводит новейшие аналитические исследования и лабораторные испытания оборудования. Каждый шаг процесса производства тщательно контролируется компетентными и опытными инженерами-химиками. Поступающие масла, присадки и готовая продукция подвергаются строгой проверке и только после одобрения техников лаборатории, завершённые разработки выпускаются в продажу. Вся продукция SUNOCO полностью проверяется в лаборатории и проходит тестирования перед отправкой покупателю.

Компания GULF (Голландия) основана в 1901 г, является крупным мировым производителем разных видов топлива и смазочных материалов. Euro1 BV – голландский производитель и поставщик высококачественных смазочных материалов. Голландская компания VATOIL Europe была основана в 1982 году. Основной деятельностью является производство моторных и трансмиссионных масел для легковых и грузовых автомобилей. Производство масел VAT основано на самой современной мировой технологии, с использованием базовых масел высокого качества и высокотехнологических присадок американских фирм Ethyl и Lubri-sol. Масла VAT производятся в тесном сотрудничестве с компанией Ashland, крупным американским производителем масел. Масла VAT проходят сложные лабораторные тесты, как во время самого производства, так и в лабораториях некоторых автомобильных производителей.

Valvoline – старейшая в мире голландская торговая марка смазочных материалов. 1866 год – год создания компании Val-voline, история которой началась с разработки и изготовления ею первого в мире смазочного материала. Val-voline производит смазочные материалы для автомобилей и промышленного оборудования, присадки, антикоррозионные покрытия Testyl и автокосметику Eagle One. Масла марки Valvoline входят в тройку лидеров продаж на американском рынке. Для Европейского рынка продукция марки Valvoline выпускается на заводе в г. Дордрехт (Нидерланды) и адаптирована под требования европейских производителей.

Французский концерн Durand Production, основанное в 1986 году и находящееся на севере Франции, в промышленной зоне города Арн (Harnes), специализируется на производстве высококачественных смазочных материалов. Автомасла Valco являются продуктом Durand Production. Высокие эксплуатационные свойства автомасел Valco достигаются благодаря использованию высококачественных базовых масел и присадок.

Компания MOTUL (Франция) основана в 1853 году. Штаб-квартира находится в Париже. Компания располагает одним заводом (Абервилль, Франция), который производит всю без исключения продукцию ассортимента MOTUL. Наивысшие технологические достижения: 1953 год – разработка первого в мире всесезонного масла; 1966 год – разработка первого в мире полусинтетического масла; 1971 год – разработка первой в мире 100%

синтетики на основе эстеров; 1984 год – разработка первого в мире энергосберегающего масла.

Французская компания Total осуществляет полный производственный цикл от добычи нефти и газа на принадлежащих ей месторождениях до получения конечных продуктов переработки (смазочных материалов, химических продуктов). Total является крупнейшим производителем базовых масел. Сегодня приоритетное направление компании – разработка наиболее экологически чистых видов горючего и топливо-сберегающих смазочных материалов.

Компания IGOL создана более 50 лет назад во Франции из 14 компаний, специализирующихся на производстве горюче-смазочных материалов.

Шведская фирма OK-Q8 AB является частью концерна Kuwait Petroleum International. Концерн достаточно молод (основан в 1983 году). Качество масел OK-Q8 AB позволило стать крупнейшим поставщиком концернов VOLVO Cars International, SAAB, SCANIA.

Компания Orlen Oil образована в 1998 г. как объединение четырех ведущих польских производителей смазочных материалов. Учитывая динамические изменения на рынке смазочных материалов, Orlen Oil активно сотрудничает с ведущими иностранными и польскими исследовательскими центрами в сфере разработки новой высококачественной продукции. В настоящее время компания Orlen Oil является одним из передовых производителей смазочных материалов. Это в свою очередь обязывает постоянно следить за тенденциями развития в данной области для оперативного реагирования на возникающие требования рынка.

Компания Lotos Oil S.A., входящая в концерн Grupa LOTOS S.A., – это тоже польский производитель смазочных материалов.

Фирма Tedex Production Sp.z o.o. является частью холдинга Tedex Grupa, объединяющего предприятия в Польше, Германии и Голландии. Масла Tedex Oil являются продуктами самого высокого качества, производятся в соответствии с международными стандартами ISO 9002.

Agip (Azienda Generale Italiana Petroli) – коммерческий бренд группы Eni S.p.A., итальянской нефтегазовой компании. Высокое качество масел. В последнее время трансмиссионные масла подвергались заметным изменениям, направленным на обеспечение работы в наиболее тяжелых условиях, как по температуре, так и по нагрузкам [2].

PAKELO - одна из исторических (1930 г.) итальянских торговых марок (штаб квартира в провинции Верона). Девизом компании является утверждение: производство масел как искусство. Поэтому с самого начала PAKELO - это всегда инновационные высокоэффективные смазочные материалы для разнообразных отраслей: автомобильной промышленности, гоночных соревнований, специальных и землеройных машин, военно-морской, промышленной, сельскохозяйственной техники, а также сертифицированные пищевые масла для пищевой промышленности, производимые благодаря применению самых передовых химических технологий.

Масла Teboil изготавливаются в г. Хамина (Финляндия), на построенном в 1992 г. одном из самых современных по своей технологии заводов по производству масел в Европе.

Финская компания Neste Oil является также одним из ведущих мировых производителей высокотехнологичных базовых масел PAO (полиальфаолефины) и EHVI (Enhanced High Viscosity Index – базовые масла со сверхвысоким индексом вязкости), зарегистрированных под торговой маркой Nexbase. Такие базовые масла являются основой современных смазочных материалов.

Компания Nanol Technologies Group создана в 2010 году и является признанным разработчиком передовых технологий в области борьбы с износом трущихся поверхностей. Головной офис Nanol Technologies Group находится в Хельсинки (Финляндия), производственные мощности компании расположены в г. Коккола (Финляндия) и в Москве (Россия). Название компании - Nanol - отражает суть передовой технологии, используемой в

## НАДЕЖНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

производстве смазочных материалов. Многолетняя работа ученых и технологов группы Nanol Technologies с использованием современного оборудования и новейших методов исследования позволила совершить технологический прорыв в области смазочных материалов и создать высокоэффективные смазочные материалы нового поколения. Металлоплакирующие смазочные материалы формируют тончайшую защитную пленку на трущихся поверхностях, которые обеспечивают минимальный коэффициент трения и износ механизмов.

Фирма Cyclon Hellas S.A. была основана в 1981 году в Греции. Смазочные материалы под брэндом CYCLON – это гарантия высокого европейского качества продукции подтвержденное сертификатом качества менеджмента ISO 9001: 2008; Американским Институтом Нефти – API, и ACEA; допусками от VOLVO, SCANIA, Mercedes Benz, MAN, ZF, VOITH и др.

Торговая марка Midland является маркой смазочных материалов Premium-класса. Масла производятся исключительно в Швейцарии компанией Oel-Brack AG. Компания производит смазочные материалы с 1859 года, с 1990 – официальный производитель масел Quaker State для европейского рынка.

Венгерский нефтегазовый концерн MOL-LUB KFT известен потребителю своими автомобильными маслами и другими смазочными материалами.

OMV Refining & Marketing GmbH (Австрия) изготавливает автомобильные масла для легкового, грузового, коммерческого автопарка, сельхозтехники, строительной механизации, а также масла и смазки промышленного назначения. В настоящий момент OMV – лидирующая компания в Центральной Европе. Бизнес компании OMV по продаже масел и топлива для автотранспорта имеет четкую европейскую ориентацию.

OMV BIXXOL – моторные масла, которые дали начало новому поколению смазочных материалов для современной автомобильной техники. При разработке моторных масел OMV BIXXOL, компания OMV существенно скорректировала формулы для автомобильных моторных масел в соответствии с новейшими техническими достижениями в мире моторных технологий. Моторные масла OMV BIXXOL удовлетворяют возросшим эксплуатационным требованиям: увеличенными интервалами замены масла (до 50000 км) и более жестким экологическими нормами.

Вся линейка товаров имеет оригинальное происхождение и доставляется напрямую с заводов OMV, расположенных в Австрии, и прошла сертификацию ISO9001. Выпускаются масла моторные автомобильные: синтетические - 14 позиций, полусинтетические - 7 позиций; минеральные -10 позиций; масла и жидкости трансмиссионные - 37 позиций; пластичные смазки - 20 позиций и др.

REPSOL YPF (Испания) – одним из основных направлений деятельности является производство высококачественных смазочных материалов.

Смазочные материалы ALPET производятся транснациональной Корпорацией Altinbas в городе Измир (Турция) с 2005 года. Смазочные материалы ALPET полностью отвечают самым жестким требованиям API, ACEA и ведущих мировых производителей автомобилей и машиностроителей.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Продукция завода SKT Lubricants в лидерах по результатам тестов автомобильного журнала //Auto Motor und Sport. №1. 2014.
2. Каталог. Автомобильные масла. Смазки – 2012.



**ПРОИЗВОДИТЕЛЬ МАСЕЛ США И ЯПОНИИ****Б.Р. Киселев***(ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный химико-технологический университет»)*

Так как США крупнейший производитель автомобилей (законодатель автопрома), поэтому производство смазочных материалов, было и есть на высоком уровне стандартов.

Корпорация Chevron основана в 1879 году в городе Пи-ко-Каньон, Калифорния. Марка CHEVRON – знаменитый бренд на американском рынке, который входит в пятерку качественных масел премиум-класса. Компания специализируется на профессиональной разработке масляных продуктов для промышленности. Большинство продуктов производится на основе гидрокрекинга с жестким соблюдением всех требований американского и европейского рынка промышленного оборудования.

Корпорация Mobil Oil Corporation ведет свой отсчет с 1966 г. от слияния компаний Vacuum oil Company, основанной в 1899 году, и Standart Oil of New York, основанной Джоном Д. Рокфеллером в 1882 г. Эти две компании слились в 1931 г., образовав So-cony Vacuum, ставшую позднее, в 1934 г. Socony Vacuum Oil Company. В 1998 г. Exxon и Mobil подписали соглашение об образовании компании под названием ExxonMobil Corporation. После одобрения акционеров слияние было завершено 30 ноября 1999 г. Сегодня ExxonMobil Corp – крупнейшая в мире нефтяная компания, производящая высококачественные моторные и индустриальные масла, бензин для автомобильной и керосин для авиационной промышленности, а также владеет нефтедобывающими платформами на суше и шельфовой зоне во многих странах мира. Отделения и представительства Exxon Mobil Corporation находятся в более чем в 200 странах и регионах по всему миру. В 2006 году Exxon Mobil Corporation возглавила рейтинг 500 наиболее влиятельных компаний в мире. Компания ExxonMobil представляет новые высокоэффективные пластичные смазки серии Mobil Dynagear. Смазки Mobil Dynagear созданы на основе литиевого загустителя с применением тщательно подобранных высокоэффективных присадок и полусинтетических базовых масел высокой вязкости. Такое сочетание обеспечивает прочную масляную пленку на рабочих поверхностях, которая надежно защищает их от грязи, пыли, отходов производства и воды. Смазки серии Mobil Dynagear разработаны специально для тяжелонагруженных открытых зубчатых передач канатно-скреперных и электрических, одноковшовых экскаваторов. Для обеспечения эффективной работы данного оборудования смазка обладает исключительными противозадирными и противоизносными свойствами. Передовые продукты данной серии являются частью комплексного предложения компании ExxonMobil, включающего индустриальные смазочные материалы и масла для коммерческого транспорта, специально разработаны, чтобы помочь оптимизировать производительность горнодобывающих предприятий по сравнению с обычными минеральными маслами. Exxon Mobil Petroleum & Chemical, дочернее предприятие Exxon Mobil Corporation, является производителем моторных масел и смазочных материалов Mobil и Esso.

Lubricating Specialties Company (LSC) – один из крупнейших производителей смазочных материалов в США. Компания была создана в 1928 г. для разработки технологий и производства смазочных материалов. LSC и по сей день производит смазочные материалы для мировых лидеров по производству масел. Lubricating Specialties Company производит масла под собственной зарегистрированной торговой маркой POLO. Компания имеет длительный опыт сотрудничества с рядом ведущих мировых автопроизводителей, включая Daim-lerChrysler, Porsche, Mercedes-Benz AMG, Toyota, Peugeot.

Компания Техасо была основана в 1902 году. С 1912 года Техасо занимается производством смазочных материалов, а в 1931 появляется линия моторных масел Техасо Na-voline. Еще в 40-х годах исследовательская лаборатория Техасо в г. Бикон (США) начала реализацию совместного проекта с автомобильными производителями Детройта. 50-60-е

годы стали временем активного продвижения Texaco на заводы европейских и японских автомобильных производителей, где продукция компании получила высокую оценку со стороны Ford, Volvo, Jaguar, Nissan, BMW, Saab, Renault, Toyota, Honda. В 1967 году в Генте (Бельгия) открылся европейский исследовательский центр – Texaco Technology Gent. Сегодня он является одним из общепризнанных мировых научных центров по разработке смазочных материалов.

Компания FL Selenia была основана в 1912 г. как отделение Lubrificanti в группе Fiat, чтобы обеспечивать автомобили Fiat маслами для заливки на конвейере. В 1976 г. FL становится независимой компанией. В декабре 2000 года компания покупает фирму Viscosity Oil в США, которая обладает новейшими разработками добавок к трансмиссионным маслам. Благодаря этому FL становится одним из мировых лидеров в производстве смазок.

Американская независимая компания Sun Oil Co. Inc., основанная в 1886 г., стояла у истоков добычи и переработки нефти, производства масел в США. Сегодня Sunoco Inc. – крупнейшая в США.

Торговая марка XCEL принадлежит американской компании XCEL Lubricants Tampa FL, которая была основана в 1903 году. В настоящее время это нефтяной концерн, занимающий одну из ведущих позиций на рынке Америки по производству моторных масел, имеющий собственные мощности по добыче и переработке нефти и газа. Широкий спектр продукции XCEL разрабатывается как в собственных лабораториях, так и при сотрудничестве со специалистами научно-исследовательских центров всего мира. Все масла XCEL соответствуют классификации API.

Компания ConocoPhillips, третий в США по величине нефтяной концерн, а также крупнейший стратегический партнер ЛУКОЙЛа (владеет около 15% его акций). Эта компания является крупным поставщиком смазочных материалов [1].

Американская корпорация «Dow Corning» изготавливает известные высокоэффективные смазочные материалы «Molykote», которые помогают уменьшить трение и износ, увеличить время между сменами смазки и уменьшить расходы на техобслуживание и замену деталей в таких ситуациях, с которыми не справились бы обычные масла и консистентные смазки. Смазочные материалы Molykote разработаны с расчетом на то, чтобы они могли выдерживать суровые условия высоких нагрузок, пыльной, грязной или химически агрессивной среды, экстремальных температур и скоростей, однако они идеальны также для смазки в нормальных условиях эксплуатации.

Японская нефтяная компания «Nippon Oil Corporation» образовалась в результате слияния двух гигантов японской индустрии – «Mitsubishi Oil» и «Nippon Oil». Масла ENEOS – результат их совместной и плодотворной работы. Название ENEOS расшифровывается просто: E – первая буква слова ENERGY, а NEOS по-гречески означает «новый». Таким образом, ENEOS переводится как «Новая энергия». «Nippon Oil Corporation» – поставщик масел для всех японских автопроизводителей. Назовем хотя бы такие имена, как Toyota, Nissan, Honda, Yamaha, Komatsu и другие, включая новый запущенный завод Toyota в Санкт-Петербурге (на конвейер поставляются трансмиссионные масла ENEOS). Смазочные материалы "ENEOS" разработаны с учётом международных стандартов качества и рекомендованы к применению в американской, европейской, японской и российской технике.

Смазочные материалы ZIC производятся «Корпорацией Эскей» (SK Energy) в Южной Корее. Основанная в 1962 году, SK Energy была первой компанией в Корее, специализирующейся в области нефтепереработки. Сегодня корпорация превратилась в ведущую компанию по производству смазочных материалов т допуски производителей автомобилей, таких как Toyota, VW, Mercedes Benz, Nissan, Renault, Volvo, Honda, Mitsubishi, Iveco, Scania, Fiat, Mack, Cummins, MAN [2].

## ЛИТЕРАТУРА

1. Автомобильные масла – смазки // autoExpert – News. Выпуск 2. 2012.
2. <http://www.oil-top.net/page/page28.html>.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СМАЗОЧНОЙ КОМПОЗИЦИИ ПУТЕМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ОБРАБОТКИ

**Б.Р. Киселев, Н.И. Замятина, Р.Э. Аллахвердиев, А.А. Мельников, Д.В. Смирнов**  
(ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный химико-технологический университет»)

Химическое строение, полярность и поляризуемость молекул маслорастворимых ПАВ и их межмолекулярные взаимодействия в целом определяют функциональные свойства исследуемых маслорастворимых металлоплакирующих присадок.

Для определения величины природной полярности ПАВ используем электромагнитное излучение (ЭМИ). Электромагнитное поле (ЭМП) в зависимости от частоты и напряженности может воздействовать на все виды поляризации: от электронной и атомной до мицеллярной и структурной. Согласно теории Лоренца, на молекулу ПАВ в ЭМП действует внешнее макроскопическое поле ( $E'_{\text{эмп}}$ ) и внутреннее ( $E''_{\text{эмп}}$ ), обусловленное электростатическим взаимодействием между молекулами и пропорциональное поляризации ПАВ. Тогда общая энергия молекулы ( $E_{\text{общ}}$ ) равна [1]:

$$E_{\text{общ}} = E'_{\text{эмп}} + E''_{\text{эмп}}. \quad (1)$$

Молекулы ПАВ во внешнем ЭМП стремятся занять положение, отвечающее минимуму их потенциальной энергии ( $E_{\text{пот}}$ ) [2]:

$$E_{\text{пот}} = -\mu E_{\text{эмп}} \cos \theta, \quad (2)$$

где  $\mu$  - индуцированный дипольный момент;

$\theta$  – угол между осями диполей ПАВ и направлением ЭМП;

$E_{\text{эмп}}$  - энергия электромагнитного поля.

Энергия электромагнитного поля равна [3]:

$$E_{\text{эмп}} = 1/2 \varepsilon E_{\text{эл}}^2 + 1/2 m H_{\text{мп}}^2, \quad (3)$$

где  $\varepsilon$  – диэлектрическая проницаемость;

$E_{\text{эл}}$  – напряженность электрического поля;

$m$  – магнитная проницаемость;

$H_{\text{мп}}$  – напряженность магнитного поля.

При уменьшении потенциальной энергии молекул в ЭМП их свободная энергия ( $E_{\text{св}}$ ) возрастает [2]:

$$E_{\text{св}} = E_{\text{св}}^{\circ} + \varepsilon E_{\text{эмп}}^2 / (8\pi), \quad (4)$$

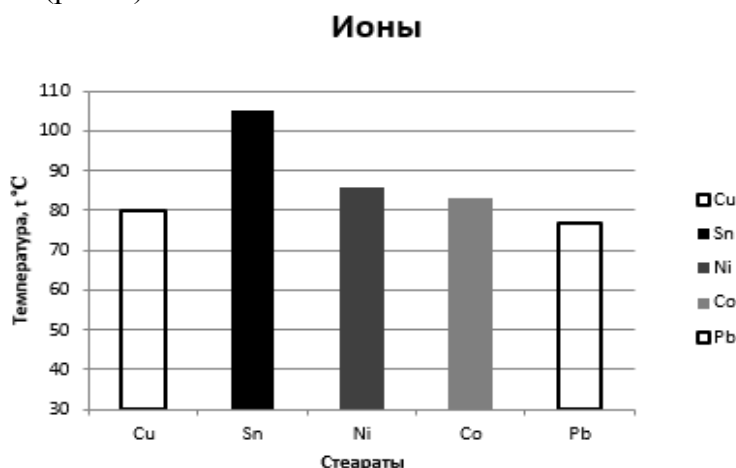
где  $E_{\text{св}}^{\circ}$  – свободная энергия в отсутствие поля.

При воздействии ЭМИ на исследуемые композиции согласно уравнениям происходит выделение свободной энергии молекул и это является откликом, критерием которого является температура.

Задача работы состоит в определении относительной потенциальной энергии исследуемых ПАВ по температурному фактору.

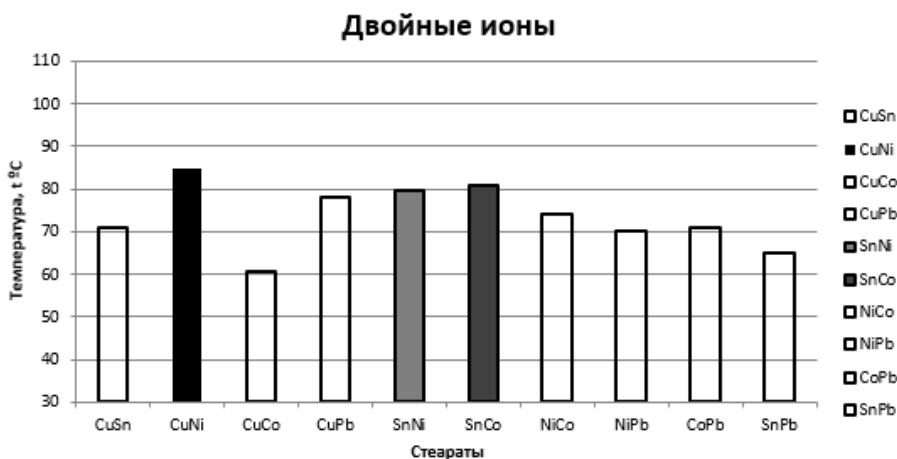
ПАВы состоят из солей металлов жирных предельных и непредельных кислот: Cu, Sn, Ni, Co, Pb, которые являются ионами раствора. Исследования проводились в следующей последовательности: на первом этапе исследовались одинарные ионы, затем двойные, тройные и четверные.

Результаты исследований показывают, что при одном и том же ЭМИ по напряженности и времени воздействия у одинарных ионов наибольший температурный отклик показал ион Sn (рис. 1).



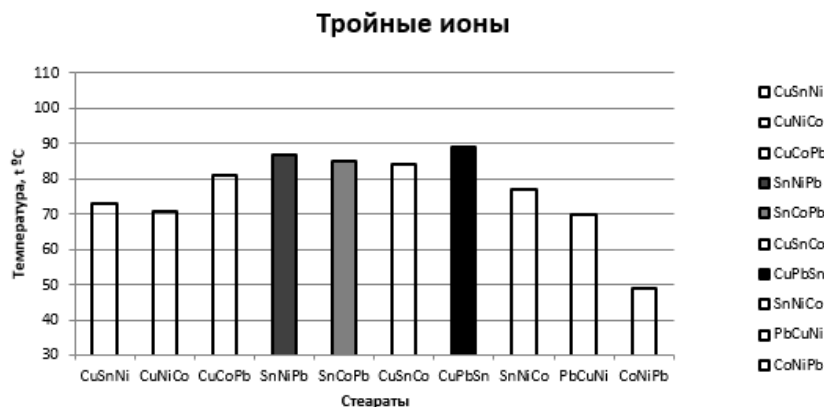
**Рис. 1.** Температура раствора с содержанием ионов при ЭМИ

В случае двойных ионов максимальный нагрев произошел в композиции CuNi (рис. 2). Высокие показатели температуры наблюдаются у растворов SnNi и SnCo.



**Рис. 2.** Температура раствора с содержанием двойных ионов при ЭМИ

В сочетании тройных ионов наибольший нагрев произошел в композиции CuPbSn (рис. 3). Однако, сочетание композиций с ионами свинца для практического применения в смазочном материале, в качестве присадки, не рассматривается из-за экологических требований.



**Рис. 3.** Температура раствора с содержанием тройных ионов при ЭМИ

Исследование четверных ионов показывает, что наибольший результат нагрева происходит у композиций, в составе которых имеется Cu и Ni (рис. 4). Что касается ионов, включающих Pb, то этот вариант не рассматривается, по выше указанной причине.

Ранжирование результатов исследования показывает, что наибольшая потенциальная энергия в сочетании имеют ионы Cu, Sn, Ni, Co (табл.1).

В этой связи интересно знать влияние энергетической эффективности композиции Cu, Sn, Ni, Co, используемой в качестве присадки для масла МС-20, на величину коэффициентов трения скольжения пары «ролик-ролик», изготовленной из стали 45 (НВ 280). Испытания смазочных материалов проводилось на машине трения СМТ-1 в зависимости от процентного сочетания масс компонентов данной присадки по симплекс планированию. Наилучшие показатели коэффициентов трения ( $f$ ) в зависимости от нагрузки получены при составе смазочного материала содержащего 1,5 % масс Cu, 1,5% масс Sn, 3 % масс Ni и 1% масс Co, где  $f_{cp} = 0,012$ .

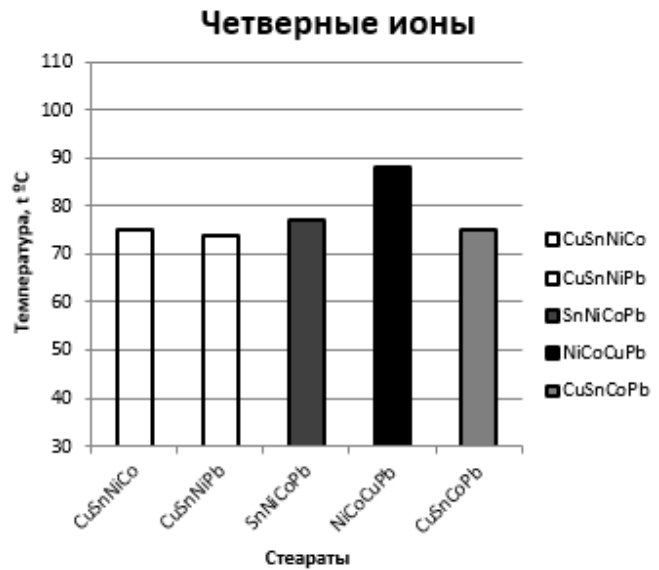


Рис. 4. Температура раствора с содержанием четверных ионов при ЭМИ

Таблица 1. Ранжирование результатов исследования

№ графика	Место по температурному фактору		
	1	2	3
1	Sn	Ni	Co
2	CuNi	SnCo	SnNi
3	CuPbSn	SnNiPb	SnCoPb
4	NiCoCuPb	SnNiCoPb	CuSnCoPb
Результат большей повторяемости	Cu	Sn, Ni	Sn, Co

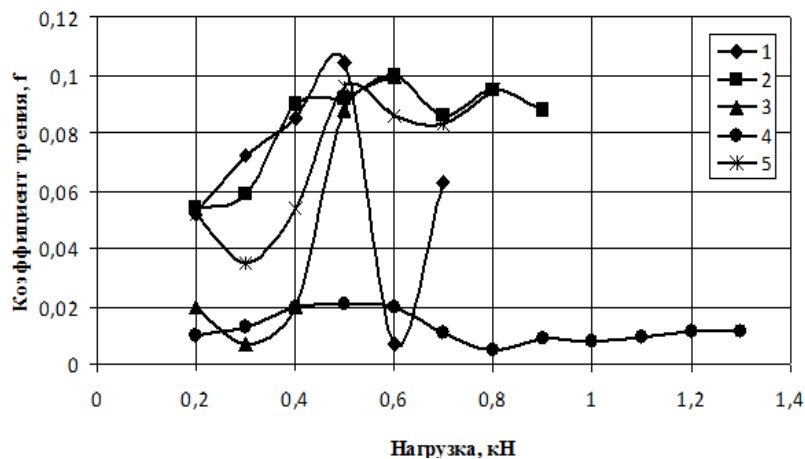


Рис.5. Результаты исследований: 1-5 – варианты смазочных композиций с различным процентным содержанием компонентов присадки Cu, Sn, Ni, Co

Что касается других энергетических эффективных композиций, то можно отметить более высокие коэффициенты трения при оптимальных сочетаниях % масс компонентов. Например,  $\text{CuNi} - f_{\text{ср}} = 0,032$ ;  $\text{SnNi} - f_{\text{ср}} = 0,048$ ;  $\text{SnCo} - f_{\text{ср}} = 0,042$ . В целом результаты эксперимента подтверждают показатели ранжирования. В связи с этим можно сделать вывод, что коэффициенты трения смазочных материалов зависят от потенциальной энергии ионов присадки, которая определяет образование адсорбционных пленок. Однако данный показатель не является определяющим, так как  $f$  зависит от концентрации активных элементов среды и эффекта триботехнического синергизма и антогонизма при сочетании ионов.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Эме Ф. Диэлектрические измерения. М., "Химия", 1967. – 127 с.
2. Минкин В.И., Осипов О.А., Жданов Ю.А. Дипольные моменты в органической химии. Л. "Химия", 1968. – 248 с.
3. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теория поля. Изд. 3-е, пер. М., Физматгиз, 1960. – 400 с.

### КОМБИНИРОВАННАЯ СМАЗОЧНАЯ КОМПОЗИЦИЯ ДЛЯ УЗЛОВ ТРЕНИЯ АВТОТРАНСПОРТНОЙ ТЕХНИКИ

**В.В. Киселев, В.П. Зарубин, А.В. Топоров, П.В. Пучков, И.А. Калинин**  
(ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»)

За последние десять лет на авторынке России, станциях техобслуживания и в мастерских появилось большое количество различных автопрепаратов и, в частности, дополнительных присадок к моторным маслам. В рекламных документах такие препараты представляются как панацея от всех болезней автомобиля. Из-за завышенных и неоправдавшихся впоследствии ожиданий от их применения отношение к таким добавкам у автолюбителей колеблется в широком диапазоне эмоций – от неумеренно восторженного до полного непризнания. Такая ситуация обусловлена, в первую очередь, отсутствием достоверной информации о составе, полезном действии и возможных побочных эффектах при использовании различных присадок к моторным маслам.

Важнейшей характеристикой моторных масел является их вязкость. От величины вязкости масла зависят его герметизирующие свойства, расход масла на угар и внешние утечки, прокачиваемость по смазочной системе, пусковые качества двигателя, реализация жидкостного или граничного трения в различных фрикционных узлах (а тем самым их износ). Современные моторные масла представляют собой сбалансированный коллоидный раствор многих функциональных присадок в базовом нефтяном или синтетическом масле и лишь благодаря этому способны справляться со своими обязанностями в двигателе.

Возникает тогда разумный вопрос: «Зачем же нужны дополнительные присадки (добавки) к маслу?» Автомобильные двигатели действительно могли бы работать с такими маслами при рекомендуемых сроках замены до миллиона километров пробега, если бы эксплуатировались эти двигатели в идеальных условиях, при высококачественном топливе и всегда при исправном состоянии топливной системы, систем зажигания и газораспределения. Но на практике эти условия редко реализуются в полной мере. Именно поэтому применение дополнительных присадок к стандартным моторным маслам необходимо рассматривать как способ повышения защиты двигателя при эксплуатации его в экстремальных условиях или при уже ухудшенном техническом состоянии.

Многие дополнительные присадки к маслам, продаваемые в России, представляют собой масляные концентраты индивидуальных стандартных присадок к моторным маслам (производства преимущественно фирм США). Так, например, в качестве антифрикционной и противоизносной присадки практически во всех моторных маслах в настоящее время применяется диалкилдитиофосфат цинка. В разных маслах изменяется лишь его процентное содержание (обычно 1-2 %). Сегодня на рынке предлагается много препаратов, содержащих диалкилдитиофосфат цинка. При использовании этих присадок необходимо соблюдать повышенные меры предосторожности – диалкилдитиофосфат цинка токсичен. Кроме того, увеличение содержания диалкилдитиофосфатов цинка в масле приводит к отложениям на клапанах и свечах зажигания, отравлению каталитических нейтрализаторов отработанных газов, а также к коррозии и повышенному износу медь – и свинецсодержащих деталей двигателя (бронзовых втулок, антифрикционных вкладышей подшипников).

Авторами проводится активная работа по созданию альтернативных противоизносных присадок, не оказывающих пагубного влияния на экологию и не уступающих по эффективности применения.

Ранее были созданы и исследованы две смазочные композиции с различными видами наполнителей. В первом случае наполнителем являлся медно-оловянный комплекс (зеленая зависимость), во втором – мелкодисперсный порошок искусственного серпентина (желтая зависимость). Эти добавки вводились в базовое промышленное масло И-20 (красная кривая). Были получены триботехнические характеристики данных смазок, представленные на рисунке 1.

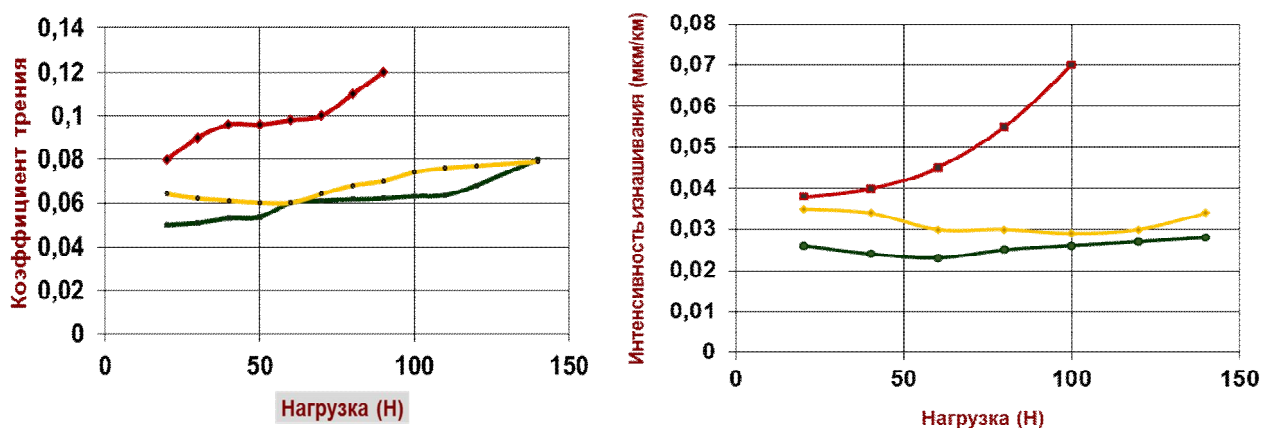


Рис. 1. Триботехнические характеристики смазок

На этих зависимостях (рис. 1) видно, что оба наполнителя существенно улучшили триботехнические показатели базового масла – снизился коэффициент трения и интенсивность износа поверхностей трения, а также увеличилась нагрузочная способность.

Проводилось микрофотографирование поверхностей трения с увеличением в 500 раз. Полученные фотографии свидетельствуют о выравнивании поверхности, снижении ее шероховатости. Этому способствовало введение в масло добавок.

Тем не менее каждая из исследованных добавок: металлсодержащая присадка и порошок искусственного серпентина обладают рядом недостатков. Основными из которых являются:

- для металлсодержащей присадки – это провокация металлического контакта, препятствующая осаждению мягких металлов на поверхностях трения;
- для искусственного серпентина – это повышение поверхностной твердости.

## НАДЕЖНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

Коллективом авторов получена и исследована новая высокоэффективная добавка на основе солей мягких металлов и порошка искусственного серпентина. Исследования присадки показали, что совместное действие этих компонентов привело к значительному снижению износа в зоне трения, за счет более интенсивного осаждения мягких металлов на контактирующих поверхностях. В качестве исследуемых сравнительных характеристик были выбраны зависимости коэффициента трения от нагрузки в узле трения и интенсивности износа от нагрузки (рис. 2, рис. 3).

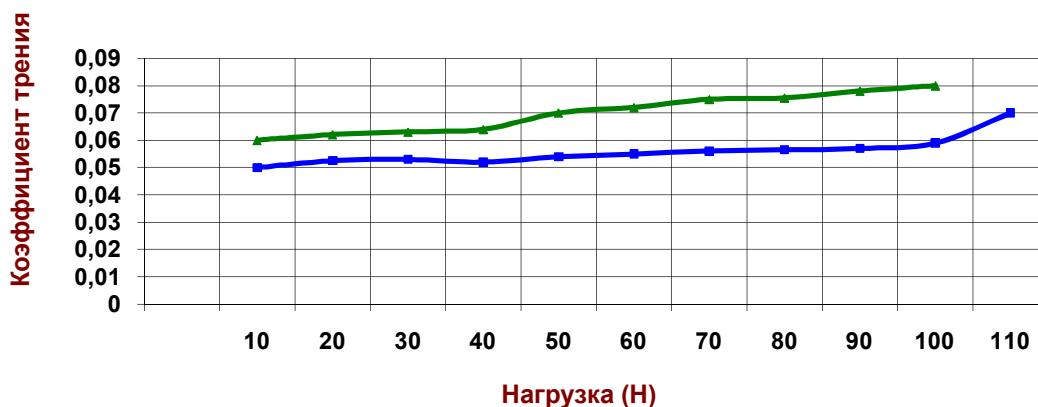


Рис. 2. Зависимость коэффициента трения от нагрузки:

▲ — для базового масла И-20 с базовыми присадками; ■ — для масла И-20 с комбинированной присадкой

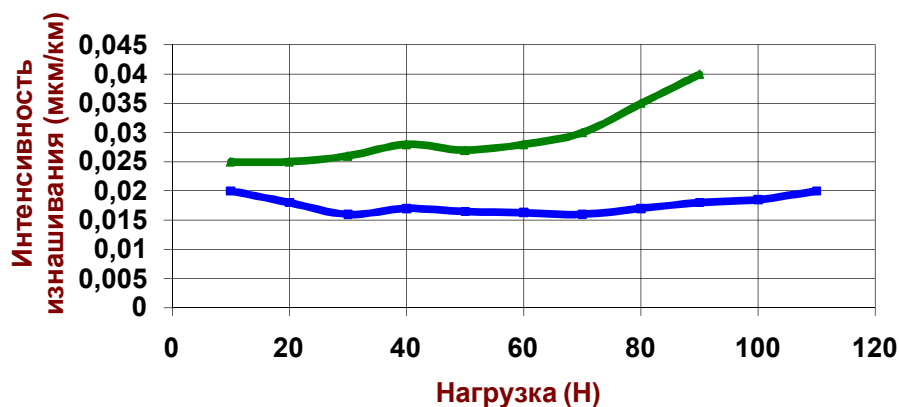


Рис. 3. Зависимость интенсивности износа от нагрузки:

▲ — для масла И-20 с базовыми присадками; ■ — для масла И-20 с комбинированной присадкой

Анализ полученных триботехнических зависимостей позволяет сделать вывод о том, что коэффициент трения в узле трения снизился в среднем на 10-12 %, а интенсивность износа в узле трения сократилась до 30 %. На основании этого можно сделать предположения о том, что применение разработанной присадки позволит в значительной мере снизить износ узлов трения и повысить надежность техники.



Технология приготовления смазочного комплекса заключается в механическом смешивании в определенной пропорции двух наполнителей: медно-оловянного комплекса и порошка искусственного серпентина. Смешивание производится при помощи ультразвукового диспергатора, который позволяет получить равномерное распределение порошка серпентина в металлоплакирующем смазочном комплексе. На рисунке 4 представлена фотография разработанной смазочной композиции.

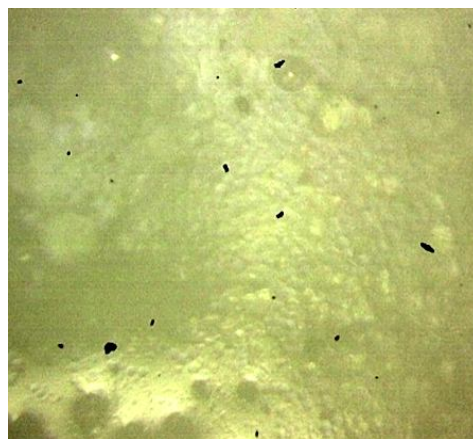


Рис. 4. Смазочная композиция (x200)

Объектом внедрения разработки является автотранспорт и машиностроение. Внедрение разработанной добавки в масла позволит снизить затраты мощности на трение, снизить энергопотребление, уменьшить износ трущихся деталей, увеличить ресурс узлов трения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Киселев В.В., Топоров А.В., Пучков П.В. Повышение надежности пожарной техники применением модернизированных смазочных материалов // Пожаровзрывобезопасность. – 2010. Т. 19. – №2. – С. 50 – 53.
2. Киселев В.В., Полетаев В.А. Исследование триботехнических характеристик металлосодержащих присадок к маслам, используемым в электрических машинах // Вестник ИГЭУ. – 2011. – Выпуск 2. – С. 65 – 67.
3. Гаркунов Д.Н. Триботехника. – М.: Машиностроение, 1999. – 336 с.
4. Пучков П.В., Киселев В.В., Топоров А.В. Разработка конструкции трибологически безопасного резьбового соединения // Вестник ИГЭУ, 2012. – Выпуск 1. – С. 28 – 31.
5. Киселев В.В., Топоров А.В., Пучков П.В. Перспективы использования модернизированных смазочных материалов в пожарной и аварийно-спасательной технике // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты, 2011. – №3. – С. 23 – 29.

#### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ МЕТАЛЛОПЛАКИРУЮЩИХ ПРИСАДОК В МАСЛЕ

**В.В. Киселев, А.В. Топоров, П.В. Пучков**  
(ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»)

Для снижения трения и изнашивания разнообразных узлов трения в технике широко используют смазочные материалы. Наиболее распространенными и широко применяемыми являются жидкие и пластичные смазки.

В настоящее время в нашей стране развиваются прогрессивные направления получения прочных, постоянно возобновляемых граничных слоев, защищающих металл от износа и задира, к которым относится избирательный перенос и трибополимеризация. Явление избирательного переноса, связанное с формированием на поверхности металла тончайших пленок меди и других мягких металлов, позволяет в некоторых случаях добиться минимального износа. Избирательный перенос при трении (эффект безызносности) — явление, по своему характеру противоположное изнашиванию: если при изнашивании во время трения все процессы в зоне контакта сводятся к разрушению поверхности, то процессы при

избирательном переносе носят созидательный характер: они необратимы и относятся к самоорганизующимся процессам неживой природы.

За последние четверть века использование избирательного переноса значительно расширилось. Стремление создать материалы для работы в узлах трения машин, реализующие процесс самопроизвольного восстановления ионов металлов на металлической поверхности и обладающие комплексом положительных свойств, привело к обилию разработок металлосодержащих присадок. В настоящее время трудно указать область машиностроения, в которой избирательный перенос не был бы применен или апробирован [1].

Однако в литературе нет однозначного ответа об оптимальной концентрации присадок в маслах, реализующих избирательный перенос при трении.

В работе [2] оптимальным количеством меди, согласно исследованиям, было принято 3 мас.%. При использовании смазочных материалов общего назначения эффект избирательного переноса реализуется путем введения в их состав поверхностно – активных веществ. В индустриальные масла общего назначения достаточно добавить 0,75 – 1% стеаратов мягких металлов [3]. Авторы работы [4] показали, что наибольшая эффективность комплексообразующих соединений проявляется в очень узком диапазоне концентраций (0,05 – 0,2 мас.%), что значительно меньше концентраций - 1 – 5 мас.%, традиционно применяемых в промышленности противоизносных и противозадирных присадок. Эти данные совпадают с результатами исследований А.К. Прокопенко и Ю.С. Симакова [4] при их оценке оптимальной концентрации присадки МКФ – 18. При методе безразборного восстановления двигателей внутреннего сгорания в масло двигателя вводится металлоплакирующая присадка объемом 0,3% по отношению к объему масла.

В.М. Бондюгин и В.В. Быченков установили возможность ускорения приработки тяжело нагруженных зубчатых передач при использовании подобной присадки. При технологической обкатке редуктора бурового насоса в состав масла И – 50 вводились 1,5 мас.% МКФ – 18У. Использование присадки с такой концентрацией позволило сократить срок приработки механизма в 2 раза.

Триботехнические испытания по определению оптимальной концентрации присадки МКФ – 18 проводились А.К. Прокопенко на парах трения из стали марки 45. Удельная нагрузка на образцы составляла 20 МПа. В качестве базового смазочного материала использовалось индустриальное масло И – 20А. Концентрация присадки менялась от 0,02 до 2% от массы масла. При концентрации 0,15 мас.% в ряде экспериментов был достигнут режим безыносного трения. Однако при испытании присадки в больших концентрациях была обнаружена вторая область оптимальных концентраций – 1 мас.%. В некоторых экспериментах при этой концентрации был также получен режим безыносного трения.

На основании изложенного можно сделать вывод, что для каждой отдельной присадки существует оптимальная концентрация в масле, обусловленная определенными критериями ее применения, однако, эта концентрация не выходит за рамки 0,2 ... 3 мас.%. Нами разработана новая присадка, содержащая стеараты олова и меди жирных кислот, которую можно отнести к медно – оловянному комплексу. В проведенных экспериментах с разработанной присадкой был выявлен ряд показателей, свидетельствующих о ее превосходстве по сравнению с известными аналогами. Одним из нерешенных оставался вопрос об оптимальной концентрации присадки в масле.

С целью выявления оптимальной концентрации присадки были проведены исследования триботехнических характеристик металлоплакирующей присадки.

Известно, что набор экспериментальных значений нескольких независимых факторов («условий опытов») оказывает существенное воздействие на статистические качества результатов обработки эксперимента, в частности, при определении параметров регрессии. Наилучшие рекомендуемые сочетания исходных данных находят методами планирования эксперимента. В наших опытах мы учли эти рекомендации: значения независимого фактора

$X_1$  выбраны равноотстоящими, опыты проведены при всех сочетаниях значений  $X_1$  и  $X_2$ . При изменении значений  $X_1$  (от 0,5 до 2,5 %) при всех значениях  $X_2$  и в каждой из трех серий опытов, отличающихся по значению нагрузки, искомое оптимальное (наименьшее) значение степени износа было отчетливо «перекрыто», что подтвердила последующая статистическая обработка. Поиск оптимальных значений в другом диапазоне значений  $X_1$  признан нецелесообразным по техническим причинам. При варьировании значений  $X_2$  в диапазоне 5...7 % (также с постоянным шагом) ощутимого изменения результирующего фактора обнаружено не было, что опять-таки подтверждено дальнейшими расчетами. Для уточнения этого были проведены дополнительные опыты с двумя другими значениями  $X_1$ , в определенной мере произвольными, причем последующий контрольный анализ показал, что, по техническим причинам, они несколько отличны от «круглых» чисел. Однако рассчитанная ковариация для наборов попарных сочетаний признаков  $X_1$  и  $X_2$  оказалась достаточно близкой к нулю (менее  $10^{-6}$ ), что позволяло надеяться на хорошие статистические качества результатов дальнейшей обработки имеющихся данных (что и подтвердилось в последствии). В связи со значительными продолжительностью и стоимостью экспериментов ограничили имеющимися данными.

Первичный, «визуальный» анализ результатов эксперимента показывает, что значения зависимого фактора  $Y$  – степени износа являются наименьшими при  $X_1=1,5$ . Это верно при каждом значении  $X_2$  и при каждом фиксированном значении нагрузки. Более того, все значения  $Y$  при  $X_1=1,5$  меньше любого значения  $Y$  при других значениях  $X_2$  при каждом значении нагрузки, и за несколькими исключениями – вообще при всех значениях нагрузки.

Предположение о том, что значение  $X_1=1,5$  является наилучшим среди выбранных, следует подтвердить статистической обработкой, учитывающей влияние случайных погрешностей.

Для этого был предпринят поиск функциональной зависимости между исследуемыми факторами. Так как в рассматриваемом случае неизвестны какие-либо теоретические данные о влиянии факторов  $X_1, X_2$  на  $Y$ , то нет оснований предложить (и ограничиться) каким-либо конкретным типом функциональной зависимости (показательная, степенная и т.д.). В таком случае, как известно, подбирают зависимость возможно более простого вида, с небольшим числом подлежащих определению параметров, но, вместе с тем, хотя бы качественно соответствующую характеру изменения данных и позволяющую решить конкретную прикладную задачу.

Известно также, что полиномы от нескольких переменных достаточно часто оказываются пригодными в этом случае, а способы определения их коэффициентов хорошо разработаны и допускают ясную статистическую интерпретацию результатов расчетов.

Так как целью исследования, фактически, являлось определение экстремумов, а линейная функция их не имеет, подбор зависимостей был начат с многочленов второй степени. При этом не исключалась, при необходимости, возможность использования иных функций.

Таким образом, подбирались зависимости вида:

$$Y = a_0 + a_1X_1 + a_2X_2 + a_{11}X_1^2 + a_{12}X_1X_2 + a_{22}X_2^2 \quad (1)$$

При этом, поскольку общее число определяемых параметров влияет на качество статистических оценок, то исследовались и «усеченные» зависимости, в которых отсутствуют слагаемые с незначимыми коэффициентами.

На первом этапе рассчитывались коэффициенты «а» в формуле (1) методами регрессионного анализа (методом наименьших квадратов), а также стандартные ошибки определения этих коэффициентов, стандартная ошибки определения  $Y$ , коэффициент множественной детерминации, значение F-критерия.

Пусть  $X$  – матрица размером  $(m \times n) \times 2$ , где  $m=5$ ,  $n=6$  – число уровней факторов  $X_1$  и  $X_2$  соответственно, каждая строка которой состоит из двух элементов: значений этих факторов в отдельном опыте. Тогда, как известно, стандартная ошибка (корень из

## НАДЕЖНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

исправленной дисперсии) определения коэффициентов равна  $s_a = s_u \sqrt{x_a}$ , где  $x_a$  – соответствующий коэффициенту «а» диагональный элемент матрицы  $(X^T X)^{-1}$ ,  $s_u^2$  – дисперсия остатков (разностей между наблюдаемыми и расчетными значениями Y). Значимость коэффициентов при уровне значимости 0,05 проверялась по t-критерию (Стьюдента). Рассчитанное значение  $t = |a|/s_a$  сравнивалось с  $t_{\text{критич}}$  (табличные значения). Результаты расчетов по отдельным формулам (1) могут сравниваться друг с другом по величине коэффициента детерминации. Значимость же зависимости в целом проверяется сравнением рассчитанного значения F- критерия с критическим табличным значением (коэффициент детерминации B – это доля т.н. «объясненной дисперсии, определяется по формуле:

$$B = \frac{\sum (y_{k \text{ расч}} - \bar{y})^2}{\sum (y_{k \text{ эксп}} - \bar{y})^2}, F = B(n-m-1)/((m(1-B)))$$

$n=30$  – число опытов,  $m$  – число оцениваемых параметров.

Результаты расчетов:

1. Полный набор коэффициентов в формуле (1).

$n=30$  – число опытов,  $m=6$ , число степеней свободы для t-статистики равно 24, степени свободы для F-статистики 5 и 24,

$t_{\text{критич}} = 2,06$      $F_{\text{критич}} = 4,52$

Нагрузка 4 МПа:

Факторы	$a_0$	$a_1$	$a_2$	$a_{11}$	$a_{12}$	$a_{22}$
Коэфф-ты	57,974	-94,3	4,81	30,62	-0,16	-0,23
Станд. ошибки	17,03	10,28	3,36	3,04	0,54	0,15
t-Статистика	3,40	9,16	1,431	10,054	0,29	1,48

Коэффициент детерминации  $B = 0,818$ ;

F-статистика: 21,6;

стандартная ошибка для Y: 6,98.

Нагрузка 6 МПа:

Факторы	$a_0$	$a_1$	$a_2$	$a_{11}$	$a_{12}$	$a_{22}$
Коэффициенты	71,93	-115,4	5,41	37,52	-0,18	-0,26
Станд.ошибки	19,48	11,77	3,85	3,48	0,62	0,18
t-Статистика	3,69	-9,81	1,41	10,77	-0,29	-1,47

Коэффициент детерминации  $B = 0,837$ ;

F-статистика: 24,60;

стандартная ошибка для Y: 7,98.

Нагрузка 8 МПа:

Факторы	$a_0$	$a_1$	$a_2$	$a_{11}$	$a_{12}$	$a_{22}$
Коэффициенты	92,11	-145	6,495	46,28	-0,32	-0,31
Станд.ошибки	23,14	13,98	4,568	4,138	0,74	0,214
t-Статистика	3,981	-10,3	1,422	11,18	-0,43	-1,43

Коэффициент детерминации  $B = 0,85$ ;

F-статистика: 27,83;

стандартная ошибка для Y: 9,48.

Таким образом, при всех значениях нагрузки найденные зависимости значимы по F-критерию, с достаточно близким к единице коэффициентом детерминации, однако во всех случаях коэффициенты при слагаемых, содержащих  $X_2$  – незначимы.

Малые по сравнению с критическим значения t-статистики позволили предположить, что и в других вариантах формулы (1) значимость коэффициентов, связанных с  $X_2$ , будет невелика, что и подтвердилось расчетами. Таким образом, влияние соотношения Cu/Sn значимо не подтверждается и следует привлечь дополнительные критерии для рекомендаций к выбору значений этого фактора.

Во всех полученных формулах значимый коэффициент  $a_{11}$  положителен. Значит, существует минимум  $Y$  (по переменной  $X_1$ ).

По обычной формуле для координат вершины параболы можно найти  $x_{\text{миним}} = -a_1/a_{11}$ . Но, поскольку входящие сюда коэффициенты определяются с погрешностью и данное выражение дробь, следует ожидать большой погрешности в определении возможного положения  $x_{\text{миним}}$ . Поэтому (вынужденно) заменим задачу на определения оптимального процента добавки, а именно, найдем интервал значений  $X_1$ , для которого ожидаемые значения  $Y$  будут отличаться от полученных в опыте значений при  $X_1=1,5\%$  не более чем на заданную величину, например, на 5% от максимального по  $X_2$  значения или на половину разности между значениями  $Y$  при  $X_1=1,5\%$  и при  $X_1=1\%$  и  $2\%$  (выбор этих границ должен быть обоснован потребностями практики). Если найденный интервал будет хуже, чем (1; 2), можно говорить о том, что среди значений 1; 1,5; 2 (%) значение 1,5 – самое приемлемое, а сам по себе этот интервал – определять совокупность пригодных для практических целей значений  $X_1$  вообще. Расчеты показали, что для интервала  $X_1$  (1,375; 1,625) верхние границы доверительных интервалов для  $Y$  меньше, чем экспериментальные значения при  $X_1=1$  и при  $X_1=2$ .

Например, для нагрузки 400 при  $X_2 = 5$  – эксперимент при  $X_1 = 1$ :  $Y = 8,5$ ; эксперимент при  $X_1 = 2$ :  $Y = 12,83$ ; эксперимент при  $X_1 = 1,5$ :  $Y = 5$ .

Верхние границы доверительного интервала для  $Y$ :

при  $X_1 = 1,375$   $Y_{\text{max}} = 8,84$ ;

при  $X_1 = 1,5$   $Y_{\text{max}} = 7,97$

при  $X_1 = 1,625$   $Y_{\text{max}} = 8,03$ .

при  $X_2 = 6$  - эксперимент при  $X_1 = 1$ :  $Y = 13,8$ ; эксперимент при  $X_1 = 2$ :  $Y = 10,41$ ;

эксперимент при  $X_1 = 1,5$ :  $Y = 4,46$ .

Верхние границы доверительного интервала для  $Y$ :

при  $X_1 = 1,375$   $Y_{\text{max}} = 5,46$ ;

при  $X_1 = 1,5$   $Y_{\text{max}} = 4,55$

при  $X_1 = 1,625$   $Y_{\text{max}} = 4,61$ .

Аналогичные результаты получены во всех остальных случаях.

Проведенные исследования показали, что оптимальной концентрацией металлоплакирующей присадки в индустриальном масле является 1,5 мас. %.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гаркунов Д.Н. Триботехника (износ и безызносность): Учебник. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство МСХА, 2001. – 616 с.
2. Мельников В.Г. Избирательный перенос при трении металlostеклянных материалов в растворах щелочей и управление этими процессами // Эффект безызносности и триботехнологии, 1992. №2. – С. 20 – 26.
3. Макаров Ю.Ф., Турчков Е.В. «О возможности реализации избирательного переноса в узлах трения металлорежущих станков» // Вопросы обработки металлов резанием, Иваново, 1987, – С. 83 – 90.

4. Гарновский А.Д., Бугикова Е.С. Влияние металлокомплексных и комплексообразующих добавок на свойства масел и смазок // Эффект безызносности и триботехнологии, 1992. №2. – С. 49 – 54.

### **К ВОПРОСУ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ И ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗРАБОТКИ И ВНЕДРЕНИЯ НОВЫХ СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**В.В. Киселев, А.В. Топоров, П.В. Пучков, А.С. Коновалов**  
(ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»)

Неизбежная потеря материалов происходит, начиная с добычи сырья и заканчивая производством.

Наряду с производством машин и механизмов большую статью расходов вносит восстановление изношенных в результате трения деталей. Износ трущихся деталей – главная причина выхода из строя оборудования. Иногда затраты на ремонт и техническое обслуживание машин значительно превышают их первоначальную стоимость. Увеличение мощностей и объемов выпуска требует новых технических и экономически выгодных решений.

Затраты на потери материала в ходе эксплуатации, на ремонт и техническое обслуживание можно сократить путем внедрения способов, основанных на современных разработках в области триботехники.

Для минимизации затрат разрабатываются системы с повышенной износостойкостью, и как следствие уменьшением потребности в запасных частях и увеличением срока службы оборудования.

На эксплуатационные характеристики влияют следующие факторы: условия трения; равноизносостойкость изнашивающихся деталей; разработка оптимальных форм деталей; компенсация износа; резервирование износостойкости; применение плавающих деталей, оптимальных зазоров, жёсткости или податливости деталей; учёта температурных деформаций и др.

Наиболее эффективным на сегодняшний день способом снижения трения и износа деталей является использование гидродинамического режима смазки или «жидкостное трение», при котором износ деталей практически отсутствует. Однако данный режим имеет ряд ограничений в применении, зависящих от вида смазочного материала и материалов сопрягаемых деталей. Слой смазки между трущимися поверхностями будет подчиняться законам гидродинамики ламинарного движения жидкости, и в первую очередь уравнению Ньютона [1].

Установлено, что в процессе работы узла между деталями помимо тонкой пленки смазки может самопроизвольно образовываться и металлическая пленка толщиной ~1 мкм. Такой вид трения называют «эффектом безызносности» или «безызносным трением» [1]. Износ деталей при «безызносном трении» может полностью отсутствовать. Устойчивость к нагрузкам при этом увеличивается, причем материалы деталей не соприкасаются между собой – они разделены тонкой металлической, так называемой, сервовитной пленкой. Она обладает низким сопротивлением сдвигу и не способна накапливать при деформации дислокации. На пленке, образуя с ней химическую связь, может происходить образование координационных соединений из продуктов механической деструкции углеводородов смазки, создавая дополнительный антифрикционный слой.

В результате трение из разрушительного процесса при граничной смазке при «безызносном трении» превращается в созидательный и является самоорганизующимся процессом. При трении в режиме безызносности материал одной детали отделен от материала сопряженной детали металлическим слоем – сервовитной пленкой. На ней

находится серфинг – пленка (металлоорганическая пленка). Такое строение поверхностей трения аналогично строению поверхностей трения суставов живых организмов [1].

В настоящее время разработаны теоретические основы создания к смазочным материалам маслорастворимых добавок с использованием металлов переменной валентности, обеспечивающих реализацию в узлах трения эффекта безызносности.

На сегодняшний день авторами разработаны и испытаны ряд металлосодержащих присадок, реализующих избирательный перенос. Это присадки, содержащие стеараты меди, стеараты олова и оба компонента. Испытания показали, что разработанные присадки хорошо растворимы в масле и смазке, причем металлы в смазках находятся в виде ионов и не задерживаются фильтрами. Такие материалы способны проходить любые фильтрующие системы и быть стабильными во времени. Для оценки триботехнических свойств разрабатываемых присадок были исследованы зависимость коэффициента трения от приложенной нагрузки и зависимость интенсивности изнашивания от приложенной нагрузки при фиксированном пробеге. Эти характеристики определяют границы работоспособности пары трения, стойкость материалов к изнашиванию в различных средах и позволяют выявить ресурс и срок службы узлов трения.

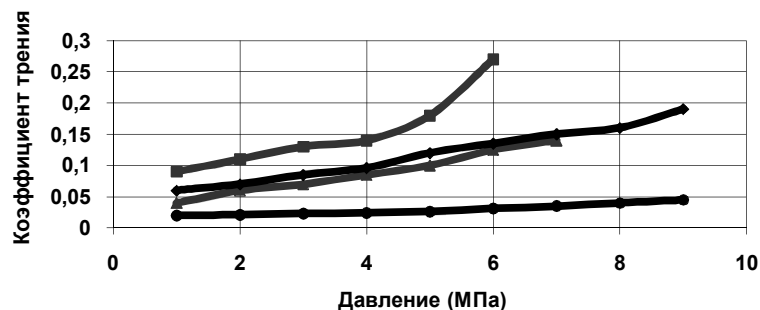


Рис. 1. Зависимость коэффициента трения от давления:

- – для базового масла И – 40; ◆ – для масла И – 40 с оловосодержащей присадкой;
- ▲ – для масла И – 40 с медьсодержащей присадкой;
- – для масла И – 40 с медно – оловянной присадкой

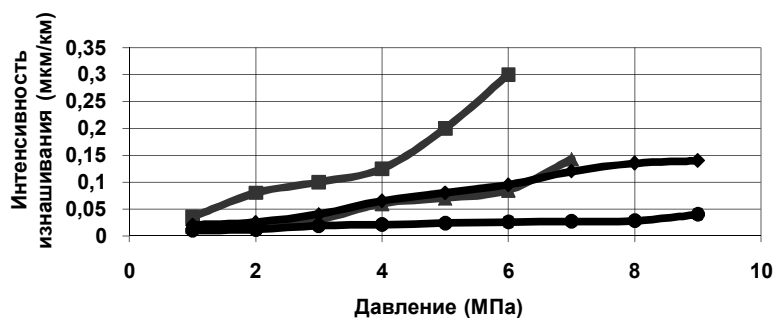


Рис. 2. Зависимость интенсивности изнашивания от давления:

- – для базового масла И – 40; ◆ – для масла И – 40 с оловосодержащей присадкой;
- ▲ – для масла И – 40 с медьсодержащей присадкой;
- – для масла И – 40 с медно – оловянной присадкой

Выполненные исследования разработанных металлосодержащих присадок, способных реализовывать избирательный перенос при трении, показали, что их введение в базовые масла привели к улучшению триботехнических свойств, в частности к уменьшению коэффициента трения до 2,5 раз, износа поверхностей до 10 раз, увеличению нагрузочной способности контактирующей пары трения до 80 %, снижению температуры узла до 25-50%.

## НАДЕЖНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

Внедрение разрабатываемых смазочных материалов, реализующих эффект безызносного трения, в производство позволит достигать значительных экономических показателей:

- сократить энергопотребления до 10-20% в год;
- увеличить ресурс пар трения до 2 раз;
- снизить вероятность аварийных разрушений оборудования;
- сократить трудозатраты на внеплановые ремонты;
- сократить расход смазочных материалов.

Варьирование состава базовых компонентов присадок, входящих в состав смазочных композиций, может позволить достигать выполнения разнообразных требований к ним со стороны машиностроителей, сформировать широкий ассортимент смазочных материалов с дифференцированными свойствами для решения многообразных, иногда весьма специфических, задач.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Гаркунов Д.Н. Триботехника (износ и безызносность): Учебник. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство МСХА, 2001. – 616 с.
2. Мельников В.Г. Избирательный перенос при трении металлоглазанных материалов в растворах щелочей и управление этими процессами // Эффект безызносности и триботехнологии, 1992. №2. – С. 20 – 26.
3. Киселев В.В. К проблеме улучшения триботехнических свойств смазочных материалов // Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология. – 2006. – Т.49. – № 12. – С.113 -114.
4. Киселев В.В., Топоров А.В., Пучков П.В. Повышение надежности пожарной техники применением модернизированных смазочных материалов // Пожаровзрывобезопасность. – 2010. – Т. 19. – №2. – С. 50 – 53.
5. Киселев В.В., Полетаев В.А. Исследование триботехнических характеристик металлосодержащих присадок к маслам, используемым в электрических машинах // Вестник ИГЭУ. – 2011. – Выпуск 2. – С. 65 – 67.

### ИССЛЕДОВАНИЕ ТРИБОТЕХНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МАШИННЫХ МАСЕЛ С ПРИСАДКАМИ ЖИДКИХ КРИСТАЛЛОВ

**М.А. Колбашов, Р.Ю. Лисицын, С.А. Сырбу<sup>\*</sup>, В.В. Новиков<sup>\*</sup>, А.А. Сырбу<sup>\*\*</sup>**  
(ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»,<sup>\*</sup> ФГБОУ  
ВПО «Ивановский государственный университет»,<sup>\*\*</sup> ОАО «ИВХИМПРОМ»)

**Введение.** Надежность и долговечность машин и механизмов во многом определяется смазочными материалами, которые используются в узлах трения машин. Известно, что присадки жидких кристаллов (ПЖК) к смазочным маслам улучшают их противозадирные и противоизносные свойства. Кроме того, в силу своих химических свойств ПЖК являются экологически менее опасными, чем иные химически активные присадки высокого давления [1-4]. Из-за большого разнообразия возможных соединений ПЖК исследования их влияния на свойства масел далеки от завершения. В результате обобщения данных различных исследователей в работе [2] высказана гипотеза о том, что ПЖК с высокими температурами фазового перехода в изотропное состояние являются более эффективными, чем низкотемпературные. В настоящей работе приведены данные наших исследований по проверке указанной гипотезы на примере изучения свойств смазочных масел с присадками холестероловых эфиров бензойной кислоты с различными заместителями.



**Эксперимент.** На основе анализа физико-химических свойств известных, выпускаемых промышленностью ПЖК в качестве высокотемпературных присадок для исследования были выбраны три присадки холестерилвых эфиров бензойной кислоты с различными заместителями – X-37, X-68, X-25. Данные соединения обладают повышенными температурами перехода в мезофазу и в изотропную жидкость по сравнению с другими кристаллами.

ПЖК холестерил хлористого X-26, как и ПЖК X-25, может быть интересна как противозадирная присадка, поскольку молекула содержит активный атом хлора. Холестерилвый эфир олеиновой кислоты (X-16), как производная олеиновой кислоты, должна обладать сильными поверхностно-активными свойствами и, следовательно, быть хорошей противоизносной присадкой [1, 3]. Холестерилвый эфир ундециловой кислоты (X-18) выбран в качестве сравнительной присадки.

Подробные данные о свойствах выбранных соединений и методах получения смазочных композиций с их использованием в качестве присадок приведены нами в работе [5]. Исследуемые ПЖК растворялись в нагретом на водяной бане базовом масле при температуре 95...100 °С, а затем охлаждались до комнатной температуры.

В качестве базовых были использованы два масла группы индустриальных масел – И-20А, И-40А и два масла группы моторных масел – М-8В, М-10Г2К.

Было установлено, что ПЖК — холестерилвые эфиров бензойной кислоты с различными заместителями X-25, X-37 и X-68 к сожалению являются лишь частично растворимыми в смазочных маслах. При комнатной температуре предельная растворимость составила – до 1...2 масс. %. Это ограничивает возможность их применения в качестве трибологических присадок. ПЖК другой группы – X-16, X-18 и X-25, напротив, являются полностью совместимыми с базовыми маслами. В испытуемых на трение смазочных составах для полностью совместимых присадок мы ограничивали концентрацию 3 масс. %. Содержание частично растворимой присадки соответствовала ее максимальной растворимости в базовом масле при комнатной температуре.

Исследование противоизносных свойств смазочных композиций проводили на базе стандартной машины трения СМЦ-2. Испытания на износ проводили по схеме «плоскость–диск». Диск изготавливали из закаленной стали 45 твердостью 56 HRC диаметром 40 мм и толщиной 1 мм, плоское контртело – в виде бруска размерами 10×10×30 мм из нормализованной стали 40Х. Интенсивность изнашивания материала в исследуемом масле определяли из отношения глубины вытертой лунки к длине  $h$  пройденного пути  $L$ . В наших испытаниях угловая скорость вращения диска  $\omega = 300$  об/мин, линейная скорость – 0,62 м/с. Длина пройденного пути за время испытаний  $t = 30$  мин составляла  $L = 1116$  м. Глубина вытираемой лунки составляла 20...40 мкм. Интенсивность изнашивания составляла  $10^{-8}$ , что соответствует данным условиям испытания. Давление на контакте рассчитывали по формуле Герца для исследуемого контакта. Испытания проводили при силе прижатия 5 кг, что обеспечивало стартовое давление порядка 300 МПа. В конце испытаний из-за образования лунки износа давление снижалось до 20...30 МПа.

Для изучения противозадирных свойства масел с ПЖК на машине трения СМЦ-2 применяли схему «диск - неподвижный диск». Диски изготавливались из стали 45 диаметром 50 мм и шириной 12 мм. Вращающийся диск подвергали термообработке – закалке и низкому отпуску. Противозадирные свойства определяли по измерению площади пятен контакта при ступенчато возрастающей нагрузке. Диапазон нагрузок 0...3000, шаг ступени нагружения – 100 Н, время трения на каждой ступени – 10 с. Для достижения подобия между смазками с различными видами присадок в данном опыте были взяты композиции с одинаковой молярной концентрацией присадок в базовом масле –  $2,5 \cdot 10^{-2}$  моль/кг.

## НАДЕЖНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

Для вычисления погрешности опыта было проведено десять экспериментов по определению площади пятна контакта при трении с маслом И-40А при нагрузке 2500 Н. Средний размер лунки составил  $36.3 \text{ мм}^2$ , стандартное отклонение среднего –  $2.5 \text{ мм}^2$ . Относительная погрешность испытаний для наших условий составила 7%. Полученное значение погрешности в силу однородности условий испытания мы в дальнейшем использовали для определения погрешности при исследовании свойств остальных смазочных композиций.

**Результаты и обсуждение.** Результаты исследований противоизносных свойств приведены в табл. 1. Анализ результатов показывает, что во всех случаях в результате введения присадок в базовые масла их противоизносные свойства увеличиваются. При введении присадок в масло И-20А износ снижается на 20...40%. В масло И-40А – 20...50%. Эффективность присадок при введении их в моторные масла несколько ниже. При введении в масло М-8В износ снижается 15...30%, в масло М-10Г2К – 5...25%. Это связано с тем, что моторные масла уже содержат пакет присадок.

Таблица 1

Марка ПЖК	Глубина лунки износа $h$ , мкм			
	И-20	И-40	М-8В	М-10Г2К
Без присадки	56	25	27,5	23
Х-16	41	20	15	19
Х-18	36	16	18	16
Х-25	38	14	20	18
Х-26	39	12	19	16
Х-37	46	19	23	22
Х-68	43	17	22	19

Анализ износа показывает, что наилучшими противоизносными свойствами обладают составы с ПЖК Х-16, Х-18, Х-25 и Х-26. В среднем износ пары при трении в этих смазках снижается в 1.3...1.5 раза по сравнению с износом пары при трении в базовых маслах. Эффективность присадок Х-37, Х-68 несколько хуже.

Прослеживается взаимосвязь эффективности с массовым содержанием присадки. Поскольку массовое содержание ПЖК Х-37, Х-68 и Х-25 из-за их ограниченной растворимости в исходных базовых смазках было ниже, противоизносные свойства таких смазочных композиций также оказались ниже. ПЖК Х-25 проявляет лучшие смазочные свойства, чем Х-37, Х-68.

Результаты исследований противозадирных свойств приведены в табл. 2. Анализ результатов также показывает, что наиболее эффективными противозадирными ПЖК являются ПЖК, содержащие хлор – Х25, Х-26.

Анализируя возможные причины повышенной трибологической активности этих присадок, мы предположили, что трибодеструкция указанных молекул происходит с образованием свободных радикалов. Обладая высокой химической активностью свободные радикалы могут образовывать прочные ковалентные связи с железом и другими металлами. Образование связей происходит по обменному механизму. Соединения, образованные свободнорадикальными фрагментами эфиров хорлестерина и металлом образуют на поверхности металла защитную мономолекулярную пленку. Химическое закрепление комплексов на поверхности способствует увеличению механической стойкости образующейся защитной пленки. Данную гипотезу можно принять в качестве рабочей при дальнейших исследованиях

Таблица 2

Присадка	Площадь пятна контакта $S$ , мм <sup>2</sup>			
	<b>И-20</b>	<b>И-40</b>	<b>М-8В</b>	<b>М-10Г2К</b>
Без присадки	39.2	34.6	32.6	34.0
Х-16	38.9	30.5	30.45	29.5
Х-18	37.6	30.5	31.5	30.0
Х-25	36.2	28.5	39.4	28.8
Х-26	34.5	30.0	29.8	30.0
Х-37	38.2	31.5	30.0	33.5
Х-68	36.9	30.5	31.0	32.0

**Выводы.** Исследованные ПЖК в целом обладают эффективным противоизносным и антизадириным действием. Эффективность связана со способностью создавать на поверхности защитные пленки. В среднем износ пары при трении в этих смазках снижается в 1.3...1.5 раза, на 10...15 % повышается задиристость.

Наши исследования ПЖК не подтвердили выводы авторов работы [2] о преимуществе жидких кристаллов с высокими температурами перехода в изотропное состояние перед низкотемпературными.

В ходе исследований было выявлено, что наилучшей способностью улучшать условия трения обладают ПЖК, содержащие в своем составе атом хлора. Это указывает на то, что их трибологическая активность связана со способностью в процессе трения распадаться на части с образованием свободных радикалов хлора и молекулярного остатка, которые химически реагируют с металлической поверхностью, образуя прочную защитную пленку.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ.*

#### ЛИТЕРАТУРА

- 1.Справочник по триботехнике. Под общ. ред. М. Хебды и А.В. Чичинадзе. М.: Машиностроение. Т.2.1990. – 420 с.
2. Ермаков С. Ф., Родненков В.Г., Белоенко Е.Д., Купчинов Б.И. Жидкие кристаллы в технике и медицине. Мн.: ООО «Асар», М.: ООО «ЧеРо», 2002. – 412 с.
3. А.с. 601304 (СССР) Смазочно-охлаждающая жидкость для механической обработки металлов / Р.И. Карабанов, В.Н. Латышев, И.Г. Чистякова, В.М. Чайковский. Опубл. в Б.И.1978. № 13.
4. Топлива, смазочные материалы и технические жидкости. Ассортимент и применение: Справочник под ред. В.М. Школьников. М.: Издательский центр «Техинформ», 1999. – 596 с.
5. Латышев В.Н., Сырбу С.А., Новиков В.В., Колбашов М.А. Реологические свойства смазочных композиций с присадками холестерических жидких кристаллов / Жидкие кристаллы и их практическое использование. Вып.3(25), 2008. – С.52-60.

## ВЫСОКОЭФФЕКТИВНАЯ СМАЗОЧНАЯ КОМПОЗИЦИЯ «ИЗУМРУДНАЯ»

**В.В. Марков, А.И. Лапочкин**

*(ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»)*

Кафедрой Технологии машиностроения ИГЭУ, и научно-производственным объединением «Изумруд» (г. Иваново), разработана универсальная смазочная композиция «Изумрудная», представляющая собой сбалансированную смесь координационных соединений меди, поверхностно-активных веществ, противоизносных и противозадирных присадок.

С целью определения трибологической эффективности разработанной присадки и определения оптимальных концентраций присадки в маслах были проведены исследования антифрикционных свойств присадки, которые проводилось на машине трения модели СМТ-1 по схеме «диск – частичный вкладыш». Образцы для испытания масел изготавливались из стали 45 и серого чугуна марки СЧ18.

Для определения оптимальных концентраций присадки в маслах были проведены предварительные исследования, в результате которых было определено, что по влиянию на величину коэффициента трения наиболее рациональным является содержание присадки в количестве 1-2,5%. При этом величина коэффициента трения уменьшалась на 35-45%. Определение износа контактных пар трения так же показало на эффективность действия присадки в указанном диапазоне концентраций.

Все дальнейшие испытания проводились при содержании присадки «Изумрудная» в маслах в количестве 1,5%, с учетом ее «выработки» в процессе эксплуатации.

В качестве исследуемых базовых масел были использованы: индустриальное масло И-20А, масло гидравлическое ВМГЗ, моторное масло ВР-3000, полусинтетическое моторное масло фирмы «Бритж Петролиум». Нагрузка изменялась ступенчато до резкого изменения величины момента трения, т.е. до наступления условий граничного заедания и схватывания.

Результаты испытаний представлены на рис.1 – 4.

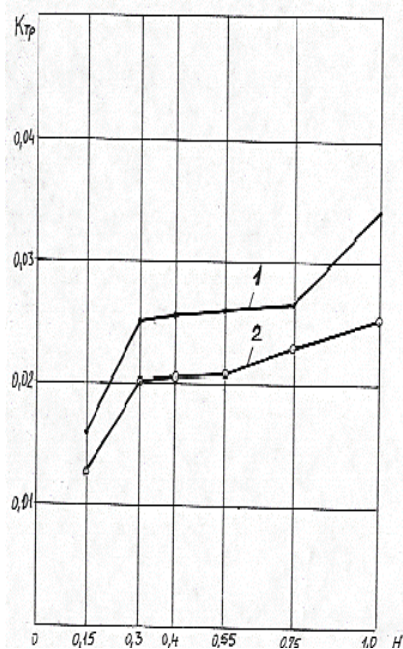
Механизм действия присадки «Изумрудная» состоит в том, что она обеспечивает условия химического плакирования поверхностей трения медью и образование композитной смазочной пленки, каркас которой составляют молекулы ПАВ, а химически-активные компоненты связывают часть активных центров поверхности и консолидируют радикальные цепочки ПАВ в прочную поверхностную структуру. Таким образом, разработанный состав присадки способствует образованию медной пленки, восстановлению параметров изношенных поверхностей трения, изменяет характер напряженного состояния в зоне контакта поверхностей, улучшает микрогеометрию поверхностей и позволяет одновременно вводить в составы смазок эффективные противоизносные, противозадирные и антифрикционные присадки. Это подтверждают лабораторные испытания масел с добавками присадки. Величина коэффициента трения при наиболее рациональных соотношениях компонентов снижается на 35 -40%. В отличие от базовых масел, масла с добавками присадки «Изумрудная» не имеют выраженного явления «заедания».

Химический состав базовых масел не влияет на эффективность действия присадки «Изумрудная».

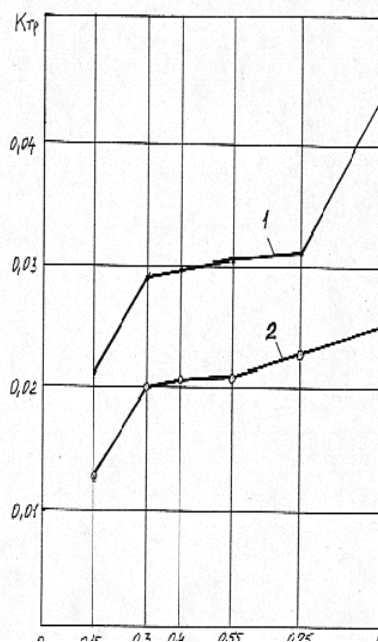
Кроме того, введение присадки в базовые масла позволяет улучшить их моющие и диспергирующие свойства.

Высокую эффективность показало применение присадки «Изумрудная» в качестве технологической присадки к моторным и трансмиссионным маслам. Она позволила снизить величины коэффициентов трения базовых моторных масел; облегчить пуск и устойчивую работу автомобильного двигателя в холоднее время года; повысить КПД двигателя и

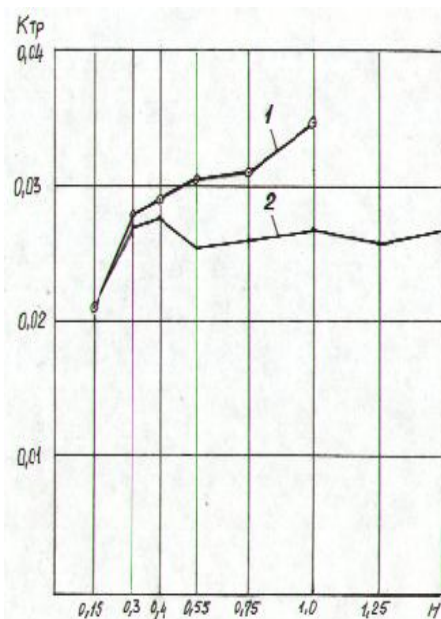
передат; на 15-20% уменьшить расход топлива; улучшить моющие, противоизносные, противозадирные и диспергирующие свойства масел.



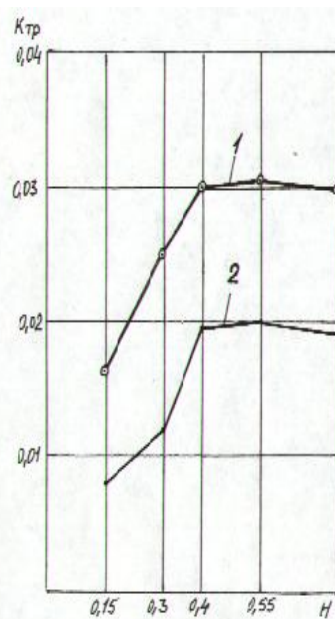
**Рис. 1.** Зависимость коэффициента трения от давления: 1 – масло гидравлическое; 2 – масло гидравлическое с добавкой 1,5% присадки «Изумрудная»



**Рис.2.** Зависимость коэффициента трения от давления: 1 - масло полусинтетическое фирмы Бритж Петролиум; 2 – масло полусинтетическое моторное фирмы Бритж Петролиум с добавкой 1,5% присадки «Изумрудная»



**Рис. 3.** Зависимость коэффициента трения от давления: 1 – масло моторнополусинтетическое ВР3000; 2 – моторное полусинтетическое ВР3000 с добавкой 1,5% присадки «Изумрудная»



**Рис.4.** Зависимость коэффициента трения от давления: 1 - масло промышленное И20А; 2 – масло промышленное И20А с добавкой 1,5% присадки «Изумрудная»

Таким образом, полученные результаты исследований показали показали высокую эффективность присадки «Изумрудная» как противоизносной, противозадирной и антифрикционной добавки к моторным и трансмиссионным маслам. Это подтвердили так же испытания присадки «Изумрудная» в реальных условия эксплуатации автомобилей.

Особенно эффективным оказалось применение указанной присадки на автомобилях со значительной величиной пробега.

Применение присадки «Изумрудная» относится к энергосберегающим технологиям, т.к. позволяет существенно снизить энергозатраты и в узлах и механизмах машин, связанных с уменьшением работ сил трения.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Заславский Ю.С., Заславский Р.Н. Механизм действия противоизносных присадок к маслам.- М.: Химия, 1978. – 224 с.
2. Повышение износостойкости на основе избирательного переноса, под. ред. Гаркунова Д.Н. М.: Машиностроение, 1977. – 215 с.
3. Годлевский В.А., Марков В.В. Синергизм действия поверхностно- и химически-активных компонентов СОТС для резания металлов // Безызносность и триботехнологии. 2004. №1. – С.61 -65.

## СТЕКЛОВИДНЫЕ И СТЕКЛООБРАЗУЮЩИЕ КОМПОНЕНТЫ СМАЗОЧНО-ОХЛАЖДАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

**В.В. Марков**

*(ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»)*

Оксиды металлов имеют ограниченное применение в качестве компонентов смазочно-охлаждающих технологических средств (СОТС). Это связано с тем, что они обычно имеют более высокие, чем у породившего их металла, твердость и температуру плавления. Такие свойства приводят, как правило, к абразивно-механическому износу режущих инструментов. Имея высокую температуру плавления и достаточно большие размеры, оксиды находятся в СОТС в виде дисперсных твердых частиц, с трудом проникают в зону резания.

Применение оксидов металлов в качестве смазок может быть в какой-то мере эффективным при одновременном действии масел с присадками высокого давления или консистентных композиций поверхностно-активных веществ. Наиболее широко используются в качестве компонентов СОТС и пластичных смазок оксиды свинца, молибдена, кобальта. Эффективность присадок зависит от диапазона температур, при которых каждый оксид проявляет смазочные свойства. Так, например, окись свинца  $PbO$  при температурах ниже  $400 - 500^{\circ}C$  не является удовлетворительной смазкой вследствие образования соединения  $Pb_3O_4$ , обладающего низкими антифрикционными свойствами. При температурах свыше  $550^{\circ}C$   $Pb_3O_4$  переходит в  $PbO$ , обладающий лучшими смазочными свойствами.

В составе пластичных СОТС могут применяться разнообразные мелкодисперсные твердые присадки и наполнители, которые трудно применить в жидкотекучих СОТС ввиду проблемы обеспечения стабильности суспензий. В числе такого рода присадок на некоторых операциях обработки металлов давлением применяют порошковые оксиды, которые можно классифицировать как стекла или керамики. Мелкодисперсные стекла и шихты стекол, которые могут применяться в составе СОТС при обработке металлов, чаще всего являются силикатными соединениями, которые получаются в результате сплавления природных силикатов с другими компонентами. Силикатные стекла представляют собой смесь оксидов. По своей природе обычное силикатное стекло – это неопределенное химическое соединение, включающее, кроме кремнезема  $SiO_2$ , окислы металлов типа:  $Me_2O$ ,  $MeO$ ,  $Me_2O_3$ ,  $MeO_2$ ,  $Me_2O_5$ ,  $MeO_6$  [2].

Все силикатные стекла содержат группу  $Si_mO_n$ , а также различные катионы, анионы кислорода, а иногда фтора. Наиболее часто в стеклосмазки входят катионы Na, K, Mg, Ca, Ba, B, Al, Si, реже – Li, Zn, Pb, Ti, Zr, P. Стеклообразователями в силикатных стеклах являются кремнезем  $SiO_2$  и борный ангидрид  $B_2O_3$ , содержание которого в смазке достигает 40 %. В смазку его вводят в составе борной кислоты или буры. Стеклосмазки нашли широкое применение в горячей обработке металлов: прессовании, прокатке, ковке, штамповке и пробивке. Эти материалы при контакте с горячим деформированным металлом образуют тонкие пленки, обладающие высокими антифрикционными и теплоизолирующими свойствами.

В табл. 1. приведены некоторые составы и температуры плавления наиболее легкоплавких смазок.

Таблица 1. Состав и температура плавления стеклосмазок

№ п/п	Химический состав стекла, масс. %										$T_{пл}, ^\circ C$
	$SiO_2$	$Na_2O$	$K_2O$	$MgO$	$CaO$	$BaO$	$PbO$	$Al_2O_3$	$B_2O_3$	$CuO$ $Fe_2O_3$ $TiO$	
1							80		20		350–450
2	27,5		1,5				71				600
3		30			2,5			7	61,5		454–482
4	33,5	21,5		10	25				10		442–503
5	66,4	4		3,5	9,8			9,8	5	1,5	555
6	33,5	21,5		5	12	10			18		472–513
7	33,5	21		10	21,5	5			8		443–487
8			28				58			14	640

Применение стеклосмазок позволяет снизить коэффициенты трения при прессовании до 0,02 – 0,5 % уменьшить усилие прессования, повысить однородность свойств в деформируемом изделии, увеличить стойкость инструмента и улучшить качество готовых поверхностей. Силикаты являются аморфными веществами. Теория аморфной «вязаной» структуры позволяет выбрать необходимые составы смазок в зависимости от технологических параметров процесса. Наличие непрерывной вязи в стекле способствует образованию сплошных смазочных пленок на металле, что дает возможность защитить инструмент от теплового и абразивного износа.

Температуры плавления приведенных окисных систем находятся в пределах температур, возникающих в зоне резания при обработке большинства сталей, их сплавов и других металлов. Это дает возможность предположить, что смазки, включающие подобные системы, при переходе в жидкое состояние могут проникать на контактные поверхности инструмента и уменьшать фрикционное взаимодействие обрабатываемой детали и режущего инструмента, оказывать положительное влияние на улучшение качества обработанной поверхности, на уменьшение усилия резания, на увеличение стойкости режущего инструмента.

Учитывая перспективность применения стекловидных СОТС на жестких режимах обработки (высокие контактные температуры и удельные давления) нами были разработаны составы пластичных, легкоплавких висмут содержащих стекол, показавших хорошие результаты при высокоскоростной лезвийной обработке нержавеющей сталей. Температура плавления таких стекол составляла 340-350<sup>0</sup>С.

Применение таких смазочных материалов по сравнению с традиционными смазками на основе силикатных стекол позволило на 20-30% снизить величины крутящих моментов при сверлении широко применяемой в энергетическом машиностроении нержавеющей стали 12Х18Н10Т и на 30-40% уменьшить износ режущего инструмента, улучшить качество обработанных поверхностей.

Более эффективным оказалось применение шихт стекол, а не собственно стекол аналогичного состава. Это связано с термодинамикой процесса образования защитных смазочных слоев на контактных поверхностях режущих инструментов и прирезцовой поверхности стружки при резании металлов.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Марков В.В. Киселева Е.В. Смазочно-охлаждающие технологические средства обработки метало резанием./ В.В. Марков, Е.В. Киселева, ФГБОУВПО «Ивановский гос. энергетический университет им. В.И. Ленина, Иваново, 2011. Монографии ИГЭУ. - 116 с.
2. Марков В.В., Годлевский В.А. Стеклосмазочные материалы для обработки металлов резанием // Известия вузов РФ. Химия и химическая технология. 2004. Т.47. №8. – С. 60-63.
3. Аппен А.А. Химия стекол. – Л.; Химия, 1974. – 352 с.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ ТРЕНИЯ МАГНИТОЖИДКОСТНЫХ ГЕРМЕТИЗАТОРОВ

**А.П. Марусин, В.А. Полетаев**  
*(ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»)*

Магнитожидкостные герметизаторы (МЖГ) относят к бесконтактным щелевым уплотнениям, работающим по принципу гидравлического зазора, в котором магнитная жидкость удерживается магнитным полем в рабочих зазорах между сопрягаемыми деталями. Магнитожидкостные герметизаторы имеют ряд преимуществ по сравнению с применяемыми уплотнениями: обеспечивают практически полную герметичность, выдерживают достаточно высокий перепад давлений как в статическом, так и в динамическом режимах; просты по конструкции и изготовлению. Конструкции магнитожидкостных герметизаторов можно классифицировать по характеру герметизируемых соединений, исполнению рабочего зазора, по виду рабочей и окружающей сред, условиям эксплуатации, комбинации с другими механизмами герметизации.

По исполнению рабочего зазора МЖГ разделяют на радиальные и торцовые. В радиальных МЖГ рабочий зазор выполнен в направлении радиуса вала, а торцовые – в направлении оси вала. Основной недостаток радиальных МЖГ – сложность обеспечения равномерности рабочего зазора из-за погрешностей изготовления и сборки деталей, а также люфта подшипникового узла. Эксцентриситет и биение вала приводят к появлению магнитной силы одностороннего притяжения вала, повышению собственных потерь на трение, а также снижению работоспособности МЖГ.

Торцовые МЖГ не чувствительны к радиальному биению и эксцентриситету, однако в них сложно обеспечить постоянство рабочего зазора в условиях изменения температуры окружающей среды, когда из-за температурного расширения вала увеличивается рабочий зазор, что в некоторых случаях может привести к его разгерметизации. В магнитожидкостных герметизаторах используют различные формы концентраторов



магнитного поля в рабочем зазоре: с треугольным профилем, с трапецеидальным профилем, с прямоугольным профилем.

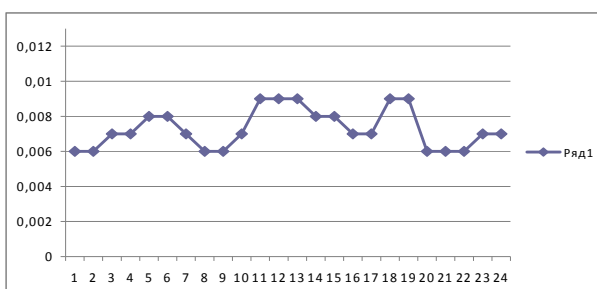
Треугольный профиль проигрывает по удерживаемому перепаду давлений профилю с площадкой (трапецеидальному) и проигрыш увеличивается с ростом МДС, приложенной к рабочей зоне. Кроме этого, к недостаткам острого профиля можно отнести более высокую неоднородность напряженности поля в зазоре, более сложную технологию его выполнения, возможность появления разрывов металла на острие концентратора при его изготовлении, повышенную уязвимость острия профиля к механическим повреждениям. Во всем исследуемом диапазоне МДС, увеличение ширины площадки приводит к росту  $H_{max}$  и удерживаемого концентратором перепада давлений. Кроме этого, увеличение ширины площадки позволяет достичь более высоких абсолютных значений  $H_{max}$  путем наращивания прикладываемой магнитодвижущей силы.

Прямоугольный профиль прост и технологичен в изготовлении, но обладает недостатками. Один из них – невысокая удерживающая способность, второй – повышенная средняя индукция рабочего зазора. Последний недостаток обуславливает увеличение размеров источника магнитного поля и уплотнения в целом, а также повышенные моменты трения. Проведенные исследования показали, что значительная часть магнитного потока проходит через зону кромки на вершине концентратора. Закругление кромок позволяет перераспределить магнитный поток в концентраторе и в рабочем зазоре, что приводит к повышению удерживающей способности концентратора и снижению рабочего магнитного потока. Поверхность вершины концентратора, имеющая в сечении полукруг, является наиболее эффективной из существующего многообразия закруглений.

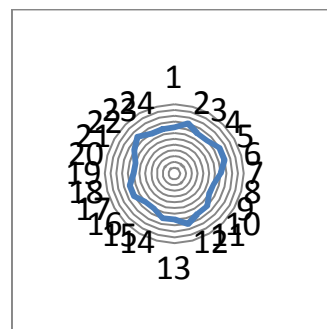
Для определения влияния вязкости используемой магнитной жидкости, напряженности магнитного поля, частоты вращения вала, величин шероховатости  $R_a$  и волнистости поверхностей сменных втулок и полюсов на момент трения магнитожидкостного устройства была спроектирована и изготовлена установка с радиальным магнитожидкостным уплотнением.

Магнитная жидкость размещается с равномерном рабочем зазоре с однородным магнитным полем между сменными полюсами и сменной втулкой. Источником магнитного поля являются цилиндрические постоянные магниты, равномерно размещенные по окружности между полюсными приставками. Вал приводится в движение электродвигателем с регулируемой скоростью вращения. Момент трения, создаваемый магнитной жидкостью и опорными подшипниками, передается на магнитную систему устройства и измеряется электронными весами. Сменные втулки вала выполнены из стали 3 и 40Х13, а сменные полюса – из стали 3. Измерение шероховатости наружной поверхности сменных втулок и полюсов производилось на приборе профилометре-профилографе АБРИС-ПМ7.

На рис.1 представлены волнограммы наружной поверхности втулки из стали, а на рис. 2 величина шероховатости  $R_a$  наружной поверхности втулки из стали 3.



а)



б)

**Рис.1.** Величина волнистости (мм) наружной поверхности втулки из стали 3 с шероховатостью  $R_a = 1,220$  мкм: а) – продольная; б) – поперечная

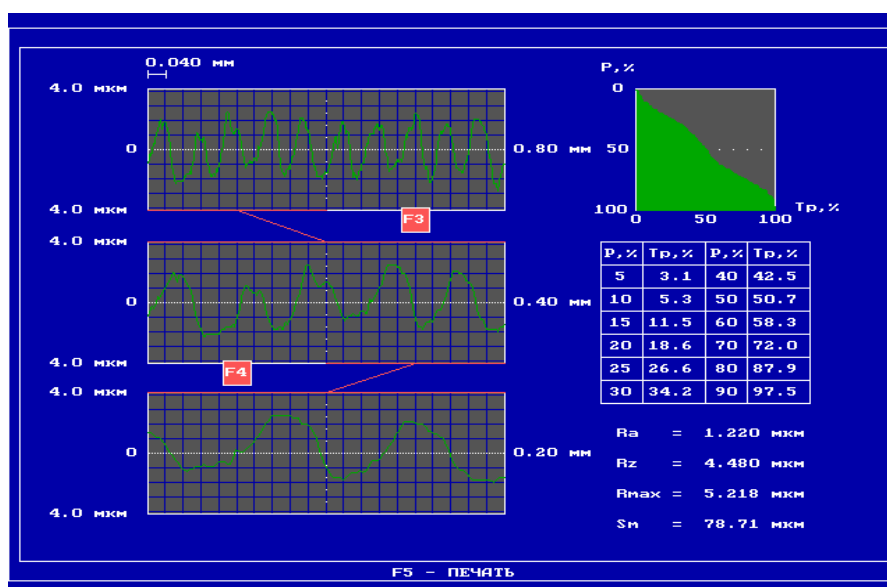


Рис. 2. Величина шероховатости Ra наружной поверхности втулки из стали 3

## ЛИТЕРАТУРА

1. Полетаев В.А., Пахолкова Т.А., Перминов С.М. Исследование влияния величины шероховатости поверхности деталей рабочего зазора на момент трения магнитожидкостного устройства. Вестник ИГЭУ, Вып.5, Иваново, 2012. – С. 32– 35.

2. Полетаев В.А., Перминов С.М., Пахолкова Т.А., Власов А.М., Исследование влияния качества поверхности магнитных полюсов на момент трения магнитожидкостных герметизаторов.// Трение и смазка в машинах и механизмах. – Москва. – М.: «Машиностроение». – 2014. –№ 9. – С.38- 43

3. Полетаев В.А, Перминов, А.М., Пахолкова Т.А., Власов А.М. Применение концентраторов магнитного поля прямоугольной формы в магнитожидкостных герметизаторах / В.А. Полетаев, С.М. Перминов, Т.А. Пахолкова, А.М. Власов // Новые материалы и технологии в машиностроении: Сборник научных трудов. Выпуск 20. Брянск, БГИТА, 2014. – С.59 –62.

## РАЗРАБОТКА СМАЗОЧНЫХ КОМПОЗИЦИЙ ДЛЯ АВТОМОБИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

**К.М. Мугаев, М.Ю. Колобов**

**(ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный химико-технологический университет»)**

Износ деталей оказывает решающее влияние на долговечность и эксплуатационную надежность машин. Увеличение зазора в сопряжениях вследствие износа часто сопровождается снижением коэффициента полезного действия, возникновением ударных нагрузок, увеличением потерь на трение и интенсивности износа сопряженных деталей [1].

В различных областях техники для снижения потерь на трение и повышения надежности трибосопряжений широко применяется целый ряд композиций, содержащих добавки конкретного функционального назначения: модификаторы трения, кондиционеры металлов, реметаллизанты (восстановители) и т.п.

Качественные моторные и трансмиссионные масла содержат наборы присадок, улучшающих их свойства. Эффективность действия добавок обуславливается их химическими свойствами и концентрацией в смазочных материалах. Добавки должны хорошо растворяться в смазочных материалах, обладать малой летучестью и не испаряться из них при хранении и эксплуатации в широком диапазоне температур; не вымываться водой и не подвергаться гидролизу; не взаимодействовать с конструкционными материалами, контактирующими со смазочными; сохранять свои функции в присутствии иных добавок и не оказывать на них депрессивного действия.

По характеру действия на локальные зоны трения добавки можно разделить на три группы: первая – это препараты, использующие принцип переноса мелкодисперсных частиц на контактирующие пары трения; вторая – это модификаторы с поверхностно активными веществами, позволяющие организовать новые соединения из продуктов износа, основного материала и имеющейся смазочной среды; третья – это препараты, обладающие комплексным энергетическим воздействием, позволяющие не только регулировать (уменьшать) трение в зоне контакта, но и восстанавливать поверхностные микродефекты и выравнивать геометрический износ контактирующих поверхностей трения.

Условия применения таких добавок не одинаковы. Некоторые из них целесообразно применять на этапе обкатки механизма, другие на этапе нормального, установившегося износа, а следующие на этапе ремонта и восстановления механизма без разборки и т.д.

В последние десятилетия большую популярность в качестве добавок к смазочным материалам приобрели препараты, содержащие так называемые природные геомодификаторы трения, которые представляют собой порошкообразные слоистые гидросиликаты [2]. Применение этих препаратов обеспечивает повышение противоизносных и антифрикционных свойств смазочных материалов и в ряде случаев – восстановительный эффект – залечивание изношенных участков трущихся поверхностей и тем самым увеличение ресурса работы смазываемых узлов трения.

Продолжаются исследования наполнителей к смазочным материалам на основе природного минерала – серпентина [3, 4].

Попадая в зону трения частицы наполнителя, под действием давления, разрушаются с выделением тепла. В размягченные слои металла поверхности трения внедряются частицы наполнителя, образуя прочный металлокерамический слой. Образованный слой значительно снижает коэффициент трения, интенсивность изнашивания, обладает повышенной микротвердостью.

Применение серпентина в качестве присадки позволяет повысить и выровнять компрессию, снизить расход масла и уровень шума, увеличить ресурс двигателя.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гаркунов Д.Н. Триботехника. Износ и безызносность. – М.: МСХА, 2001. – 616 с.
2. Усачев В.В., Погодаев Л.И., Крюков Е.Ю. Разработка технологии упрочняющей обработки трибосопряжений природными геомодификаторами трения // Трение и смазка в машинах и механизмах. – Москва, 2009. – № 11. – С. 8-23.
3. Зарубин В.П., Колобов М.Ю., Миронов М.В., Мугаев К.М. Серпентин как наполнитель смазочных материалов // Физика, химия и механика трибосистем: Межвуз. сборник науч. трудов. – Иваново: Ивановский гос. ун-т, 2013. – С. 62-65.
4. Мугаев К.М., Колобов М.Ю., Замятина Н.И. Повышение износостойкости подвижных сопряжений двигателей внутреннего сгорания // Надежность и долговечность машин и механизмов: сборник материалов. – Иваново, 2014. – С. 149-151.

## ВЛИЯНИЕ ЗАМАСЛИВАТЕЛЕЙ НА ФРИКЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ХИМИЧЕСКИХ НИТЕЙ

А.Н. Орлова, Т.Ю. Степанова, Т.Г. Шикова

*(ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный химико-технологический университет»)*

Основной целью замасливания химических нитей при переработке является предотвращение непосредственного контакта трущихся поверхностей – нити и металлических деталей технологического оборудования, то есть замена сухого трения граничным трением самой смазочной среды. Кратковременное отсутствие смазки резко ухудшает условия работы пары трения полимер-металл и вызывает повышенный износ особенно химической нити, способный привести к ее обрыву вследствие сильной электризации и схватыванию поверхностей.

Эффективность замасливания в значительной степени зависит от условий переработки полимерной нити и ее способа смазки, качества и физико-механических свойств применяемых смазочных материалов.

Особенностью технологического оборудования текстильных предприятий является то, что не допускается обильной смазки вследствие опасности избыточного замасливания вырабатываемой полимерной нити. Поэтому обеспечение оптимальных условий смазки и применение качественных смазочных материалов является актуальной задачей для технологического оборудования.

К основным видам смазочных материалов относятся жидкие смазки (замасливатели). Выбор и применение смазочных материалов производят в строгом соответствии с условиями трения и теми процессами, которые возникают в этом случае и вызывают износ химической нити.

Замасливатели, применяемые при производстве химических нитей, состоят на 50-80% из минеральных и синтетических масел. Чаще всего при производстве замасливателей используют индустриальное масло. При выборе индустриального масла основное внимание уделяется его вязкости. С увеличением частоты вращения валов технологического оборудования вязкость применяемого масла должна уменьшаться. На вязкость масла также влияет изменение температуры.

Кроме вязкости на износостойкость узла трения нить-металлическая деталь оказывают влияние следующие параметры масла:

- стабильность против окисления: при окислении масла возрастает его коррозионная агрессивность по отношению к металлическим поверхностям, повышается вязкость;
- антикоррозионные свойства, то есть способность предотвращать коррозионное разрушение поверхностей трения;
- высокая моющая способность, обеспечивающая удаление из зоны трения продуктов изнашивания и различных загрязнений.

Эксплуатационные свойства замасливателя обеспечиваются введением в масло различных присадок: антифрикционных, противокоррозионных, моющих, антистатика и т.д. Большой интерес представляют добавки поверхностно-активных веществ (ПАВ), обеспечивающих образование на поверхности трения адсорбционных слоев, обладающих большой механической прочностью [1-4].

В работе проведены исследования трех опытных замасливателей на основе индустриального масла И-20. В масло вводили антистатик, стабилизатор против окисления, смачиватель и ПАВ, регулирующие фрикционные свойства химических нитей. Полученные замасливающие композиции проверяли по следующим основным показателям: плотности, поверхностному натяжению, кинематической вязкости, водородному показателю (таблица 1).

Таблица 1. Показатели замасливающих композиций

№ п/п	Состав замасливающей композиции	Плотность при 20°С, г /см <sup>3</sup>	Поверхностное натяжение, мН/м	Кинематическая вязкость при 20°С, мм <sup>2</sup> /с	Водородный показатель рН
1	Масло И-20 +10% присадки*	0,963	30,15		6,7
2	Масло И-20 +20% присадки	0,987	32,54		6,24
3	Масло И-20 +30% присадки	1,05	36,23		6,10

\*Примечание: присадка включает в свой состав смачиватель, антистатик, регулятор фрикционных свойств химических нитей и ПАВ.

Исследовались фрикционные и электрофизические свойства полиамидной нити после замасливания контактным способом. Определение динамического коэффициента замасленных нитей проводили на лабораторной установке. На рисунке 1 представлена схема заправки нити относительно узла трения и измерителей её натяжения, позволяющая измерить натяжение на участках нити, непосредственно соприкасающихся с узлом трения.

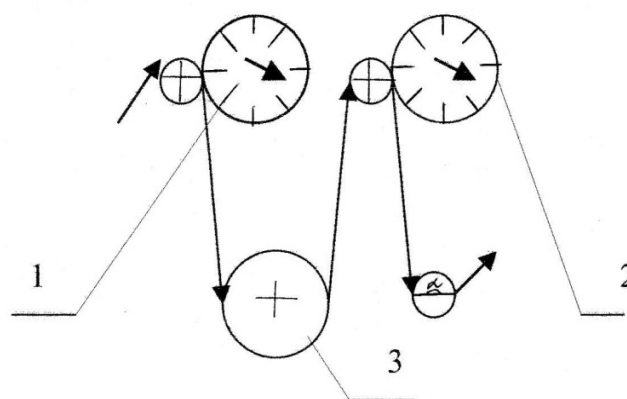


Рис. 1. Схема заправки нити:  
1 – тензиометр до узла трения; 2 – тензиометр после трения;  
3 – узел трения

Регулирование натяжения нити до узла трения осуществляли за счет огибания ею нескольких элементов, реализуемых торможение движения нити по принципу трения скольжения.

Электрофизические свойства химических нитей определяли на приборе ИЭСТВ-1. Результаты экспериментальных данных приведены в таблице 2.

Таблица 2. Физические свойства полиамидной нити до и после замасливания

Номер замасливающей композиции	Динамический коэффициент трения	Электрическое сопротивление, 10 <sup>11</sup> Ом	Электропроводность, 10 <sup>-13</sup> Ом <sup>-1</sup> м <sup>-1</sup>
1	0,33	7000	2400
2	0,31	6000	2000
3	0,28	6600	2300
Нить до обработки	0,38	2	9

На основании полученных данных можно сделать вывод, что замасливающие композиции на основе индустриального масла И-20 уменьшают динамический коэффициент трения и повышают поверхностную электропроводность полиамидных нитей за счет образования граничных слоев смазки на поверхностях контакта. Более низкий коэффициент трения нити по металлической поверхности деталей обеспечивает бесперебойную работу технологического оборудования вследствие снижения обрывности нитей.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Пакшвер А.Б. Новое в отделке химических волокон и подготовке их к текстильной обработке / А.Б. Пакшвер, З.Г. Серебрякова // Журнал ВХО им. Д.И. Менделеева, 1972.– Т. XVII. – № 6. – С. 659–662.
2. Филинковская Е.Ф. Влияние текстильно-вспомогательных веществ на физико-механические свойства и электризуемость химических волокон / Е. Ф. Филинковская, З.Г. Серебрякова // Текстильно-вспомогательные вещества в производстве химических волокон / Е. Ф. Филинковская, З.Г. Серебрякова. – М.: Химия, 1970. – Гл. 2. – С. 55 – 77.
3. Серебрякова З.Г. Поверхностно-активные вещества в производстве искусственных волокон / З.Г. Серебрякова – М.: Химия, 1986. – 192 с.
4. Амбрамзон А.А. Поверхностно-активные вещества: свойства и применение / А.А. Амбрамзон. – 2-е изд., перераб. и доп.– Л.: Химия, 1982. – 752 с.

## НАДЕЖНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ОЧИСТКИ ОТРАБОТАННЫХ МОТОРНЫХ МАСЕЛ УЛЬТРАФИЛЬТРАЦИЕЙ

**Н.Е. Пахотин, Ю.П. Осадчий, И.Н. Пахотина**  
(ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный политехнический университет»)

Регенерация отработанных моторных масел является одним из наиболее перспективных способов экономии смазочных материалов, а также защиты окружающей среды от попадания в нее как непосредственно масел, так и продуктов сгорания при их утилизации. В отличие от нефти и жидких топлив отработанные моторные масла не испаряются и в меньшей степени подвержены биоразложению. Отработанные моторные масла представляют собой сложные многокомпонентные смеси [1]. Основным препятствием к увеличению глубины очистки таких смесей является наличие в них моюще-диспергирующих присадок. Эти присадки при эксплуатации масел срабатываются не полностью и удерживают загрязнения во взвешенном состоянии. В результате адсорбция, механическая фильтрация и другие виды очистки оказываются малоэффективными. В настоящее время ведется активный поиск новых методов регенерации отработанных моторных масел с использованием мембранного разделения.

Предлагается комбинированная схема регенерации отработанного моторного масла, включающая предварительную очистку – сепарацию и механическую фильтрацию, и мембранное разделение на основе ультрафильтрации.

Сепарация - это метод обезвоживания масел и очистка от механических примесей с помощью центрифугирования. Под влиянием центробежных сил наиболее тяжелые загрязняющие примеси оттесняются к стенкам сосуда, образуя кольцевой слой отложений. Следующий слой состоит из выделяющейся воды. Третий, кольцевой слой расположен у оси вращения и представляет собой очищенное масло.

Исследование процессов разделения с использованием молекулярных сил позволило выделить мембранный метод, как наиболее перспективный для тонкой очистки [2]. Мембранные процессы экологически и экономически эффективны.

Мембранные процессы – это процессы разделения, осуществляемые на полупроницаемых мембранах под действием приложенной движущей силы. К наиболее распространенным промышленным мембранным процессам относятся обратный осмос, ультра-, микро- и нанофильтрация. Наиболее эффективными являются ультрафильтрационные мембраны, так как они улавливают мелкодисперсные включения, а их использование не требует больших затрат. Большое значение имеет использование этого процесса при разделении веществ, чувствительных к температурному режиму, так как при ультрафильтрации растворы не нагреваются и не подвергаются химическому воздействию.

Ультрафильтрация – это баромембранные процессы разделения, в которых мембраны не пропускают частицы и макромолекулы размером свыше 0,003 мкм. Такие мембраны обеспечивают стабильно высокое качество очистки отработанных моторных масел, что позволяет не только снизить энергоемкость перерабатывающего производства, но и уменьшить выбросы отходов в окружающую среду.

Процессы ультрафильтрационного разделения зависят от свойств мембран, потоков в них и движущих сил. Для этих процессов также важен характер потоков к мембране со стороны разделяемых сред и отвода продуктов разделения с противоположной стороны. Принципиальное отличие мембранного метода от традиционных приемов фильтрования – разделение продуктов в потоке, т.е. разделение без осаждения на фильтроматериале осадка, постепенно закупоривающего рабочую пористую поверхность фильтра [3].

В то же время мембранный метод имеет недостаток – накопление разделяемых продуктов вблизи рабочей поверхности разделения. Это явление называют концентрационной поляризацией, которая уменьшает проникновение разделяемых компонентов в пограничный слой, а также сокращает сроки службы мембран. Для борьбы с этим явлением проводят турбулизацию слоя жидкости, прилегающего к поверхности мембраны, чтобы ускорить перенос растворенного вещества. Для удаления осаждающихся частиц с поверхности ультрафильтрационной мембраны используют приемы специального воздействия: поперечный поток, обратная промывка, ультразвуковая вибрация.

В условиях научно-технического прогресса проблема охраны окружающей среды стала одной из самых острых и актуальных. Растущее влияние человека на окружающую среду приводит к ее все большему засорению и истощению невозобновимых запасов сырьевых ресурсов. На современном этапе развития человеческого сообщества пока нет объективной возможности создания безотходной системы обеспечения его жизнедеятельности. Однако организация рационального природопользования вполне возможна. Одним из путей решения этой проблемы является разработка новых и совершенствование существующих технологий переработки сырьевых ресурсов, в частности, отработанных моторных масел. Следует отметить, что применение для этой цели мембранной ультрафильтрации во многих случаях дает возможность не только снизить энергоемкость перерабатывающего производства, но и значительно ослабить его негативное влияние на окружающую среду.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Шашкин П.И., Брай И.В. Регенерация отработанных нефтяных масел. – М.: Химия, 2000. – 304 с.
2. Дытнерский Ю.И. Баромембранные процессы. – М.: Химия, 2006. – 271 с.
3. Коваленко В.П. Загрязнение и очистка нефтяных масел. М.: Химия, 2003. – 316 с.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВВЕДЕНИЯ ПЛАЗМООБРАБОТАННОГО ГРАФИТА НА ПРОТИВОИЗНОСНЫЕ СВОЙСТВА СЕРИЙНЫХ ТРАНСМИССИОННЫХ МАСЕЛ

**В.В. Терентьев, И.К. Наумова, И.М. Галкин, И.Н. Субботкина**  
(ФГБОУ ВПО «Ивановская ГСХА имени академика Д.К. Беляева»)

Безопасность движения подвижного состава автомобильного транспорта во многом определяется работоспособностью элементов трансмиссии. Длительная и надежная работа элементов трансмиссии невозможна без применения эффективных смазочных материалов. В качестве смазочных материалов в узлах трансмиссии применяют трансмиссионные масла.

В условиях высоких нагрузок на элементы трансмиссии противоизносные характеристики применяемых трансмиссионных масел во многом определяют ресурс трибосопряжения.

Для улучшения антифрикционных и противоизносных характеристик серийных смазочных материалов в них традиционно вводят графит, дисульфид молибдена, нитрид бора и т.п.

Однако для усиления эффектов от введения данных соединений их перед введением в масло дополнительно подвергают различной модификации. Одним из перспективных методов модификации графита является предварительная его обработка в плазме.

Целью данной работы являлось определение целесообразности использования в качестве метода модификации графита, плазмы диафрагменного разряда и возможности улучшения модифицированным таким образом графитом серийных трансмиссионных масел.

При исследованиях графит предварительно подвергался плазмохимической обработке. В экспериментах применялась непроточная плазмохимическая ячейка объемом 100 мл, при этом конструкция установки предусматривала термостатирование раствора.

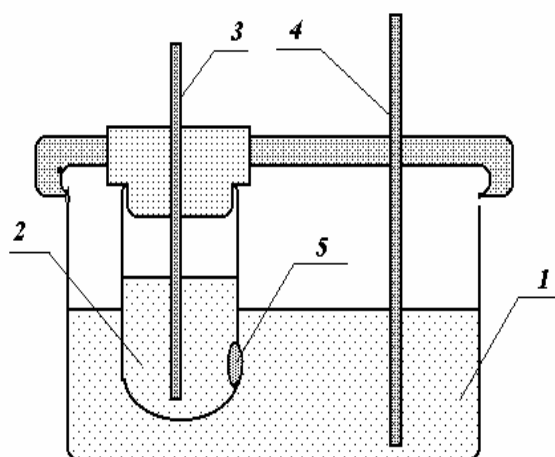
Для плазменного модифицирования графита использовался подводный диафрагменный разряд атмосферного давления. В качестве электродов использовались графитовые стержни диаметром 5 мм, диаметр диафрагмы составлял 0,5 мм.

Схема экспериментальной ячейки представлена на рис. 1.

После обработки графит вводился в синтетическое трансмиссионное масло Castrol Syntrax Universal Plus (SAE 75W-90 API GL-4/ GL5/MT-1).

Исследование противоизносных свойств смазочных материалов проводилось на машине трения 2070СМТ-1. Условия испытаний следующие. Схема трения – «вращающийся ролик–неподвижный шар». Диаметр ролика 40 мм, диаметр шара 10 мм. Материал пары трения: ролик – сталь 45, шар – сталь ШХ-15. Частота вращения ролика 500 мин<sup>-1</sup>. Нагрузка на образец – 200 Н. Пробег 1000 м. Износ определялся по площади пятна износа на шаре после испытаний.

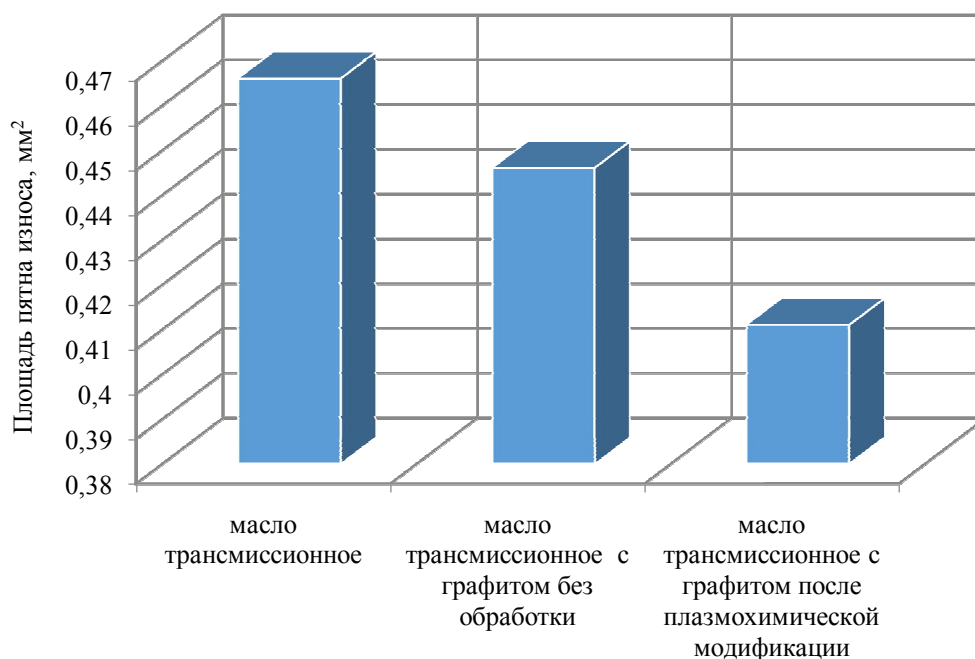
Сравнивались трансмиссионное масло без добавок, трансмиссионное масло с добавкой графита без обработки и трансмиссионное масло с добавкой в виде плазмообработанного графита.



**Рис. 1.** Ячейка диафрагменного разряда:  
1 – раствор; 2 – ампула, заполненная раствором;  
3,4 – электроды; 5 – диафрагма



Результаты исследований представлены на рисунке 2.



**Рис. 2.** Результаты определения площади пятна износа на шаре

Таким образом, введение графита, модифицированного плазмой диафрагменного раствора в трансмиссионное масло, позволяет снижать износ элементов трибосопряжений на 12 %.

Это связано с тем, что в результате газоразрядной активации происходит модифицирование поверхности графита, приводящее, в частности, к изменению его когезионных свойств. В результате модифицированные частицы графита, попадая на поверхность трения более равномерно распределяется на ней, способствуя надежному разделению поверхностей трения.

Таким образом, использование графита, модифицированного плазмой диафрагменного разряда, позволяет улучшать противоизносные характеристики трансмиссионных масел, широко применяемых в современных конструкциях автомобильной техники.

## ПРИМЕНЕНИЕ МЕТАЛЛОПЛАКИРУЮЩИХ СМАЗОК ПРИ ТРЕНИИ ПОЛИМЕРОВ

**Е.А. Топорова, А.В. Топоров\***

*(ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный политехнический университет»,  
\*ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»)*

Важнейшей задачей промышленности является снижение трения и износа трущихся деталей различных машин.

Такая проблема существует в различных отраслях промышленности поскольку полиамиды используются в различных узлах и агрегатах машин и механизмов. Применение анида позволяет создать рациональную форму деталей при помощи простых технологических операций, что значительно снижает их себестоимость.

Механизмы трения и износа полимеров, находящихся в стеклообразном (пластмассы) и высокоэластическом (эластомеры) состояниях, существенно различаются, но оба включают адгезионный и гистерезисный компоненты. Гистерезисная (деформационная) составляющая

## НАДЕЖНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

связана с объёмными процессами деформирования микровыступов. Для твёрдых полимеров справедливы законы, по которым происходит трение низкомолекулярных твёрдых тел. Отличие состоит в том, что у твёрдых полимеров площадь фактического контакта формируется в результате вынужденноэластической деформации.

Трение металлополимерных пар - это трение разнородных по физико-механическим свойствам тел, поэтому формирование площади фактического контакта связано с неравномерностью деформирования микровыступов поверхности. Известно, что при статическом нагружении сопряжённых твёрдых тел сначала происходит образование молекулярных участков контакта, которые при дальнейшем сближении постепенно переходят в механические, а другие шероховатости, отстоящие на несколько ангстрем вступают в молекулярный контакт. Такой характер нагружения с некоторыми осложнениями справедлив и для случая взаимного скольжения соприкасающихся тел. Как в случае статического нагружения, так и при взаимном относительном скольжении поверхностей трения, пятна механического и молекулярного взаимодействия дискретны. С увеличением скорости относительного скольжения, вследствие уменьшения взаимного внедрения тел, площадь фактического контакта уменьшается. При соответствующей вязкости промежуточного слоя между трущимися телами удельные нагрузки резко снижаются и деформирование поверхностей трения может теоретически ограничиваться зоной упругости. Но, даже при небольших касательных силах часть упругих деформаций в материале снимается за счёт пластических деформаций поверхностных неровностей, т.е. упругого механизма истирания для пары сталь – пластмасса не существует, упругое контактирование поверхностей всегда сопровождается пластической составляющей, преимущественно пластмассы. Этот вид износа пластмассы называют псевдоупругим износом. Он обеспечивает наибольший срок службы пары при минимальном нарушении первичных зазоров сочленения и является следствием только лишь усталостных явлений, возникающих в полимерном материале. Однако, в производственных условиях имеют место скачкообразные изменения скоростей движения рабочих органов результатом чего служит резкое возрастание температуры в зоне трения. Механизм изнашивания приобретает нежелательный пластический характер.

Режим трения анидов в присутствии смазочного материала может быть граничным, полужидкостным и упругогидродинамическим (УГД). При граничном трении на поверхностях бегунка и кольца образуются тонкие адсорбционные или хемосорбированные плёнки смазки, отличающиеся по своим физико-механическим свойствам от остальной смазки. Благодаря им микронеровности поверхностей не касаются друг друга и трение имеет место в тонких граничных плёнках. Коэффициент трения в этом случае достаточно низок

При полужидкостном режиме основная нагрузка воспринимается масляной плёнкой, трение подчиняется законам гидродинамики, но всё же происходит контакт поверхностей, сопровождающийся их износом. При УГД режиме трения поверхности полностью разделены смазкой и в процессе относительного перемещения поверхностей трение обусловлено сдвигом в масляном слое. Взаимодействие между бегунком и кольцом происходит в режиме граничного трения через адсорбционные плёнки, поскольку большая часть смазки удаляется в процессе работы. Для того, чтобы увеличить «срок службы» адсорбционных плёнок, в масло традиционно добавляются маслорастворимые ПАВ.

Решить проблему износа амидных материалов представляется возможным посредством использования масел, содержащих металлоплакирующие присадки. Использование подобных смазочных композиций позволяют достичь значительных результатов. Механизм действия металлоплакирующих смазок основан на высаждении контртела пленки металла, находящегося в смазке в виде соли или иной форме. Однако, механизм действия подобных смазок в металлополимерных парах трения недостаточно изучен.

Поэтому, исследование трения металлополимерных пар является актуальной задачей. В ходе экспериментов по данному направлению проводилось исследование процесса трения полиамида по стали в присутствии металлоплакирующей смазки содержащей соли меди жирных предельных и непредельных кислот. Исследования проводились на машине трения СМТ-3 при скорости пробеге 1м/с, и контактных усилиях, изменявшихся в пределах от 0.1 кН до 1.4 кН. Измерения момента трения производились каждый километр пробеге. Проведенные исследования показали, что в присутствии смазки, содержащей соединения меди удалось достигается снижение силы трения на 17 – 23 % по сравнению с базовым маслом. При чем с увеличением контактных усилий наблюдалось более значительное снижение силы трения.

Таким образом можно ожидать эффективной работы металлоплакирующих смазок и в металлополимерных парах трения. Однако, физические и химические процессы протекающие в данном случае требуют дополнительного изучения.

## ПРИМЕНЕНИЕ ТЕРМОРАСШИРЕННОГО ГРАФИТА В ПОЖАРНОЙ ТЕХНИКЕ

**Е.В. Шпенькова, В.А. Полетаев**

*(ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный энергетический университет  
имени В.И. Ленина»)*

Графит известен с древних времен как «черный мел». Первое месторождение графита было подвергнуто промышленной разработке в XV веке в Италии, в провинции Пьемонт.

История графита запутана, часто по сходным физическим свойствам его путали, например, с молибденитом (дисульфидом молибдена). В 1779 году Карл Шееле установил, что графит можно окислить, и он является «особым минеральным углем».

Следующий шаг на пути к современным уплотнениям из терморасширенного графита (ТРГ) был сделан с открытием способности графита к образованию соединений внедрения. В 1841 г. П. Шауфхейтль впервые описал реакцию получения бисульфата графита (графита, интеркалированного серной кислотой) примерного состава  $(HSO_4) \cdot 2H_2SO_4$ , используемую ныне в технологическом процессе производства графитовых уплотнений.

Интенсивные исследования по разработке, изучению и совершенствованию технологических процессов промышленного получения интеркалированного графита (ИГ) начались в 60-е годы XX века. Одной из причин, инициировавших эти исследования, было стремление синтезировать слоистое соединение графита, обладающее высокотемпературной («теплой») сверхпроводимостью. Однако основной причиной повышенного интереса к ИГ было обнаружение его способности к термоинициированному вспучиванию (термическому расширению) с образованием ТРГ. Именно возможность получения ТРГ с определенными физико-химическими свойствами, позволяющими изготавливать из него жаростойкие и химически инертные изделия (гибкую графитовую фольгу и уплотнения на ее основе) вызвало промышленное освоение технологий синтеза ИГ и получения ТРГ.

С целью получения графитовых уплотнений червеобразные частицы ТРГ (ТРГ -пух) формуют методом прокатки без добавления связующего в фольгу или картон (прокладочный материал) необходимой толщины либо прессуют. Неармированные материалы из ТРГ изготавливают методом прокатки без добавления связующего.

Некоторые виды уплотнений (набивки, многослойные прокладки и др.) изготавливают с применением связующих и армирующих элементов (металлических, полимерных и др.), а также модифицирующих элементов (ингибиторов коррозии или окисления, антиадгезионных добавок и покрытий и др.).

Основным применением терморасширенного графита является производство фольги ТРГ и графитового прокладочного материала, а также графитовых уплотнений на их основе, таких как уплотнительные прокладки разных типов, сальниковые кольца, плетеные набивки и др. Существуют данные о применении ТРГ и материалов из него в качестве: теплоизоляционных материалов (тепловых экранов вакуумных печей и др.); наполнителя термопластичных и терморезистивных полимеров (полиамидов, полиэфиров, полиэтилена, полипропилена) при изготовлении композитов с низким или анизотропным электросопротивлением (обивочных материалов, свободных от статического электричества; материалов для защиты от электромагнитных излучений); составляющей пластичных антифрикционных смазок, работоспособных в широком интервале температур и нагрузок в течение длительного времени; углеродной компоненты при реакционном спекании керамики на основе карбида кремния; носителя катализатора; сорбента для сбора минеральных масел и нефти, в т.ч. в случае аварийных разливов на поверхности воды; мембран (в виде самопрессованного упрочненного ТРГ); фильтров (в виде низкоплотных матов из ТРГ); резьбовых лент и т.д.

Уникальное сочетание эксплуатационных свойств терморасширенного графита (ТРГ), таких как широкий диапазон рабочих температур, высокая химическая стойкость, прекрасная уплотняющая способность, способствуют устойчивому росту потребления уплотнений на его основе многими отраслями промышленности.

Как известно, терморасширенный графит для изготовления графитовых уплотнений получают из природного графита через стадию синтеза интеркалированного графита (ИГ). В процессе получения ТРГ не только сохраняет все ценные свойства графита, но и приобретает новые: такие, как чрезвычайно низкая насыпная плотность, более развитая поверхность, способность к формованию (прокатке, прессованию) без добавления связующего [1-2]. Неармированные материалы и уплотнения из ТРГ устойчивы на воздухе до 500-550 °С [3], в среде водяного пара – до 650 °С, в инертной атмосфере и вакууме – до 3000 °С; выдерживают термоудары, а также низкие температуры вплоть до -240 °С. Эти материалы химически устойчивы, хорошо проводят тепло и электричество.

Прокладки уплотнительные из терморасширенного графита (ПУТГ) предназначены для герметизации стандартных типов сопрягаемых поверхностей (гладких, «выступ-впадина», «шип-паз, а также для уплотнения соединений (узлов) иного рода с конструкцией арматуры, трубопроводов, сосудов, аппаратов, насосов и другого оборудования, используемого в химической, нефтеперерабатывающей, энергетической, авиационной и других отраслях промышленности в среде:

воздуха при температурах от - 200 °С до + 550 °С без обтюлятора (защитного кольца) и до 800 °С с обтюратором; кислорода от -183 °С до 350 °С; двуокиси углерода до 600 °С; водяного пара до 600 °С; топлив (реактивного и дизельного, бензина, керосина) от температуры замерзания до температуры кипения; минеральных масел от температуры замерзания до температуры вспышки, в промышленных установках - до 450 °С; синтетических масел от температуры замерзания до температуры вспышки; нефти и нефтепродуктов; продуктов конверсии топлив (газообразных, жидких, твердых); природного и попутного газов, в том числе сжиженных; других веществ, в том числе агрессивных.

ПУТГ изготавливают из картона ТРГ по ТУ 5728-003-12058737-2000 (однослойные, неармированные) или из материала прокладочного графитового армированного (АГПМ) по ТУ 2577-004-12058737-2002 посредством вырубki или вырезки, исключая применение абразивного инструмента. ПУТГ могут быть изготовлены с защитными кольцами.

В зависимости от типа конструкции прокладок и фланцевых соединений, а также от свойств эксплуатационной среды рабочая температура может находиться в пределах (-240) ÷(+800) °С, рабочее давление может составлять величину до 40 МПа.

Прокладки уплотнительные из ТРГ предназначены для эксплуатации во всех макроклиматических районах (исполнение В по ГОСТ 15150). Для графитовых фольги и картона по ТУ 2573-003-12058737-2000 утвержден и действует Гигиенический сертификат № 59.55.КГ.000.П.2488 от 20.10.2000 г. Для прокладочного материала из ТРГ утверждено и действует Разрешение Госгортехнадзора России № РСР 02-5317 от 06.02.2002 г. Согласно РД 0154-06-2001 в зависимости от типа соединения прокладки изготавливают трех стандартных типов (табл. 1). Типы конструкций прокладок в соответствии с РД 0154-06-2001 представлены в таблице 2. Материалы, используемые для изготовления прокладок, представлены в таблице 3.

Основные размеры прокладок для разъемных соединений по ГОСТ 12815 для условных давлений до 20 МПа и температур до 600°C, по ГОСТ 28759.2 для условных давлений до 1,6 МПа и температур до 300°C, по ГОСТ 28759.3 для условных давлений до 6,3 МПа и температур до 600°C.

Таблица 1. Стандартные типы прокладок

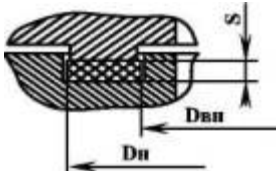
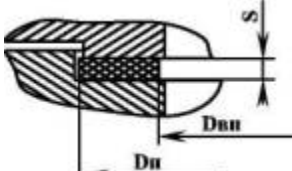
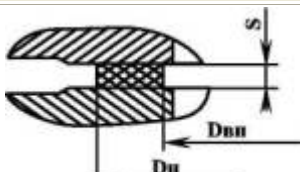
Обозначение типа прокладки	Схема фланцевого соединения	Назначение прокладки
А		Уплотнение фланцевых соединений типа «шиппаз».
Б		Уплотнение фланцевых соединений типа «выступ-впадина».
Д		Уплотнение фланцевых соединений с гладкими уплотнительными поверхностями.

Таблица 2. Типы конструкций прокладок в соответствии с РД 0154-06-2001

Обозначение типа конструкции прокладки	Конструкция прокладки	Описание типа конструкции прокладки
1	2	3
01		Прокладка без защитных колец
02		Прокладка с внутренним защитным кольцом из нержавеющей стали
03		Прокладка с внутренним и внешним защитным кольцом

## НАДЕЖНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

Толщина прокладок для фланцев арматуры и соединительных частей трубопроводов согласно ГОСТ 12815 должна быть 3 мм, для фланцев сосудов и аппаратов должна быть 4,6 мм. Плотность графитовой составляющей прокладок должна быть  $0,8 \div 1,5 \text{ г/см}^3$ .

Изделия из ТРГ не взрывоопасны, не воспламеняются, не поддерживают горения, не обладают токсичностью.

Таблица 3. Материалы, используемые для изготовления прокладок

Материал, используемый для изготовления прокладок	Армирующий элемент	Материал армирующего элемента	Обозначение материала
Картон ТРГ марок ГПМ-1, ГПМ2, ГПМ3, по ТУ 5728-003-12058737-2000	-	-	О (однослойный)
Материал прокладочный графитовый армированный (АГМП) по ТУ 2577-004-12058737-2000	Гладкая лента (фольга)	Углеродистая сталь	АГУ
		Углеродистая сталь	АГН
	Перфорированная лента (фольга, жесть)	Углеродистая сталь	АПУ
		Углеродистая сталь	АПН

Для изготовления защитных колец (обтюраторов) необходимо использовать ленту толщиной  $0,1 \div 0,5 \text{ мм}$  из сталей по ГОСТ 4986 (марок 12Х18Н10Т, 12Х18Н9, 08Х18Н10Т, 10Х17Н13М3Т и др.), не склонных к межкристаллитной коррозии и стойких к окислению до температуры  $800 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Утилизация прокладок после эксплуатации может производиться вместе с бытовыми отходами. Прокладки, соприкасавшиеся в процессе эксплуатации с агрессивными или токсичными средами, должны быть перед утилизацией обезврежены по специальной методике, разрабатываемой заказчиком.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Калашникова М.Ю. Дериватографическое исследование изделий из терморасширенного графита // Вестник ПГТУ. Проблемы современных материалов и технологий. Пермь, 2001. Вып. № 7. – С. 82 – 91.
2. Уплотнения из терморасширенного графита: условия безопасного применения в среде жидкого и газообразного кислорода / М.Ю. Белова, О.Ю. Исаев, А.С. Розовский, В.М. Смирнов // Арматуростроение. 2006. – № 2 (41). – С. 70 – 75.
3. Белова, М.Ю. От «черного мела» к уплотнениям из ТРГ / М.Ю. Белова // Материалы в арматуростроении, 2008. – № 1(52). – С. 42 – 49.

### РАЗДЕЛ 3 ТРИБОЛОГИЯ ПРОЦЕССОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

#### СДВИГОВАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ И УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ МИКРОТРЕЩИН В КОНТАКТНОЙ ЗОНЕ ИНСТРУМЕНТА В ПРОЦЕССЕ РЕЗАНИЯ

Е.В. Егорычева

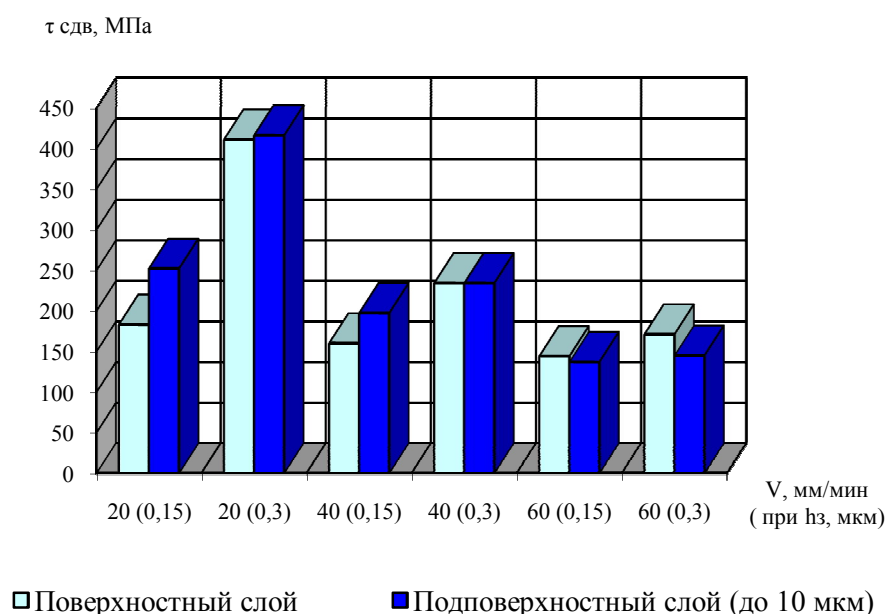
(ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»)

Исследования по определению сдвиговой устойчивости поверхностных и подповерхностных слоев режущего инструмента проводились в процессе обработки стали 40Х в диапазоне скоростей  $V=20\dots 60$  м/мин. Напряжение, необходимое для сдвига локальных объемов инструментального материала, оценивалось, согласно [1], по формуле:

$$\tau_{\text{сдв}} = A \cdot G \cdot b \sqrt{\rho}, \quad (1)$$

где  $A$ —const (0.1...0.4);  $G$ —модуль сдвига ( $8.22 \cdot 10^{10}$  Па);  $b$ — параметр кристаллической решетки ( $2.5 \cdot 10^{-8}$  см);  $\rho$ —плотность дислокации.

На рис. 1 приведены значения сдвиговой устойчивости поверхностных и подповерхностных слоев режущего инструмента на разных этапах изнашивания в процессе резания со скоростью  $V=20\dots 40$  м/мин.



**Рис. 1.** Изменения сдвиговой устойчивости поверхностных и подповерхностных слоев режущего инструмента на разных этапах изнашивания в процессе резания со скоростью  $V=20\dots 40$  м/мин

Значительное увеличение значений напряжения сдвига в поверхностных слоях инструмента в период нормального изнашивания при обработке углеродистой стали со скоростью  $V=20\dots 40$  м/мин (до 411 и 234 МПа соответственно) связано с формированием фрагментированной структуры с высокоугловыми границами межзеренного типа, которая вызывает упрочнение материала.

Электроннографическое исследование показало образование полос скольжения в результате массового выхода дислокаций по плоскостям скольжения, что свидетельствует о потере сдвиговой устойчивости фазовых составляющих инструментального материала. Это способствует образованию активных центров и развитию процессов твердофазного взаимодействия инструментального и обрабатываемого материалов с образованием прочных адгезионных связей в результате разрыва межатомных связей, вырыву частиц инструментального материала [2]. Повышение скорости резания до  $V=60$  м/мин вызывает уменьшение сдвиговой устойчивости поверхностных слоев инструмента до 171 МПа.

Влияние скорости резания на величину сдвигового напряжения можно представить через такие характеристики кристаллической решетки, как плотность дислокаций, микроискажения, размер блоков когерентного рассеяния, исходя из:

$$D = \sqrt{3k/\rho}; \Delta a/a = m\sqrt{\rho F/k}, \quad (2)$$

где  $m, k$  – коэффициенты;  $F$  – множитель, зависящий от взаимодействия дислокаций.

Учитывая уравнения (1) и (2) получаем следующие зависимости:

$$\tau_{сдв} = 1,73/D \cdot A \cdot G \cdot b \sqrt{k} = \Delta a/a \cdot A \cdot G \cdot b \cdot [\sqrt{k}/(m \cdot F)]. \quad (3)$$

На основе представленных данных:  $V \uparrow \Rightarrow p \downarrow \Rightarrow D \uparrow \Rightarrow \Delta a/a \downarrow \Rightarrow \tau_{сдв} \downarrow$ .

Таким образом, повышение скорости резания препятствует образованию фрагментированной, высокоугловой структуры, приводит к уменьшению напряжения, необходимого для сдвига локальных объемов режущего инструмента и его стойкости.

Анализ исследований сдвиговой устойчивости подповерхностных слоев режущего инструмента с упрочнением и без упрочнения в процессе обработки стали 40Х в диапазоне скоростей  $V=20 \dots 60$  м/мин показал, что высокая сдвиговая устойчивость наблюдается в контактной зоне режущего инструмента до глубины  $b=5 \dots 10$  мкм в процессе резания со скоростью  $V=20 \dots 40$  м/мин. Это связано с образованием фрагментированной высокоугловой структуры в подповерхностных слоях инструмента при данных скоростях резания и обеспечивает снижение интенсивности изнашивания.

Потеря сдвиговой устойчивости ведет к вырыву частиц и зерен фазовых составляющих инструментального материала, образование микротрещин происходит в основном по границам межзеренного типа, тормозящим движение дислокаций. Вероятность зарождения микротрещины определяет  $n$ -число линейных дефектов в дислокационной "очереди" у высокоугловой границы:

$$n = NG/[2\pi \cdot (1-\mu) \cdot \tau_{сдв}], \quad (4)$$

где  $N$  – коэффициент, зависящий от схемы дислокационного скопления (0,2...0,5);  $G$  – модуль сдвига;  $\mu$  – коэффициент Пуассона;  $\tau_{сдв}$  – напряжение сдвига.

Данные исследования свидетельствуют, что в период нормального изнашивания при резании со скоростью  $V=20 \dots 40$  м/мин наблюдается наименьшее количество линейных дефектов в дислокационной «очереди», которое снижает вероятность образования микротрещин. Это вызвано фрагментацией поверхностного слоя, при которой происходит разделение зерен фазовых составляющих инструментального материала высокоугловыми границами межзеренного типа. Они являются существенными препятствиями для движения дислокаций, вследствие увеличения напряжения, необходимого для перемещения дислокаций путем скольжения из-за большого угла разориентации (более  $10^\circ$ ) границы фрагмента:

$$\delta_d = \Theta \cdot G/2\pi, \quad (5)$$

где  $G$  – модуль сдвига;  $\Theta$  – угол разориентации.



Учитывая выражения (1) и (3),

$$\rho = [N / (n \cdot 2\pi(1-\mu)A \cdot b)]^2. \quad (6)$$

Таким образом, уменьшение параметра  $n$ , а следовательно, и вероятности образования микротрещин, достигается путем повышения плотности дислокации в поверхностном слое режущего инструмента при фрагментации. Образование фрагментов приводит к уменьшению протяженности высокоугловых границ межзеренного типа. Это значительно снижает коэффициент интенсивности напряжений  $t_i$ , характеризующий эффективность контактных напряжений в зарождении и развитии трещин по границе фрагмента:

$$t_i = C \delta \sqrt{\lambda}, \quad (7)$$

где  $C$  – постоянная;  $\delta$  – внешнее приложенное напряжение;  $\lambda$  – протяженность межзеренных границ.

Следовательно, высокоугловая фрагментированная структура значительно уменьшает вероятность образования микротрещин по межзеренным границам контактной зоны инструмента. Влияние скорости на данные параметры можно выразить следующей зависимостью:

$$V \uparrow \Rightarrow p \downarrow \Rightarrow \tau_{\text{сдв}} \downarrow \Rightarrow t_i \uparrow \Rightarrow n \downarrow. \quad (8)$$

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Дубинин А.Д. Энергетика трения и износа деталей машин / А.Д. Дубинин. - М. - Киев: Лагуна, 2009. – 140с.
2. Зорев Е.Н. Вопросы механики процесса резания металлов / Е.Н. Зорев. -М.: Машгиз, 1996. – 368с.

### УПРОЧНЕНИЕ РЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ ИМПУЛЬСНОЙ МАГНИТНОЙ ОБРАБОТКОЙ

**А.С. Орлов, В.А. Полетаев**

*(ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»)*

При исследовании влияния продолжительности импульсной магнитной обработки, величины напряженности магнитного поля на стойкость и величину износа фаски задней поверхности сверл диаметром 6 мм из быстрорежущей стали Р6М5 при резании углеродистых качественных конструкционных сталей 45 эксперименты проводились на радиально-сверлильном станке 2А135 с автоматической подачей инструмента и его охлаждением СОЖ «Эмульсол ОТ» при концентрации 5 %. Обрабатываемым материалом были выбраны заготовки в форме пластин толщиной 15 мм. Режущие кромки сверл фотографировались на специальных установках при помощи цифрового фотоаппарата. Сверла обрабатывались импульсным магнитным полем. Применялись следующие режимы механической обработки для сталей (45:  $s = 0,18-0,22$  мм/об.,  $v = 14-18$  м/мин. Были выбраны заготовки в форме пластин толщиной 15 мм. Проведены исследования износа задних поверхностей кромок сверла диаметром 6 мм из быстрорежущей стали Р6М5 с МИО при  $H = 500$  кА/м с разным количеством импульсов и с применением ферромагнитного порошка при обработке стали 45.

На рис.1. показана зависимость износа фаски задней поверхности сверла диаметром 6 мм из быстрорежущей стали Р6М5 от суммарной величины сверления детали из стали 45 при МИО при напряженности  $H = 500$  кА/м с ферромагнитным порошком.

Анализ рис. 1. показывает, что при обработке стали 45 износ фаски задней поверхности сверла при упрочнении МИО с ферромагнитным порошком магнитным полем с напряженностью  $H=500$  кА/м находится в пределах 0,34–0,42мм, а суммарная глубина сверления в пределах 800–1200 мм. Причем наименьший износ фаски задней поверхности сверла происходит при количестве импульсов, равно трем.

На рис. 2. представлена относительная стойкость сверл при сверлении стали 45. При оптимальной напряженности магнитного поля 500 кА/м при использовании ферромагнитного порошка максимальная относительная стойкость сверл достигается при количестве импульсов, равном трем (рис. 2.).

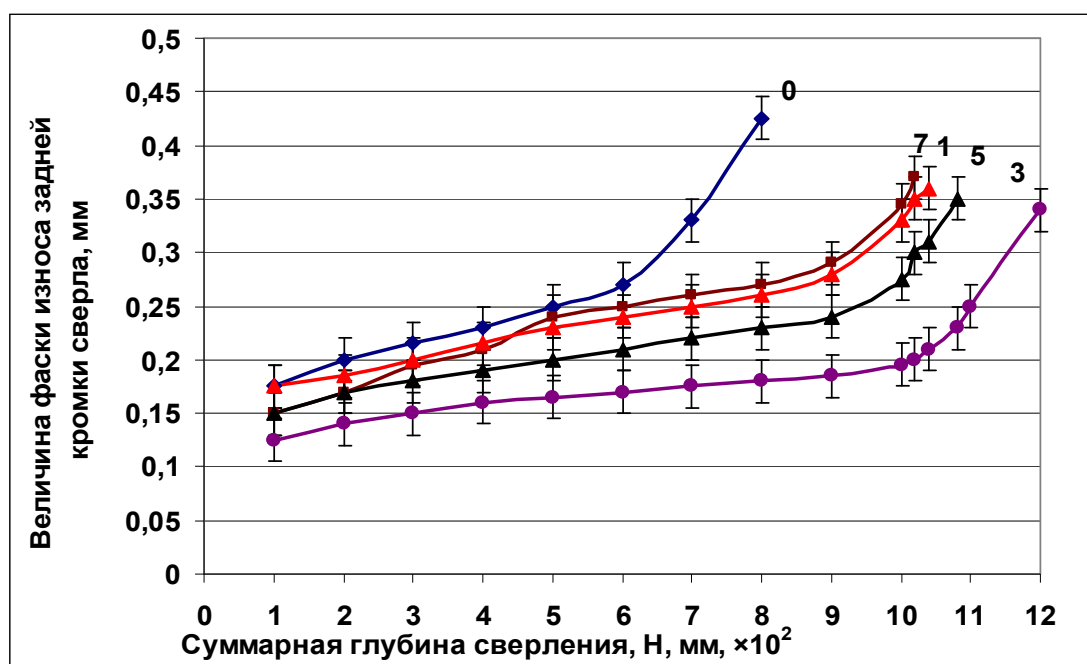


Рис. 1. Зависимость износа фаски задней поверхности сверла диаметром 6 мм из быстрорежущей стали Р6М5 от суммарной глубины сверления при обработке стали 45 при МИО с  $H = 500$  кА/м с ферромагнитным порошком: 0 – без упрочнения МИО; 1 – с МИО и одним импульсом; 3 – с МИО и тремя импульсами; 5 – с МИО и пятью импульсами; 7 – с МИО и семью импульсами

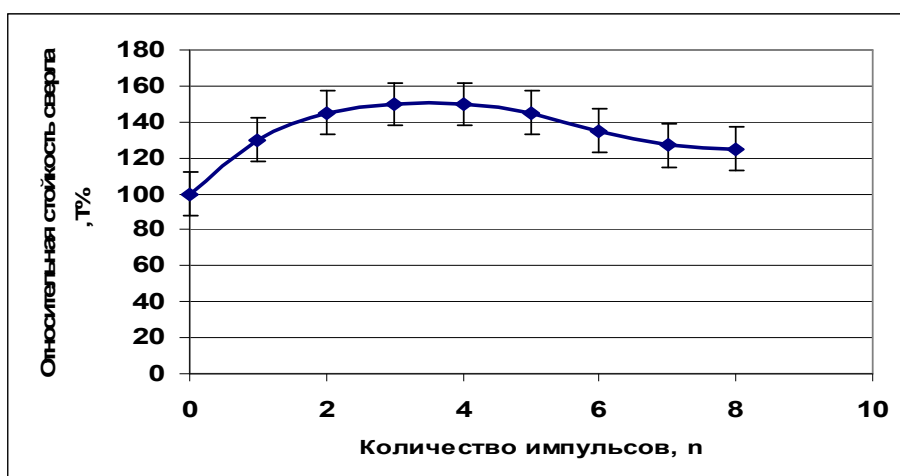
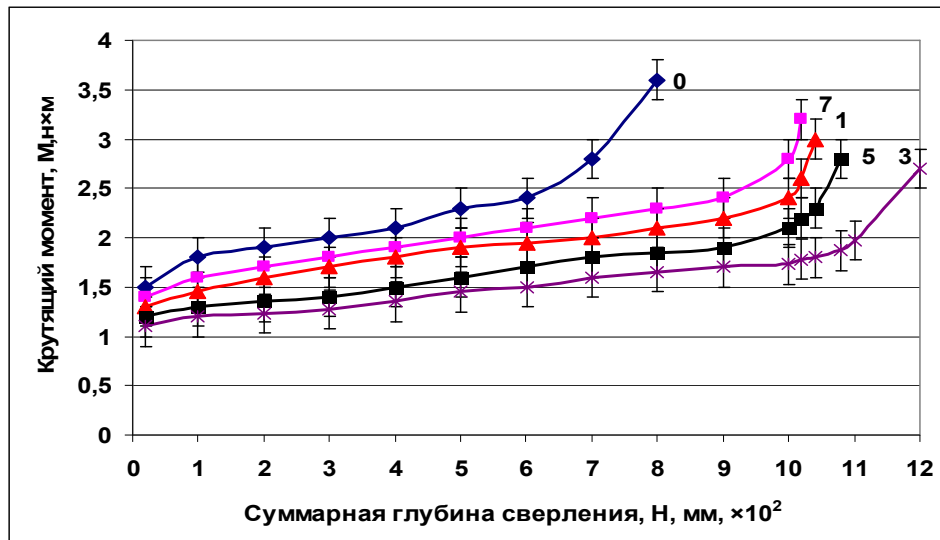


Рис. 2. Влияние количества импульсов магнитной обработки с использованием ферромагнитного порошка на относительную стойкость сверл

На рис. 3. представлена зависимость изменения крутящего момента от суммарной глубины сверления при обработке стали 45 при МИО с  $H = 500$  кА/м с ферромагнитным порошком.

Эксперименты по измерению крутящего момента при обработке деталей из стали 45 показали, что наименьший крутящий момент возникает при обработке сверлами, упрочненными МИО с напряженностью магнитного поля  $H = 500$  кА/м с ферромагнитным порошком и количестве импульсов, равно трем.



**Рис. 3.** Зависимость изменения крутящего момента от суммарной глубины сверления при упрочнении стали 45 импульсным магнитным полем напряженностью  $H = 500$  кА/м с ферромагнитным порошком: 0 – без обработки МИО; 1 – с МИО и одним импульсом; 3 – с МИО и тремя импульсами; 5 – с МИО и пятью импульсами; 7 – с МИО и семью импульсами

Экспериментами установлено, что износ фаски задней поверхности сверл, упрочненных МИО напряженностью  $H = 500$  кА/м, при сверлении стали 45 находится в пределах 0,34–0,42мм, а суммарная глубина сверления в пределах 800–1200 мм. Причем наименьший износ фаски задней поверхности сверла происходит при количестве импульсов, равно трем. По измерению крутящего момента при сверлении деталей из стали 45 установлено, что наименьший крутящий момент возникает при упрочнении сверлами, обработанными  $H = 500$  кА/М и количестве импульсов, равно трем.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Орлов, А.С., Полетаев В.А. Повышение износостойкости сверл методом импульсной магнитной обработки / А.С. Орлов, В.А. Полетаев // Вестник, 2007. – Вып. 3. – С. 54–55.
2. Орлов, А.С. Исследование на износостойкость сверл, упрочненных импульсной магнитной обработкой / А.С. Орлов // Прогрессивные технологии в современном машиностроении: сб. ст. III междунар. науч.-техн. конф. – Пенза, 2007. – С. 35–37.
3. Орлов, А.С., Полетаев В.А. Упрочнение сверл методом импульсной магнитной обработки / А.С. Орлов, В.А. Полетаев // Вестник ИГЭУ. – 2006. – Вып. 3. – С. 27.

## ИЗУЧЕНИЕ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ ПРИ ОБРАБОТКЕ МЕТАЛЛОВ РЕЗАНИЕМ

Д.С. Репин, И.О. Бокарев

*(ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»)*

В современной технике обработка металлов резанием на металлорежущих станках имеет большое значение, ей подвергается большинство деталей разнообразных машин. Так, анализ состояния пожарной и аварийно-спасательной техники при пробегах близких к капитальному ремонту показывает, что основными причинами отказов является преждевременный износ трущихся частей. Ремонт гидравлических систем аварийно-спасательной техники происходит, как правило, путем замены изношенных узлов. Поэтому, одно из направлений в системе МЧС России при эксплуатации автотранспортных средств, как на колесном, так и на гусеничном шасси является повышение их надежности. Отягчающим обстоятельством служит особый интенсивный режим работы специальной техники, связанный с негативным воздействием ряда факторов. Это температурные перепады, экстремальные динамические нагрузки, неустановившийся режим работы, реверсивные нагрузки, попадание абразивных материалов из окружающей среды, водные загрязнения смазочных материалов и топлива. В современной пожарной и аварийно-спасательной технике широкое применение нашли различные виды сталей и сплавов с износостойчивыми свойствами. Так, например, в пожарной технике стали используются для изготовления шпинделя и его опорной гайки в пожарном гидранте, поршневые пальцы, коленчатые и распределительные валы двигателей внутреннего сгорания, элементы топливной аппаратуры, валы и зубчатые колеса коробок передач и коробок отбора мощности, валы пожарных насосов, шпиндели напорных задвижек насосов, сопряженные детали пеносмесителей.

Производство выше перечисленных изделий неразрывно связано с механической обработкой и на этой стадии целесообразно применение смазочно-охлаждающих технологических средств (СОТС). Эффективность металлообработки - комплексный показатель, учитывающий в числе прочих условий и роль смазочно-охлаждающих технологических средств СОТС, их влияние на качество изделий, производительность труда и другие технико-экономические показатели процессов обработки металлов резанием.

Повышение работоспособности режущего инструмента в металлообработке способствует повышению точности и качества обрабатываемых деталей. Современные СОТС - это неотъемлемая часть всего комплекса средств, обеспечивающего эффективную эксплуатацию металлорежущего оборудования. Поскольку в практике металлообработки условия резания различаются значительно, то соответственно применяется и большое число СОТС, искусственно вводимых в зону резания. Перспективным путем решения ряда этих задач является совершенствования СОТС посредством введения в них различных по природе и химическому строению функциональных присадок. На основании изучения литературных источников и физико-химических свойств полимеров были выбраны следующие вещества в качестве присадок к СОТС - это полиэтиленгликоль (ПЭГ) и поливиниловый спирт (ПВС) [3]. Присадки высокомолекулярных соединений эффективны, благодаря глубокому и многостороннему воздействию на физико-химические и механические процессы и явления, происходящие в зоне резания.

В качестве обрабатываемых материалов использовались конструкционная сталь 45, титановый сплав ВТ1-0. При выборе данных материалов учитывалась необходимость их применения в промышленности. Исходным продуктом для изготовления водных СОТС являлся эмульсол – Эфтол (ТУ 0258-137-05744685-00). Для повышения эффективности используемых СОТС была произведена их предварительная активация с помощью коронного разряда. Установлено, что процесс образования химически активных компонентов

смазочной среды (атомов, ионов, свободных радикалов, ион-радикалов) можно интенсифицировать различными внешними энергетическими воздействиями на технологическое средство. Компоненты СОТС, подвергнутые предварительной активации, получают дополнительную энергию, что переводит их в метастабильное состояние. Это состояние характеризуется ослаблением или частичным нарушением внутримолекулярных связей, т.е. стимулируется деструкция СОТС с образованием активных атомов, радикалов и групп [1]. Именно эти активные элементы образуют в зоне контакта пленки, которые в свою очередь экранируют адгезионное взаимодействие поверхностей инструмента и обрабатываемого материала. В данной работе были изучены остаточные микронапряжения, при использовании в качестве СОТС полимерсодержащих средств активированных коронным разрядом.

Особенность остаточных напряжений после механической обработки состоит в том, что они действуют практически только в поверхностных слоях глубиной несколько десятков микрометров. Однако, как показывает опыт эксплуатации, остаточные напряжения в поверхностных слоях могут повлиять на прочность всей детали, особенно при действии переменных напряжений. Два основных фактора вызывают возникновение остаточных напряжений – это пластические деформации и нагревание поверхностных слоев.

Были произведены исследования остаточных напряжений в поверхностных слоях стали 45 и титанового сплава ВТ1-0 после обработки инструментом изготовленного из быстрорежущей стали марки Р6М5. При резании стали 45 напряжения в поверхностном слое были сжимающими (рис.1.). Наименьшие остаточные напряжения по всей глубине залегания наблюдались после обработки с применением отрицательно активированной полимерсодержащей СОТС (рис.1(б)). Также было замечено незначительное уменьшение остаточных напряжений при использовании неактивированных полимерсодержащих СОТС. Наибольшие сжимающие напряжения наблюдались при использовании положительно активированной полимерсодержащей СОТС (рис.1 (в)).

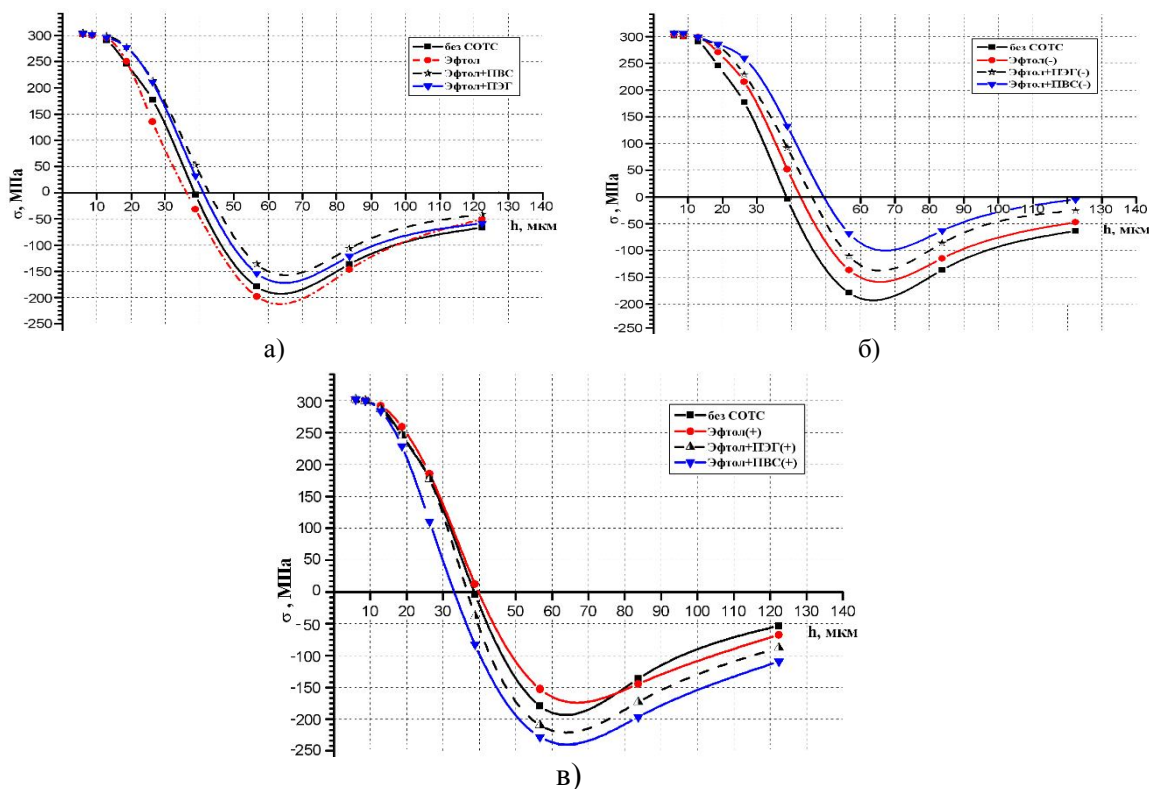
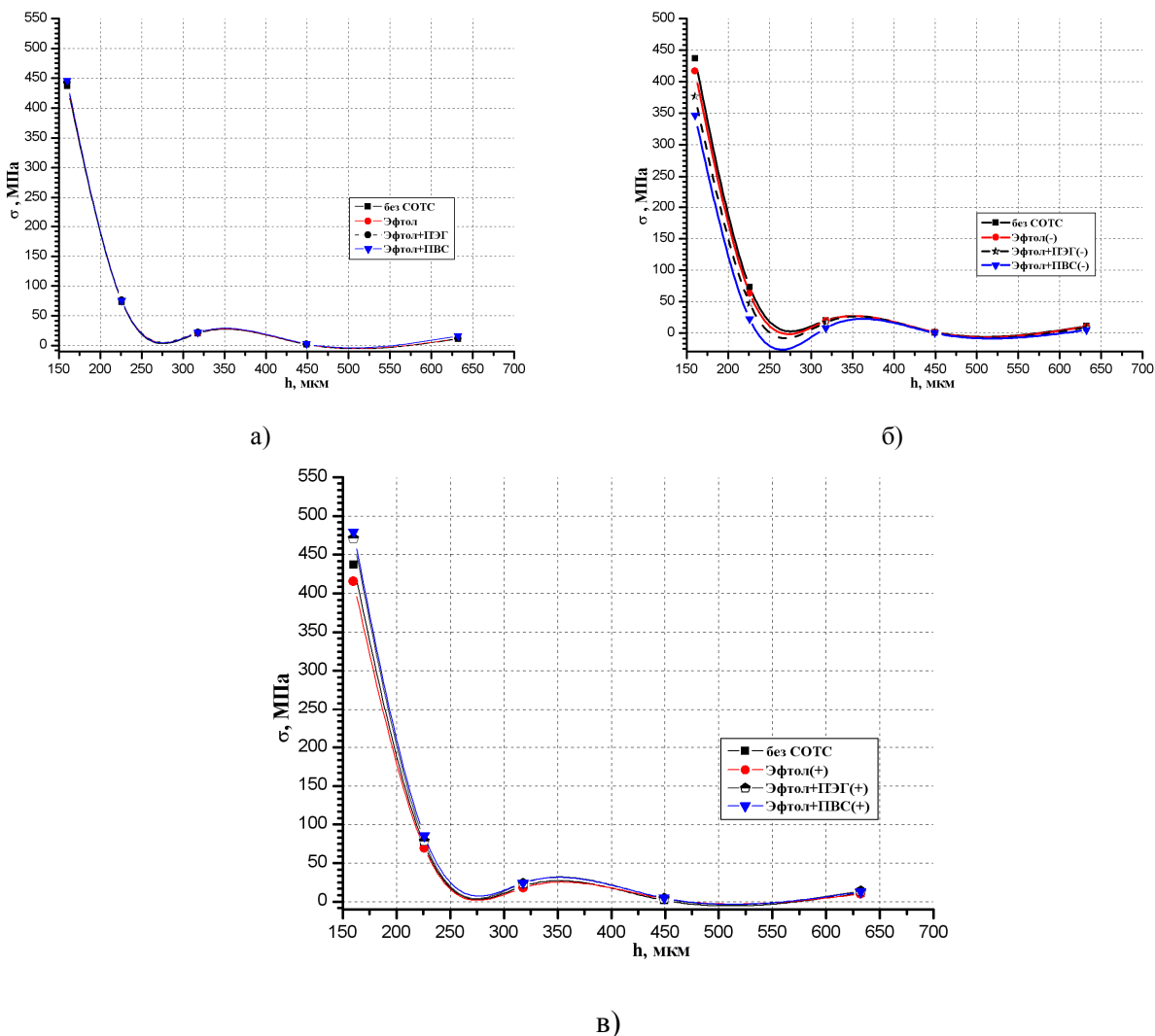


Рис. 1. Остаточные напряжения после точения стали 45 ( $V=0,5\text{ м/с}$ ,  $S=0,1\text{ мм/об.}$ ,  $t=0,5\text{ мм}$ ):

- а) неактивированные полимерсодержащие СОТС; б) отрицательно активированные полимерсодержащие СОТС; в) положительно активированные полимерсодержащие СОТС

Из полученных графиков можно сделать вывод, что отрицательно активированные СОТС уменьшают остаточные напряжения, что свидетельствует об облегчении процесса резания. При положительной активации происходит увеличение остаточных напряжений, следовательно, процесс резания ухудшается. Уменьшение остаточных напряжений при применении положительно ионизированного воздуха связано с облегчением процесса деформации металла в ходе резания, а это, в свою очередь можно объяснить возникновением активных радикалов в зоне обработки [2].

Изучение остаточных напряжений в поверхностных слоях титанового сплава ВТ1-0 выявили присутствие растягивающих напряжений (рис. 2). Так как функциональные свойства прибора ограничены, остаточные напряжения в немагнитных материалах начинают регистрироваться не с поверхности, из-за этого измерения начинаются с глубины 150 мкм.



**Рис. 2.** Остаточные напряжения после точения титана ВТ 1-0 ( $V=0,35\text{м/с}$ ,  $S=0,1\text{мм/об.}$ ,  $t=0,5\text{мм}$ ):

- а) неактивированные полимерсодержащие СОТС
- б) отрицательно активированные полимерсодержащие СОТС
- в) положительно активированные полимерсодержащие СОТС

При использовании неактивированных СОТС изменение остаточных напряжений не было зафиксировано. Положительная активация способствовала незначительному увеличению поверхностных растягивающих напряжений, изменения наблюдаются на глубине 150–350 мкм. Причем стоит заметить, что эмульсия при данной активации наоборот, уменьшает напряжения.

Введение отрицательно активированных сред способствует снижению напряжений на глубине от 150 до 300 *мкм* на величину. Здесь, как и в исследовании остаточных напряжений стали 45, можно предположить, что возникновение активных радикалов в процессе деструкции полимерных присадок приводит к изменению остаточных напряжений на поверхности обработанного материала.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Латышев В.Н., Наумов А.Г., Раднюк В.С., Репин Д.С., Курапов К.В., Маршалов М.С., Жуковский С.А., Ткачук О.В. Экспериментальные исследования трибологических явлений при резании материалов // Трение и износ том 31, №5, 2010. – С. 500-510.
2. Подзолков А.И., Дубовик Ю.А., Бабенко Д.А. Влияние полимерсодержащих смазывающе–охлаждающих технологических средств на эффективность резания металлов. Вестник ХНТУ № 3(29), 2007 г.
3. Химическая энциклопедия: В 5 т.: т. 3: Меди – Полимерные / Х 46 Редкол.: Кнунянц И.Л. (гл. ред.) и др. – М.: Большая Российская энцикл., 1992. – 639 с.: ил.

**РАЗДЕЛ 4**  
**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**  
**В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ**

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТРЕХМЕРНОЙ ГРАФИКИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ДИПЛОМНЫХ РАБОТ ПО ПОЖАРНОЙ ТАКТИКЕ**

**А.Е. Акулов, В.Е. Иванов, В.А. Смирнов**  
*(ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»)*

Изучение пожаров является одним из основных условий совершенствования организации тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ, совершенствования уровня готовности подразделений пожарной охраны и профессиональной подготовки их личного состава. Для качественной подготовки пожарных в системе МЧС по каждому произошедшему пожару проводится разбор. Разбор пожаров является одной из форм тактической подготовки начальствующего состава подразделений пожарной охраны.

Разбор пожаров проводится с целью:

- анализа действий подразделений пожарной охраны и граждан по борьбе с пожаром, уровня служебной и профессиональной подготовки пожарных частей гарнизона;
- анализа положительных сторон и недостатков в профилактической работе и руководстве тушением пожара, уровня служебной и профессиональной подготовки пожарных частей гарнизона, новых приемов и способов тушения пожаров, использования огнетушащих веществ, пожарной техники и средств связи;
- анализа противопожарного состояния объекта, где произошел пожар и его оперативно-тактических особенностей, причин возникновения и особенностей развития пожара;
- анализа случайных явлений и событий, происшедших при развитии и тушении пожара, причин происшедших случайностей, решения вопросов техники безопасности;
- разработки мероприятий, направленных на предупреждение подобных пожаров и устранение недостатков, имевших место при их тушении, обобщение и распространение положительного опыта.

Для проведения разбора пожара с личным составом одним из главных является вопрос материально-технического обеспечения подразделений. Для наглядности пожарные подразделения используют схемы расстановки сил и средств на месте тушения пожара. Они представляют собой набор условных обозначений, установленных по образцу согласно нормативных документов МЧС России. Составление схем расстановки сил и средств на месте тушения пожара продолжается с 1982 года, а именно с момента утверждения ГОСТ 12.1.114-82. Данные схемы передают основную информацию по расстановке сил, действиям личного состава, изменениям в обстановке.

Научно-технический прогресс современного мира не стоит на месте, поэтому и материально-техническое оснащение подразделений для проведения разбора пожаров требует модернизации. В качестве модернизации рассматривается предложение по введению системы 3D-моделирования обстановки на пожаре (рис.1 и 2).

Использование трехмерного моделирования позволяет более наглядно рассмотреть ту или иную ситуацию, точнее выделить положительные и отрицательные действия рядового и начальствующего состава, выявить проблемы и ошибки в ходе действий. Выбор программного обеспечения для составления модели осуществляется с учетом комфорта использования сотрудником. В качестве примера представлена 3D-модель возможного



пожара в торговом центре «Никольский» город Кинешма (Рис. 1). Она выполнена с использованием САПР ArchiCAD и Sketchup.



Рис. 1. Позиции ствольщиков



Рис. 2. Установка автоцистерны на пожарный гидрант

Использование трехмерного моделирования является эффективным инструментом при тактической подготовке пожарных и способствует совершенствованию уровня готовности подразделений пожарной охраны и профессиональной подготовки их личного состава.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Плат П.В. Методические рекомендации по изучению пожаров, 2013. – 19 с.
2. Компьютерное проектирование в архитектуре. Archicad 11 – М.: ДМК Пресс, 2007. – 800 с.
3. Разработка 3D виртуальных макетов для отработки навыков пожаротушения. Девятая международная научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых Энергия 2014. Материалы конференции. В 7 т. Т.4 – Иваново: ФГБОУ ВПО ИГЭУ им. В.И. Ленина, 15-17 апреля 2014 г. – С. 339 – 341.

## РОЛЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ ВУЗА

**С.В. Беседина, А.В. Паринов**

*(ФГБОУ ВПО «Воронежский институт Государственной противопожарной службы  
МЧС России»)*

Современная система образования характеризуется стремлением к непрерывности, практической направленности, вариативности, научности, индивидуализации, гуманизации, рефлексивности. Особое внимание уделяется использованию интерактивных технологий и внедрению в образовательный процесс системы дистанционного образования.

Заместитель министра Минобрнауки РФ Александр Климов предложил, что «нормой должно стать наличие не менее 20% программ, реализуемых в сетевом режиме. И нормой должно стать признание тех квалификаций, которые студенты в рамках своих индивидуальных траекторий получают при дистанционном обучении, их признание для выдачи дипломов». [1]

В ФЗ об образовании говорится, что «при реализации образовательных программ используются различные образовательные технологии, в том числе дистанционные образовательные технологии, электронное обучение» (статья 13). В этом же законе статья 16 посвящена реализации образовательных программ с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий. [2]

С 2002 г. ЮНЕСКО активно поддерживает инициативы по созданию в Интернете открытых образовательных ресурсов (ООР). Особое значение ООР приобретают в развивающихся странах, поскольку их использование позволяет значительно расширить доступ к качественному высшему образованию и обучению в течение всей жизни и обеспечить полноценное участие университетов в стремительно развивающейся мировой системе высшего образования [3].

По данным опроса издания «Компьютерная неделя» «Какие ИТ наиболее целесообразно использовать в учебном процессе вуза?» были получены следующие результаты: технологии визуализации информации, технологии дистанционного обучения (считают более 70% опрошенных), технологии создания мультимедиа курсов, технологии организации on-line лекций (более 50%). [4]

Электронные издания и электронные библиотеки повсеместно заменяют учебники, изданные типографским способом. В соответствии с одним из пунктов ФГОС третьего поколения «...ООП подготовки специалиста должна обеспечиваться учебно-методической документацией и материалами по всем учебным курсам, дисциплинам (модулям) ООП. Содержание каждой из таких учебных дисциплин (модулей) должно быть представлено в сети Интернет или локальной сети образовательного учреждения с выполнением установленных требований по защите информации...» [5].

Использование ИТ в образовательном процессе вуза является многосторонним. ИТ можно использовать при проведении занятий с целью интенсификации процесса обучения, проводить дистанционное обучение, развивать системы непрерывного образования, использовать интерактивные технологии обучения, применять программы для профессиональной подготовки обучаемых, использовать ИТ для управления учебным процессом.

В общем можно выделить три основных направления использования ИТ в образовательных учреждениях:

1. Ведение учебно-методической деятельности – т.е. основная профильная задача для каждого учебного заведения.

2. Организация совместной работы и общения на всех уровнях пользователей: студенты, преподаватели, административный штат, руководство.

3. Задача управления вузом как бизнес единицей.

В рамках преподавания дисциплин в ВИ ГПС МЧС России на кафедре прикладной математики и инженерной графики данные технологии реализованы по следующим направлениям:

– Визуализация (технология визуализации информации). Преподаватели кафедры активно используют презентации для чтения лекций, для проведения практических и лабораторных работ. На кафедре разработаны электронные учебные пособия для проведения различных форм занятий.

– Мультимедиа. Электронное учебное пособие содержит тестовые материалы для контроля знаний.

– Вспомогательное программное обеспечение используется для проведения лабораторных работ по дисциплинам кафедры. Их применение способствует интенсификации процесса обучения, помогает сделать дисциплины более наглядными, способствует развитию информационной компетенции. Избавляет прикладные дисциплины от рутинных ручных вычислений.

– Высшая математика: табличные процессоры (MsExcel, OpenOffice.Calc), MathCard, Maxima, программы для построения и исследования функций (Graph), Statistica.

– Начертательная геометрия. Инженерная графика: Kompas, AutoCard.

– Прогнозирование опасных факторов пожара: Intmodel, Zonmodel, векторные редакторы для создания планов помещений.

– Программное обеспечение, разработанное на кафедре, для обеспечения для расчетов рисков, прогнозирования опасных факторов пожара.

– Электронные библиотеки. Сотрудники кафедры постоянно работают над учебно-методическими пособиями, которые представлены в электронной форме в библиотеке и локальной сети.

– Электронный УМК представлен в виде рабочих программ, тематических планов, конспектов к занятиям, списков вопросов для самоконтроля и промежуточного контроля знаний, мультимедиа материалов и прочей документации.

– Реализация всех категорий курсов обучения в системе дистанционного обучения.

– Проведение интернет-конференции, вебинаров.

– Доступ к тренажерам на Едином портале интернет-тестирования в сфере образования.

– Участие обучаемых в научно-исследовательских кружках, в олимпиадах (например: в финале Всероссийской студенческой Олимпиаде в сфере информационных технологий «IT-Планета»).

В заключении можно отметить, что комплексное применение традиционных и новых информационных технологий определяет развитие обязательных для выпускника вуза знаний, умений, навыков и компетенций, необходимых для изучения в дальнейшем профильных дисциплин и профессиональной инженерной деятельности.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Риановости: [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://ria.ru/education/20131023/972039024.html> свободный. - Загл с экрана.

2. Федеральный закон от 29.12.2012 N 273-ФЗ (ред. от 25.11.2013)"Об образовании в Российской Федерации" (с изм. и доп., вступающими в силу с 05.12.2013)

3. Forum on the Impact of Open Courseware for Higher Education in Developing Countries, UNESCO, Paris, 1-3 July, 2002

4. ИТ в образовании. [Электронный ресурс] – Режим доступа: [PC Week Review: ИТ в образовании, май 2010](#) свободный. - Загл с экрана.

5. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования по направлению подготовки (специальности) 280705 Пожарная безопасность.

## О ВОЗМОЖНОСТЯХ КОМПЬЮТЕРНОЙ ГРАФИКИ

**И.А. Легкова, К.А. Данилов**

*(ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»)*

Компьютерная графика (машинная графика) – создание, обработка графических изображений, их отображение (например, на экране монитора, в виде твердых копий) и манипулирования ими с использованием средств вычислительной техники.

Для обработки изображений на компьютере используются специальные программы – графические редакторы. Графический редактор – это программа создания, редактирования и просмотра графических изображений. Графические редакторы можно разделить на две категории: растровые и векторные.

Растровая графика – это прямоугольная матрица, состоящая из множества очень мелких неделимых точек (пикселей) [1]. Каждый такой пиксель может быть окрашен в какой-нибудь один цвет. Например, монитор, с разрешением 1024x768 пикселей имеет матрицу, содержащую 786432 пикселей, каждый из которых (в зависимости от глубины цвета) может иметь свой цвет. Т.к. пиксели имеют очень маленький размер, то такая мозаика сливается в единое целое и при хорошем качестве изображения (высокой разрешающей способности) человеческий глаз не видит «пикселизацию» изображения.

К достоинствам растровой графики относятся [2]:

- растровые редакторы являются наилучшим средством обработки фотографий и рисунков, т.к. обеспечивают высокую точность передачи градаций цветов и полутонов;
- растровая графика позволяет создать практически любой рисунок, вне зависимости от сложности, в отличие, например, от векторной, где невозможно точно передать эффект перехода от одного цвета к другому без потерь в размере файла;
- высокая скорость обработки сложных изображений, если не нужно масштабирование.

Недостатками растровой графики являются:

- изображения, создаваемые в растровых программах, всегда занимают много памяти, о этой причине информация в файлах растрового формата хранится, как правило, в сжатом виде;
- растровые изображения невозможно увеличивать для уточнения деталей; так как изображение состоит из точек, то увеличение приводит к тому, что точки становятся крупнее, что визуально искажает иллюстрацию, этот эффект называется пикселизацией.

Графические редакторы, в которых используется растровая графика: Paint, PhotoShop и др.

Векторная графика (другое название – геометрическое моделирование) – способ представления объектов и изображений в компьютерной графике, основанной на использовании элементарных геометрических объектов, таких как: точки, линии, сплайны и многоугольники [1]. Объекты векторной графики являются графическими изображениями математических функций. Термин используется в противоположность к растровой графике, которая представляет изображение как матрицу фиксированного размера, состоящую из точек (пикселей) со своими геометрическими параметрами.

Достоинства векторной графики [2]:

- небольшой размер файла при относительно несложной детализации изображения;
- возможность неограниченного масштабирования без потери качества; в связи с тем, что информация об объекте хранится в описательной форме, можно бесконечно увеличить графический примитив, например, дугу окружности, и она останется гладкой;
- возможность перемещения, вращения, растягивания, группировки и т.д. так же без потери качества;

- управление толщиной линий при любом масштабе изображения, при увеличении или уменьшении объектов толщина линий может быть задана постоянной величиной, независимо от реального контура.

Графические редакторы, в которых используется векторная графика: CorelDRAW, AdobeFireworks и др.

Графические приложения связаны с созданием изображений в трехмерном пространстве и компьютерной анимацией. Компьютерная графика используется в системах САПР (в машиностроении, приборостроении), в медицине, метеорологии, других областях науки и техники.

Самой распространенной системой автоматизированного проектирования (САПР) является AutoCAD фирмы Autodesk. Однако используемые зарубежные САПР не учитывают наши промышленные стандарты. Многочисленные попытки адаптировать AutoCAD к нуждам отечественного конструктора привели к появлению множества графических редакторов САПР. Именно к этой категории относятся российские программы КОМПАС, T-Flex CAD, ADEM, СПРУТ и др.

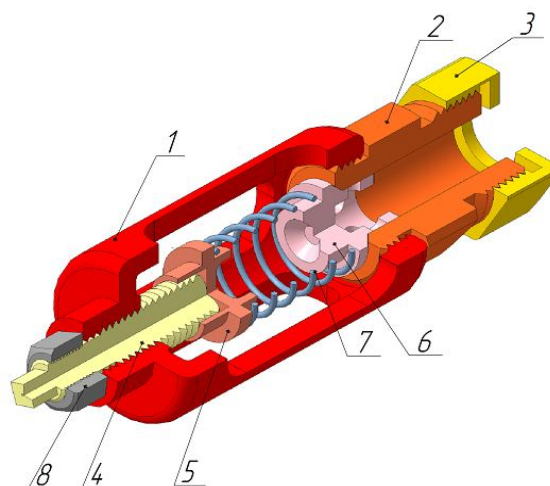
Наиболее удобной для использования является САПР КОМПАС, предназначенная для прямого проектирования в машиностроении. КОМПАС – это КОМПлекс Автоматизированных Систем для решения широкого круга задач проектирования, конструирования, подготовки производства в различных областях машиностроения. Разработан специалистами российской фирмы АО «АСКОН» (Санкт-Петербург, Москва и Коломна), которые прежде работали на предприятиях различных оборонных отраслей. После анализа системы AutoCAD было принято решение о создании конкурентоспособной чертежной системы, обладающей такими свойствами, которые позволили бы ей стать популярной у пользователей: простота и эффективность, поддержка отечественных стандартов и ориентация на привычную технологию конструктора; конструкторский интерфейс, позволяющий системе быть эффективным и удобным рабочим инструментом и в то же время настолько простой, чтобы обучение неподготовленного пользователя занимало не больше недели.

В настоящее время базовым программным средством можно считать систему геометрического моделирования «КОМПАС-3D», которая предназначена для создания и отображения моделей трехмерных объектов в процессе выполнения дизайнерских, проектных и конструкторско-технологических работ.

Трехмерная графика – это раздел компьютерной графики, совокупность приемов и инструментов, предназначенных для изображения объемных объектов.

Система КОМПАС-3D дает возможность выполнять следующие виды работ: проектирование и редактирование внешней формы изделий; получение и просмотр реалистичных полутоновых изображений проектируемых объектов; решение компоновочных задач и т.п.

Система КОМПАС-3D располагает широкими возможностями создания трехмерных моделей самых сложных конструкций, как отдельных деталей, так и сборочных единиц. При изучении дисциплины «Инженерная графика» рассматривается тема «Детализирование сборочного чертежа», которая является достаточно сложной для понимания первокурсников. В рамках научного общества обучающихся на кафедре «Механика и инженерная графика» Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России с помощью КОМПАС-3D для наглядности курсантами была создана трехмерная модель предохранительного клапана, представленная на рисунке. Созданная пространственная модель позволяет не только оценить внешнее устройство сборочной единицы, но и увидеть строение клапана, посмотреть взаимодействие отдельных его частей между собой, для этого в модели был сделан разрез. Пространственную модель можно рассмотреть с любой стороны, поворачивая и вращая ее.



**Рис. 1.** Трехмерная модель предохранительного клапана:  
1 – корпус, 2 – седло, 3 – гайка, 4 – винт, 5 – опора, 6 – клапан, 7 – пружина, 8 – гайка

С помощью 3D моделей можно продемонстрировать наглядно устройство любого сборочного узла. Создание пространственных моделей облегчает понимание учебного материала, повышает интерес к изучаемой дисциплине [3], способствует развитию научно-исследовательских навыков обучающихся.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. <https://ru.wikipedia.org>.
2. <http://www.stockers.ru>.
3. Легкова, И.А. Использование информационных технологий при обучении инженерной графике / И.А. Легкова, А.А. Шляхов. – Надежность и долговечность машин и механизмов: материалы V всерос. научно-практич. конференции. – Иваново, 2014.

### ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ ОБУЧЕНИЯ ГРАФИЧЕСКИМ ДИСЦИПЛИНАМ

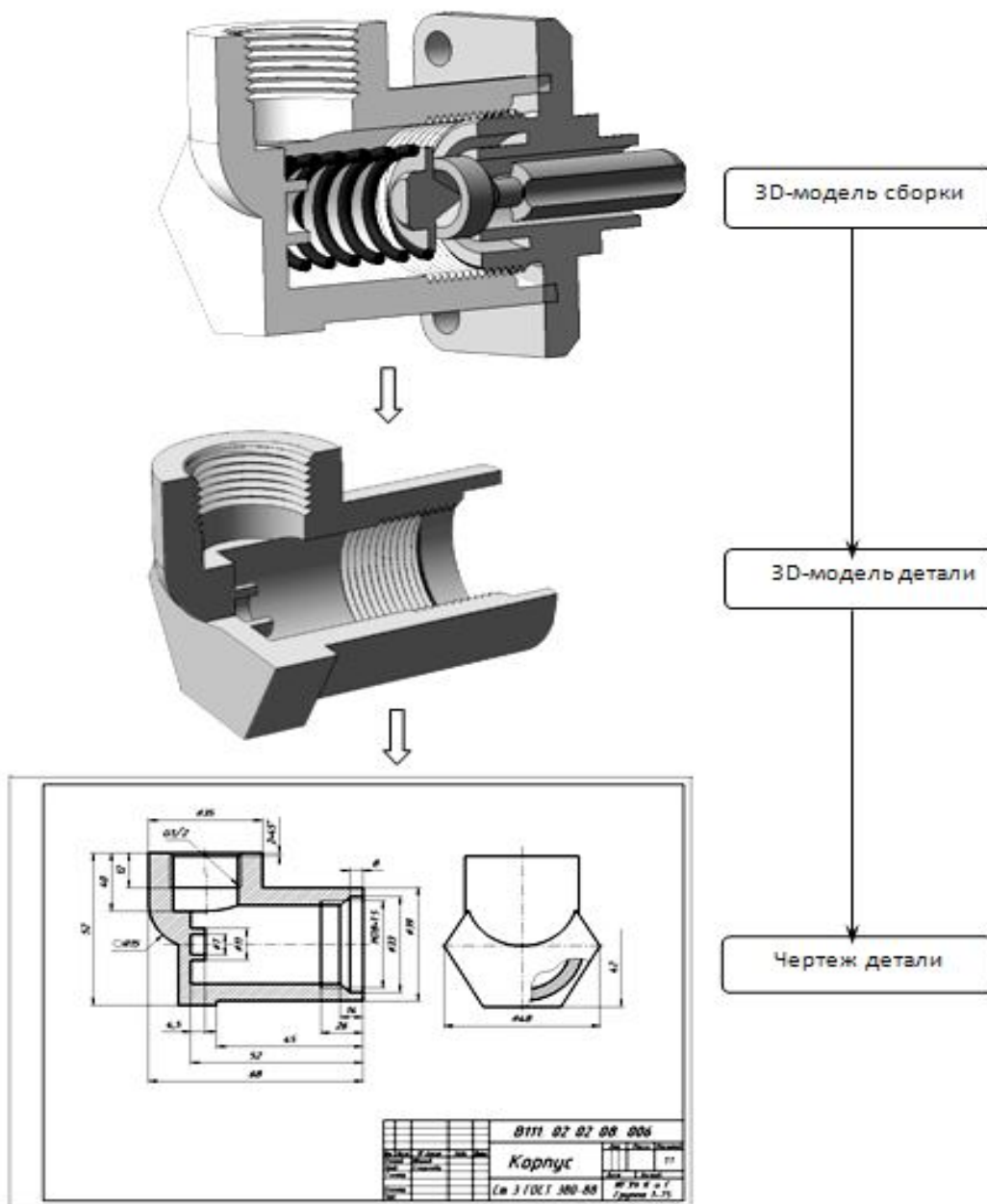
**Е.В. Егорычева, Д.А. Вьюнов**  
*(ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный энергетический университет  
имени В.И. Ленина»)*

Широкое внедрение вычислительной техники влечёт за собой переход от традиционных методов ведения проектно-конструкторских работ к использованию новых, автоматизированных систем разработки и выполнения конструкторской документации. В настоящее время выполнение любых чертежно-проектных работ невозможно представить без использования систем автоматизированного проектирования.

Развитие компьютерных технологий оказывает сильное влияние на всю систему высшего образования. Это коснулось учебного процесса и методик преподавания. Ярким примером этого процесса является модернизация преподавания курса «Инженерная и компьютерная графика», в состав которого часто входят такие разделы как начертательная геометрия, черчение, компьютерная графика. Инженерная графика для решения геометрических задач использует графический метод, который заключается в получении и преобразовании изображений объектов на чертеже. По чертежу можно определить форму и размер изображённого объекта. Никакое, даже самое подробное описание объекта не может заменить его правильного чертежа. Однако, не всем студентам по традиционным учебникам

удаётся понять последовательность правильного решения выполнения чертежа. В этой связи представляется актуальным создание новых компьютерных технологий обучения, приближенных к системе дистанционного обучения.

Одной из важных работ при изучении курса «Инженерная и компьютерная графика» является выполнение детализования сборочного чертежа. По сборочному чертежу детали собирают в сборочные единицы или окончательное изделие. С помощью сборочных чертежей определяется взаимное расположение деталей и их соединение, сопряжение, крепление. В обучающем комплексе для наиболее полного понимания устройства изделий, представленных на сборочных чертежах, создается библиотека трехмерных моделей этих изделий, выполненных в системах AutoCad или Компас-3D [1]. Трехмерные модели сборки представляют внешнюю и внутреннюю конфигурацию изделий. Пользователь может последовательно разбирать модель изделия на отдельные сборочные единицы и детали для определения их конфигурации и выполнения чертежей (рис. 1).



Такая же технология применяется и к изучению резьбовых соединений – представляется сборочный чертеж с возможностью сборки-разборки, изучения его составляющих деталей (рис. 2).

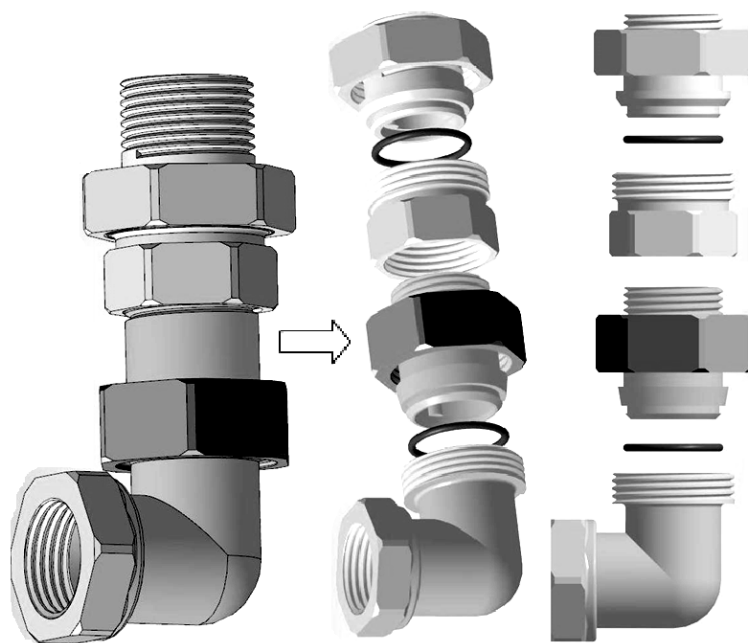


Рис. 2. Схема изучения резьбового соединения

Также система трехмерного твердотельного моделирования Компас-3D позволяет создать параметризованные геометрические модели. Механизм параметризации при работе с геометрическими моделями позволяет получать набор однотипных моделей изделий на основе спроектированной модели, изменяя конкретные числовые значения переменных, также вносить необходимые изменения в модель путем изменения ее переменных.

Это дает возможность применять параметризованную модель детали в качестве основы при выполнении студентами своих заданий [2]. Для создания резьбы на поверхностях 3D моделей разработана библиотека профилей различных типоразмеров. Используя созданный профиль можно выполнить резьбу на определенную длину с определенным шагом резьбы. Также с помощью технологии параметризации появилась возможность модифицировать довольно сложные сборочные единицы. Использование указанной технологии действительно позволило существенно сократить время, затрачиваемое на разработку, модификацию и редактирование моделей.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Егорычева Е.В. Информационное обеспечение курса "Начертательная геометрия" / Материалы XI Международной научно-технической конференции «Информационная среда вуза». Иваново, 2012. С.106 – 108.

2. Информационное обеспечение в современных технологиях обучения графическим дисциплинам / С.А. Новожилова, Е.В. Егорычева // Геометрия и графика: Журнал. – Москва: ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М". – 2013. – №3. – т.1, ч.1. – С.33 – 35.

3. Геометрическое моделирование в современных технологиях обучения курсу "Инженерная и компьютерная графика" / Е.В. Егорычева, С.А. Новожилова, Е.П. Милосердов // Новый университет. Серия "Технические науки": Журнал.– Йошкар-Ола: ООО "Коллоквиум".– 2013.– №7.– С.4 – 8.



## ПРИМЕНЕНИЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПО НАЧЕРТАТЕЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ

**Е.В. Егорычева, К.Н. Бубнов**  
(ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный энергетический университет  
имени В.И. Ленина»)

Система трехмерного твердотельного моделирования КОМПАС-3D обладает всеми необходимыми возможностями для создания параметризованных геометрических моделей. Механизм параметризации при работе с геометрическими моделями позволяет получать набор однотипных моделей изделий на основе спроектированной модели, изменяя конкретные числовые значения переменных, также вносить необходимые изменения в модель путем изменения ее переменных. Это дает возможность применять параметризованную модель детали в качестве основы для использования в собственной библиотеке изделий.

В начертательной геометрии рассматриваются задачи по взаимному пересечению геометрических фигур. Размеры, форма и взаимное расположение геометрических объектов определяют характер их пересечения. Изменение параметров даже одинаковых фигур влечет за собой изменение формы линии пересечения. В системе трехмерного твердотельного моделирования КОМПАС-3D возможно создание параметризованных моделей пересекающихся поверхностей.

Необходимо спроектировать модель и затем, изменяя конкретные числовые значения переменных, создать набор типовых моделей. Размеры, определяющие форму геометрического объекта и представляющие собой варьируемые параметры модели (именованные параметры) должны быть связаны с соответствующей переменной. Присвоение этим переменным различных числовых значений приводит к изменению размеров и геометрической формы моделируемого изделия.

На рис.1 показано несколько параметризованных моделей пересекающихся поверхностей тора и цилиндра.

Из рисунка видно, что изменение взаимного положения и размеров цилиндра и тора приводит к изменению характера пересечения поверхностей вращения. Линия пересечения поверхностей вращения может состоять из двух частей, из одной замкнутой кривой или одной кривой с узловой точкой (точкой касания).

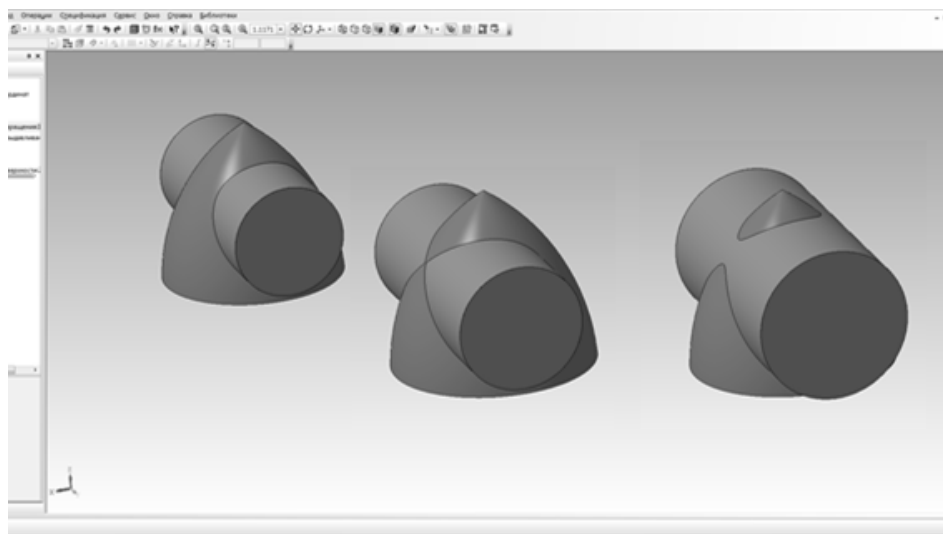


Рис. 1. Параметризованные модели

Таким образом, для решения задач по построению пересечения поверхностей рационально использовать технологию параметризации применительно к отдельным объектам и их взаимному расположению. Следует отметить, что с помощью технологии параметризации можно модифицировать довольно сложные геометрические модели. Использование указанной технологии позволяет существенно сократить время, затрачиваемое на разработку, модификацию и редактирование моделей.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Параметрическое моделирование деталей с резьбовыми поверхностями / Е.В. Егорычева, В.А. Ломиногин // Математическое моделирование и информационные технологии. Энергия-2013. Восьмая международная научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых. – Иваново, 2013. – Т. 5, ч. 1. – 2013. – С.292 – 293.
2. Анализ графической подготовки студентов художественных специальностей технических вузов / Е.В. Егорычева, М.Ю. Волкова // Новый университет. Серия "Технические науки": Журнал.— Йошкар-Ола: ООО "Коллоквиум".— 2013.— №10. – С.4 – 7.
3. Информационное обеспечение в современных технологиях обучения графическим дисциплинам / С.А. Новожилова, Е.В. Егорычева // Геометрия и графика: Журнал.— Москва: ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М".— 2013.— №3.— т.1, ч.1. – С.33 – 35.
4. Геометрическое моделирование в современных технологиях обучения курсу "Инженерная и компьютерная графика" / Е.В. Егорычева, С.А. Новожилова, Е.П. Милосердов // Новый университет. Серия "Технические науки": Журнал.— Йошкар-Ола: ООО "Коллоквиум".— 2013.— №7.— С.4 – 8.

### ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

**В.Е. Иванов, С.А. Никитина, Л.К. Куликова, Н.А. Фокина, О.С. Фаустов**  
*(ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»)*

В процессе организации профессиональной подготовки как необходимое условие выступают: формирование заданных уровней компетентности, профессиональная культура специалиста, развитие его потребностей в постоянном профессиональном самосовершенствовании.

Для будущих специалистов технического профиля немаловажную роль играет их умение работать в среде систем автоматизированного проектирования.

Компьютерная графика позволяет ускорять процессы создания новых изделий, а также моделировать и показывать такие явления, как например, взрыв, горение и др. а, следовательно, она незаменима при обучении, тренировке и предупреждении опасных ситуаций, связанных с жизнью и деятельностью человека [1,2].

В современных условиях резко возрастает необходимость подготовки и осуществления мероприятий по предотвращению и ликвидации ЧС природного и техногенного характера, что в свою очередь предъявляет повышенные требования к профессиональной подготовке специалистов пожарной охраны.

При изучении вопросов, связанных с организацией пожарно-профилактической, инженерно-технической и аварийно-спасательных работ использование трехмерных моделей, является актуальной задачей. Минимизация последствий чрезвычайных ситуаций на различных объектах во многом основывается на возможности оперативного принятия

#### Раздел 4. Использование инновационных образовательных технологий в учебном процессе

адекватных решений в условиях скоротечного изменения окружающей обстановки. Принятие обоснованных решений именно на начальных стадиях развития и ликвидации аварийной ситуации в наибольшей степени может обеспечить эффективное использование имеющихся сил и средств для скорейшей ликвидации аварии и минимизации ее последствий.

На примере трехмерной виртуальной модели здания (Рис. 1 и 2), или сооружения, легко смоделировать различные аварийные ситуации. Используя трехмерную модель объекта можно оценить зону возможных разрушений, разработать меры предупреждения и план ликвидации чрезвычайной ситуации, применительно к конкретному объекту. Трехмерное моделирование позволяет отразить особенности зданий и сооружений, характеристики местности, провести их детальную проработку в масштабе, кроме этого технология 3D-моделирования позволяет создать единую информационную модель определенного участка города [3]. Применение готового виртуального макета позволяет проводить анализ, моделирование, прогнозирование аварийных и чрезвычайных ситуаций и проводить отработку действий по их устранению.

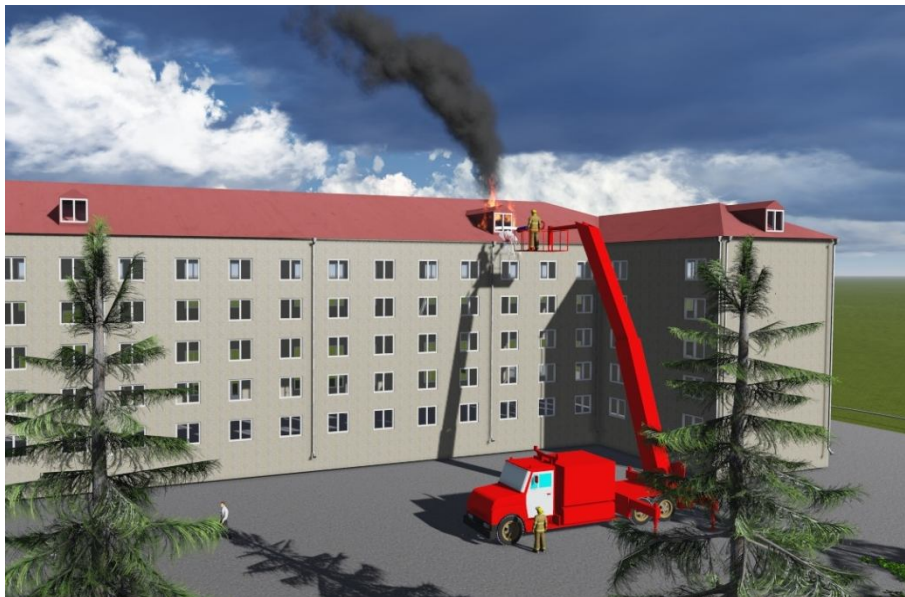


Рис. 1. Моделирование ликвидации пожара в пятиэтажном здании



Рис. 2. Моделирование расстановки пожарной техники при ликвидации пожара

## НАДЕЖНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

Таким образом, использование динамических легко управляемых трехмерных моделей объектов, при ликвидации последствий аварии является весьма эффективным инструментом для оперативного информирования, управления и координации действий руководителей и специалистов служб и подразделений при ликвидации последствий аварии.

### ЛИТЕРАТУРА

1. AutoCAD 2010. Официальное руководство. Autodesk, Inc., 2009.
2. Компьютерное проектирование в архитектуре. Archicad 11 – М.: ДМК Пресс, 2007. – 800 с.
3. Орлов А. AutoCAD 2010. – СПб.: Питер, 2010 – 731 с.

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ УМЕНИЯМ И НАВЫКАМ РАБОТЫ С САД-СИСТЕМАМИ

**В.Н. Копосов**

*(ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»)*

Возможные сферы деятельности выпускников направления «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» профиля «Металлообрабатывающие станки и комплексы» – конструирование станков и станочных комплексов, а профиля «Технология машиностроения» – конструирование технологической оснастки, специальных режущих инструментов. На современных машиностроительных предприятиях для выполнения графических работ, сопровождающих конструирование, применяют соответствующие автоматизированные системы: КОМПАС, T-FLEX, AutoCAD, SolidWorks и др. Эти системы называют САД (Computer Aided Design) - системами.

На российских машиностроительных предприятиях используются различные САД-системы, которые периодически модифицируются (разработчиками предлагаются новые версии систем). Машиностроителям необходимо уметь самостоятельно осваивать новые САД-системы (новые версии этих систем).

На кафедре «Технология машиностроения» на лабораторных занятиях по дисциплине «САПР изделий в машиностроении» осваивается промышленная САД-система T-FLEX. Ранее лабораторные работы строились по принципу: «преподаватель показал – студент повторил показанные действия на компьютере» или «студент прочитал материал методических указаний – повторил изложенные в них действия на компьютере». У студентов практически не формировались умения и навыки самостоятельного освоения САД-систем.

Поэтому необходимо, чтобы студенты приобрели не только базовые умения и навыки работы с современными промышленными САД-системами, но и умения и навыки самостоятельного освоения этих систем.

Цель данной работы – обоснование методики проведения и разработка методического обеспечения лабораторных занятий по дисциплине «САПР изделий в машиностроении» со студентами направления «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» профилей «Металлообрабатывающие станки и комплексы» и «Технология машиностроения».

Основные задачи работы:

- оценить объем времени, предусмотренный учебным планом для проведения лабораторных занятий по дисциплине «САПР изделий в машиностроении»

#### Раздел 4. Использование инновационных образовательных технологий в учебном процессе

- разработать структуру и содержание лабораторных занятий, направленных, в том числе, на приобретение студентами умений и навыков самостоятельного освоения современных САД-систем;

- обосновать и применить дидактический аппарат методических изданий;

- произвести апробацию разработанного методического обеспечения.

Виды занятий по дисциплине «САПР изделий в машиностроении» и количество часов на их проведение представлены в табл. 1 и 2.

**Таблица 1. Виды занятий и количество часов на их проведение по дисциплине «САПР изделий в машиностроении» при подготовке бакалавров профиля «Металлообрабатывающие станки и комплексы»**

Виды занятий	Трудоемкость, ч
Лекции	24
Практические занятия	28
Лабораторные занятия	60
Самостоятельная работа студентов	32
Всего по дисциплине:	144

**Таблица 2. Виды занятий и количество часов на их проведение по дисциплине «САПР изделий в машиностроении» при подготовке бакалавров профиля «Технология машиностроения»**

Виды занятий	Трудоемкость, ч
Лекции	22
Практические занятия	26
Лабораторные занятия	60
Самостоятельная работа студентов	9
Экзамен	27
Всего по дисциплине:	144

Дисциплина «САПР изделий в машиностроении» относится к математическому и естественнонаучному циклу дисциплин. Необходимыми условиями для освоения дисциплины являются: достаточный уровень подготовки по начертательной геометрии и инженерной графике; знание архитектуры компьютеров, принципов их работы; умение воспринимать и анализировать теоретический материал; владение навыками работы на современных компьютерах.

На лабораторных занятиях в ходе освоения промышленной САД-системы вскрываются и устраняются недостатки подготовки студентов по начертательной геометрии и инженерной графике.

Умения и навыки автоматизированного проектирования изделий, приобретенные студентами на лабораторных занятиях по дисциплине «САПР изделий в машиностроении», используются ими для выполнения курсовых проектов, выпускной квалификационной работы, в их дальнейшей профессиональной деятельности.

Учитывая сложность современных САД-систем, нецелесообразно осваивать несколько систем. Необходимо для изучения и освоения на лабораторных занятиях выбрать одну из них. По мнению автора в настоящее время на российском рынке одной из самых интересных и доступных является САД-система T-FLEX с элементами автоматизированных расчетов и анализа изделий (разработка фирмы «Топ Системы», г. Москва). На кафедре «Технология машиностроения» имеется лицензионное соглашение на эксплуатацию этой

## НАДЕЖНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

системы. Ее разработчик дает право использовать бесплатные открытые версии системы, т.е. студенты имеют возможность работать с ней и на домашнем компьютере.

Ввиду того, что система T-FLEX до проведения лабораторных занятий студентам неизвестна, освоение ее нужно вести по принципу «от простого к сложному». Применительно к этой системе сначала необходимо освоить приемы непараметрического, затем параметрического черчения, далее перейти к 3D-моделированию и т.д. Работу необходимо проводить в основном с заводскими чертежами, постепенно наращивая уровень их сложности.

На первом занятии степень участия преподавателя максимальная. Необходимо, по возможности используя цифровой проектор, лично продемонстрировать студентам начальные приемы работы с системой, указать на типичные ошибки студентов прошлых лет. Затем степень участия преподавателя в лабораторных занятиях, как «демонстратора», должна постепенно уменьшаться. На последних занятиях он выступает, по сути, в роли менеджера, ставящего задачу студентам и отслеживающего процесс ее решения. У студентов наоборот уровень их самостоятельности возрастает от первого занятия к последующим лабораторным занятиям. Кроме этого уровень самостоятельности студентов возрастает и от начала к окончанию лабораторных работ.

Каждый студент на всех занятиях должен работать самостоятельно, т.к. научить работе с компьютером вообще, с любой компьютерной системой, в том числе и конструкторского назначения, в частности, «бригадным» методом невозможно. Это подтверждает многолетний опыт работы автора.

Учитывая цели проведения лабораторных занятий, методики автоматизированного проектирования изделий, особенности построения системы T-FLEX цикл лабораторных занятий по дисциплине «САПР изделий в машиностроении» построен следующим образом (табл. 3).

**Таблица 3. Структура и содержание лабораторных занятий по дисциплине «САПР изделий в машиностроении»**

<b>Номер и наименование лабораторной работы</b>	<b>Трудоемкость, ч</b>	<b>Уровень самостоятельности студентов</b>
Лабораторная работа 1. Разработка двухмерных непараметрических чертежей деталей	12	Низкий
Лабораторная работа 2. Разработка двухмерных параметрических чертежей деталей	12	Средний
Лабораторная работа 3. Разработка 3D моделей деталей	12	Средний
Лабораторная работа 4. Разработка 3D моделей деталей из листовых материалов	2	Средний
Лабораторная работа 5. Разработка ассоциативных двухмерных чертежей деталей на основе их 3D моделей	2	Средний
Лабораторная работа 6. Разработка сборочных 3D моделей	12	Высокий
Лабораторная работа 7. Экспресс-анализ и оптимизация параметров 3D моделей деталей методом конечных элементов	4	Высокий
Лабораторная работа 8. Самостоятельное изучение и освоение дополнительных возможностей системы T-FLEX	4	Высокий

Для проведения лабораторных занятий по дисциплине «САПР изделий в машиностроении» автором разработан лабораторный практикум. В нем наряду с традиционным дидактическим аппаратом (методическими материалами, иллюстрациями) даются ссылки на электронные уроки работы с системой T-FLEX в рамках встроенного в нее электронного учебного пособия. Как показывает опыт использования электронных уроков на лабораторных занятиях по дисциплине «САПР изделий в машиностроении», они являются эффективным дидактическим аппаратом.

## **О НЕКОТОРЫХ АСПЕКТАХ ПРЕПОДАВАНИЯ КУРСА «ДИСКРЕТНАЯ МАТЕМАТИКА И МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ЛОГИКА»**

**М.П. Королева**

**(ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный энергетический университет  
имени В.И. Ленина»)**

Математическое образование и математическая культура составляют стержень научного знания, и значение математики как основы фундаментальных исследований постоянно возрастает.

Дискретная математика и математическая логика – бурно развивающиеся ветви математики. Их роль и место определяются в основном следующими факторами:

- дискретную математику можно рассматривать как теоретические основы компьютерной математики;
- модели и методы дискретной математики и математической логики являются хорошим средством и языком для построения и анализа моделей в различных науках, включая химию, биологию, физику, экологию, генетику и др.;
- язык этих разделов математики чрезвычайно удобен и стал фактически метаязыком всей современной математики.

В отличие от классической математики, которая занимается изучением непрерывных бесконечных структур, дискретная математика представляет собой область математики, в которой изучаются свойства структур конечного характера, к которым могут быть отнесены конечные группы, конечные графы, многие математические модели преобразователей информации. В ней нет понятия бесконечного множества, предельного перехода, непрерывности, дифференцируемости и т.д. Все эти объекты и модели основываются на теоретико-множественных понятиях.

Математическая логика – это логика, развиваемая математическим методом. Потребность в такой логике выявилась в начале XX века в связи с интенсивной разработкой оснований математики, возникновением и уточнением понятия алгоритма и других вопросов математической науки. Значение математической логики для науки не исчерпывается ее математическими приложениями, поскольку рассуждать и доказывать приходится во всех науках. В последние годы пришло понимание того, что логика – единая наука, поэтому формальную логику необходимо рассматривать как раздел математической, что и практикуется теперь в ведущих вузах. Это позволяет обеспечить синтез двух подходов в преподавании логики – традиционного и символического – и предоставляет возможность пояснения сложных вопросов математики на простых и наглядных примерах.

Заметим, что при изучении курсов дискретной математики и математической логики достаточными и необходимыми являются знания школьного курса математики. При этом знания, полученные из этих курсов, будут полезны при изучении таких основных курсов, как математический анализ, алгебра, теория вероятностей, функциональный анализ и все предметы компьютерного цикла дисциплин.

Общий курс дискретной математики содержит следующие основные разделы: теория множеств и общая алгебра, теория алгоритмов, теория автоматов и теория кодирования, общая теория графов, комбинаторное исчисление.

Приведем программу курса «Дискретная математика и математическая логика», изучаемого студентами заочной формы обучения направления «Электроника и наноэлектроника» ИГЭУ.

### Дискретная математика.

Множества и их спецификация. Операции над множествами. Понятие отношения. Бинарные отношения и операции над ними. Отношение порядка. Диаграмма Хассе. Булева алгебра. Основные понятия теории графов. Некоторые приложения графов. Взвешенные графы.

### Математическая логика.

Логика высказываний. Равносильные формулы. Выполнимость и общезначимость. Правила вывода в логике высказываний. Логическое следствие. Машина Тьюринга. Тезис Тьюринга. Конечные автоматы. Регулярные множества.

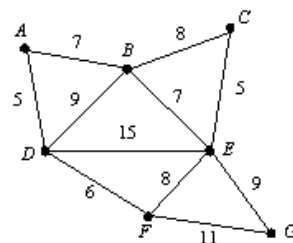
В качестве примера рассмотрим одну из практических задач, которую можно решить с помощью теории графов. Теория графов – область дискретной математики, особенностью которой является геометрический подход к изучению объектов. Теория графов и связанные с ней методы исследования используются на разных уровнях во всей современной математике.

Рассмотрим графы, у которых ребрам (дугам) поставлены в соответствие действительные числа, называемые *весами*. Такие графы называются *взвешенными*. В качестве весов могут выступать длины ребер (дуг), пропускная способность, стоимость эксплуатации и т.д. *Минимальным покрывающим деревом* в связном взвешенном неориентированном графе называется покрывающее дерево этого графа, имеющее минимальный возможный вес, где под весом дерева понимается сумма весов входящих в него ребер (дуг).

Задача о нахождении минимального покрывающего дерева часто встречается, например, в следующей постановке: известны точки, в которых будут расположены населенные пункты и известны трассы дорог, которые надо построить, а также стоимость их строительства. Требуется определить, какие дороги следует построить, чтобы полученная схема дорог позволила попасть из любого города в любой другой (напрямую или через другие города) и из всех возможных схем имела наименьшую стоимость строительства.

Одним из алгоритмов для нахождения минимального покрывающего дерева служит *алгоритм Краскала*, который заключается в следующем: выбирают ребро с наименьшим весом, затем из всех ребер, добавление которых к уже имеющемуся множеству ребер не вызовет появление в нём цикла, выбирается ребро минимального веса и добавляется к ранее выбранным. Когда таких ребер больше нет, алгоритм завершён. Подграф данного графа, содержащий все его вершины и найденное множество ребер, является его покрывающим деревом минимального веса.

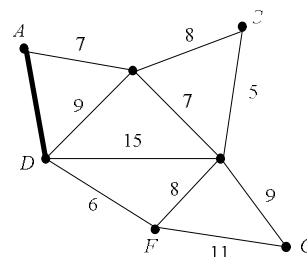
Например, в виде графа изображены города и возможные трассы дорог, которые требуется построить. Рядом с каждым ребром указана стоимость их строительства. С помощью алгоритма Краскала найдем минимальное покрывающее дерево этого графа.



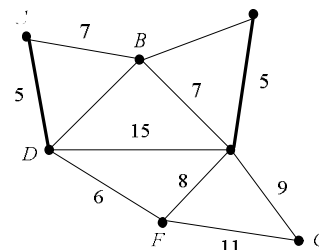


*Решение.*

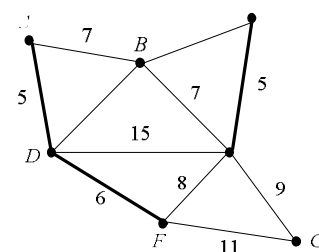
Ребра  $AD$  и  $CE$  имеют минимальный вес, равный 5. Произвольно выбирается ребро  $AD$  (выделено на рисунке).



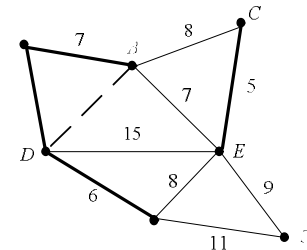
Теперь наименьший вес, равный 5, имеет ребро  $CE$ . Так как добавление  $CE$  не образует цикла, то выбираем его в качестве второго ребра.



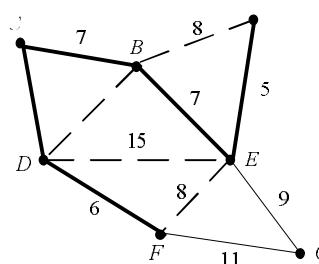
Аналогично выбираем ребро  $DF$ , вес которого равен 6.



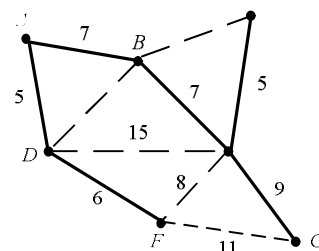
Следующие ребра —  $AB$  и  $BE$  с весом 7. Произвольно выбирается ребро  $AB$ , выделенное на рисунке. Ребро  $BD$  выделено пунктиром, так как уже существует путь между  $A$  и  $D$ , поэтому, если бы это ребро было выбрано, то образовался бы цикл  $ABDA$ .



Аналогичным образом выбирается ребро  $BE$ , вес которого равен 7. На этом этапе пунктиром выделено гораздо больше ребер:  $BC$ , потому что оно создаст цикл  $BCEB$ ,  $DE$ , потому что оно создаст цикл  $DEBAD$ , и  $FE$ , потому что оно сформирует цикл  $FEBADF$ .



Алгоритм завершается добавлением ребра  $EG$  с весом 9.



Вес минимального дерева  $6 + 5 + 7 + 7 + 9 + 5 = 39$ .

## ОЦЕНКА ОСТАТОЧНЫХ ЗНАНИЙ ШКОЛЬНОГО КУРСА МАТЕМАТИКИ У СТУДЕНТОВ ПЕРВОГО КУРСА

**М.П. Королева**

**(ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный энергетический университет  
имени В.И. Ленина»)**

Особую роль в совершенствовании учебного процесса играет тестирование. Оно позволяет объективно оценить уровень основных умений и навыков студентов, выявить на начальном этапе обучения слабые стороны в знаниях студентов основных разделов тех курсов, которые необходимы при изучении той или иной дисциплины. В результате появляется возможность разработать индивидуальные рекомендации студентам и преподавателям с тем, чтобы помочь студентам ликвидировать обнаруженные пробелы. Тестирование помогает прогнозировать направление дальнейшего совершенствования процесса обучения.

Одной из важных проблем современного образования является проблема объективной оценки качества обучения, позволяющей получить представление о состоянии современной образовательной системы России. В настоящее время имеются различные варианты измерения и оценки качества обучения студентов, однако в большинстве из них лежат формальные критерии, что не позволяет в достаточной мере полагаться на их объективность и всесторонность.

Такое положение дел часто приводит к субъективизму в оценке эффективности образовательного процесса в вузе. Кроме того, число критериев, по которым оценивается качество обучения в высшей школе, в различных подходах и методиках существенно отличается друг от друга. Очевидно, что при такой разнородности подходов невозможно сопоставить качество обучения в различных вузах.

Начальный уровень знаний, навыков и умений абитуриентов определяется в баллах при его поступлении в вуз. Наиболее эффективной для этих целей представляется система тестирования. Тестирование должно состоять из двух блоков. Первый блок включает тестирование знаний, навыков и умений абитуриента по программе выпускных экзаменов в объеме средней школы.

Кроме тестирования 1 предлагается ввести для студентов тестирование 2. Сущность данного вида тестирования состоит в выявлении у студентов основ знаний по выбранной специализации, изучение которой не предусмотрено школьной программой. Тестирование 2 следует проводить на основе тестов на уровне узнавания, составленных исходя из базовых положений ведущих дисциплин специализации. Это тестирование поможет более объективно оценить исходный уровень подготовки абитуриента.

Цели тестирования студентов первого курса по математике:

- получение информации об уровне основных вычислительных умений и навыков, об ошибках, недочетах и пробелах в знаниях по математике;
- активизация самостоятельной деятельности студентов по ликвидации выявленных пробелов в знаниях;
- повышение качества математических знаний студентов первого курса и адаптирование их к восприятию вузовской программы по высшей математике;
- прогнозирование направления дальнейшего совершенствования процесса обучения.

Особенность математики заключается в тесной взаимосвязи и взаимообусловленности ее разделов. Математические понятия и методы решения используются в большинстве курсов, изучаемых студентами в процессе обучения в ИГЭУ. Поэтому умение оперировать основными приемами, способами и методами решения математических задач должно быть доведено до навыка, чтобы при восприятии лекций и решении новых задач в различных курсах техническая сторона не отвлекала мышление, а помогала ему. Студенты первого

Раздел 4. Использование инновационных образовательных технологий  
в учебном процессе

курса должны владеть прочными навыками арифметических вычислений, тождественных преобразований, решения уравнений, неравенств и их систем и др.

Это и обусловило выбор *основных тем* тестирования.

1. Арифметика.
2. Тождественные преобразования алгебраических выражений.
3. Решение алгебраических уравнений, неравенств и их систем.
4. Решение простейших показательных, логарифмических уравнений и неравенств. Решение простейших тригонометрических уравнений.
5. Элементарные функции их свойства и графики.

Тест по математике включает в себя 20 заданий. Содержание заданий соответствует требованиям Государственного стандарта математического образования и соответствует уровню содержания обучения в основной школе. Каждое из заданий теста проверяет определенные математические умения и навыки. Перечень умений и навыков, проверяемых заданиями теста, показан в таблице 1.

*Таблица 1. Умения и навыки, проверяемые заданиями теста*

№	Перечень умений и навыков
1	Решать задачи с процентами.
2	Выполнять действия с обыкновенными дробями. Находить неизвестный член пропорции.
3	Вычислять значение выражения, содержащего натуральные, целые и дробные степени действительного числа.
4	Выполнять тождественные преобразования алгебраических выражений.
5	Выполнять тождественные преобразования выражений, содержащих степень с рациональным показателем.
6	Применять свойство арифметического корня $\sqrt{x^2} =  x $ при тождественном преобразовании алгебраических выражений. Раскрывать знак модуля на заданной области допустимых значений переменной.
7	Выполнять действия с многочленами первой и второй степени. Решать линейные уравнения.
8	Находить область допустимых значений уравнения. Решать квадратные уравнения.
9	Решать систему линейных неравенств (или систему, состоящую из линейного и квадратного неравенств).
10	Решать дробно-рациональные неравенства методом интервалов.
11	Оценивать область существования решений уравнений и неравенств. Решать уравнения в случае, когда областью допустимых значений является множество, состоящее из конечного числа значений переменной.
12	Находить значение тригонометрической функции по значению другой тригонометрической функции того же аргумента.
13	Решать тригонометрические уравнения методом разложения на множители. Решать простейшие тригонометрические уравнения.
14	Применять свойства тригонометрической функции.
15	Решать простейшие показательные и логарифмические уравнения. Решать систему линейных уравнений.
16	Применять свойство монотонности показательной функции. Решать квадратные неравенства.

№	Перечень умений и навыков
17	Применять свойства монотонности логарифмической функции. Решать простейшие логарифмические неравенства.
18	Находить параметры линейной функции по свойствам ее графика или точкам, принадлежащим графику. Строить график линейной функции.
19	Находить область определения элементарных функций, представленных в виде отношения двух основных элементарных функций.
20	Решать графически уравнение, содержащее основные элементарные функции. Строить графики показательной, логарифмической, линейной и квадратичной функций. Находить координаты точки пересечения графиков функций.

Большинство студентов показали низкий процент выполнения теста, тем самым – недостаточный уровень математических знаний, оперативных умений и алгоритмических навыков.

Наиболее прочными навыками являются навыки выполнения арифметических действий (с задачами по арифметике справились 63% студентов). Средний уровень знаний (около 50% от уровня, требуемого Государственным стандартом образования по математике в школе) показали студенты при решении алгебраических уравнений и неравенств. А по таким важным темам, как тождественные преобразования алгебраических выражений, тригонометрия, элементарные функции и их графики, уровень знаний и умений оказался самым низким – около 30%.

После проведенного тестирования для каждого студента были разработаны индивидуальные рекомендации по повторению основных разделов курса математики в зависимости от степени выполнения теста и процента выполнения заданий теста по основным темам.

## **ОСОБЕННОСТИ ПОДГОТОВКИ УЧЕБНОГО КУРСА ДЛЯ СИСТЕМ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ**

**Н.Н. Кузнецова**

*(ФГБОУ ВПО «Воронежский институт Государственной противопожарной службы  
МЧС России»)*

Сеть Интернет открывает новые перспективы образования, при которых учащемуся обеспечиваются возможности, свойственные очному обучению, а также целый ряд дополнительных, возникших в связи с развитием современных информационных технологий. Это и возможность учиться в индивидуальном режиме, независимо от места и времени, получение образования непрерывно и по индивидуальной траектории, учеба в территориально удаленном учебном заведении и многие другие. Эти возможности, реализуемые в системах дистанционного обучения (СДО), соответствуют высоким принципам открытого образования и призваны реализовать права человека на непрерывное образование и получение информации.

Вместе с тем, разработка учебного курса для системы дистанционного обучения – сложная работа, которая наряду с творческими компонентами требует выполнения целого ряда составляющих производственной деятельности. Наряду с формулированием идеи и выработкой концепции курса, нужно обеспечить соответствие его учебному плану вуза, формирование авторского коллектива, проектирование структуры курса, планирование, непосредственно разработку и наполнение курса содержанием, тестирование, пробную эксплуатацию, привлечь специалистов, которые реализуют создаваемый курс в Сети, выполнить целый ряд других необходимых работ.

Оставляя за рамками статьи большинство перечисленных составляющих процесса разработки, остановимся на важнейшем – проектировании структуры курса для СДО.

Анализируя учебные курсы, доступные в Интернете, представляется возможным определить характерные черты, свойственные качественным и сбалансированным в отношении используемых форм представления содержания учебно-методическим материалам, применяемым для обучения с использованием компьютеров и Интернета (числа условные – важен порядок величин):

1. Темы (от 5 до 10)
2. Разделы и подразделы в пределах тем, по 3-10 в пределах уровня
3. Тесты (1-2 на раздел по 5-15 вопросов)
4. Терминологический словарь и справочники – по 50-100 статей
5. Библиография – ссылки на обычные издания и ресурсы Интернета
6. Библиотека курса - несколько полнотекстовых материалов или компьютерных программ, доступных для скачивания с сайта учебного курса.

Минимальная смысловораскрывающая единица (раздел или подраздел, словарная или справочная статья) содержит:

- текст – небольшое количество страниц (1-5);
- 1-5 гиперссылок (например, на справочник или ресурс в Интернете);
- иллюстрации - 1-5 статических картинок, анимацию или видеоролик;
- звуковое сопровождение (например, запись лекции автора)

Наряду с основным содержанием курса тесты и справочники могут быть мультимедийными гипертекстами. Звуковое сопровождение, видеоролики и другие мультимедийные материалы могут с успехом дополнить текстовый материал, увеличивая содержательную наполненность и доходчивость материала курса.

Суммируя указанные выше количественные данные, для «эталонного» учебного курса можно получить следующие ориентировочные характеристики:

Статей учебника	15 – 100
Объем текста учебника	30 – 500 страниц
Статей справочников	15 – 500
Объем текста справочников	15 – 500 страниц
Гиперссылок	50 - 500
Графических иллюстраций	50 – 500
Аудио-материалов	5 – 10
Видео-материалов	5 – 10

Подготовка такого внушительного материала требует значительных ресурсов: людских, материальных и времени, а также специализированного программного обеспечения, которое позволяет автоматизировать процесс разработки.

Опыт успешных разработок свидетельствует, что авторский коллектив для создания дистанционного курса должен включать 3-4 человека, например:

- автора смысловой части курса,
- ИТ-специалиста, имеющего навыки обработки мультимедийных иллюстрирующих материалов с использованием специального программного обеспечения и техники,
- помощника для подготовки тематических словарей и тестовой системы,
- технического работника для редактирования текстов.

Если выделенных специалистов нет, их функции лягут на плечи кого-либо из авторского коллектива. Как представляется, минимально необходимое время на подготовку специалиста - 40 учебных часов, включая обучение автора курса структуризации материала для компьютерного учебника (до 8 учебных часов) и ИТ-специалиста по подготовке ММ-информации (до 32 учебных часов).

## НАДЕЖНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

На подготовку перечисленного выше контента дистанционного учебного курса необходимо предусмотреть от 3 месяцев до полугода, при условии, что исходные материалы смысловой части курса имеются и есть материальная база для подготовки мультимедийных иллюстраций.

Учебные курсы, разрабатываемые для систем дистанционного обучения, предполагают активное использование сетевой компоненты – например, сайта в Интернете. Обычно, такую компоненту поставляют разработчики инструментальной среды, в которой создается курс, и она составляет основную долю цены программного продукта. В любом случае сетевая компонента должна быть размещена в Интернете на каком-либо из серверов провайдеров, обеспечивающих такие услуги – так называемый хостинг.

Для того, чтобы разработанный учебный курс непрерывно функционировал в Интернете, необходимо обеспечить:

- административное взаимодействие с пользователями, которые изъявляют желание изучать курс (необходим администратор курса),
- разработку учебного плана изучения курса и взаимодействие со студентами курса в процессе его изучения (необходимы тьюторы),
- взаимодействие тьюторов и автора курса для подготовки учебно-методических материалов и тестов, выкладываемых на сайте Учебного заведения в процессе изучения курса;
- разработку обновлений курсов, выкладываемых на сайте Учебного заведения для пользователей, зарегистрированных как студенты конкретного курса (автор курса, помощники автора, тьюторы).

Перечисленные компоненты учебного курса, разрабатываемого для изучения с использованием дистанционного взаимодействия, требуют соответствующее кадровое обеспечение.

Если обратиться к опыту высших учебных заведений МЧС России, то можно увидеть, что львиная доля работы по созданию учебных курсов систем дистанционного обучения, обеспечения их функционирования, ложится на плечи и так уже порядком загруженного работой профессорско-преподавательского состава. Представляется, что наряду с введением в штат образовательных учреждений МЧС России хотя бы минимально необходимого количества вышеуказанных специалистов, регламентирование в нормативно-правовом акте МЧС России особенностей расчёта объёма учебной работы преподавательского состава по созданию, обновлению и использованию в образовательном процессе дистанционных учебных курсов, позволило бы поднять эту работу на качественно иной уровень.

Какими бы сложными ни казались проблемы создания учебных курсов для дистанционного обучения, любой автор может попробовать свои силы с использованием бесплатных сервисов Интернета и открытого для некоммерческого использования программного обеспечения. Многие разработчики инструментальных средств СДО на своих сайтах предоставляют возможность желающим попробовать свои силы в разных качествах: автора курса, тьютора, студента или администратора – см., например, <http://www.prometeus.ru>. В качестве примера удобной среды для организации учебных центров в Интернете можно назвать и так называемые Клубы (Groups) информационного портала Yahoo <http://www.yahoo.com/>, или подобные сервисы российских порталов Yandex.RU, Hotmail.RU и др. Они обладают необходимой функциональностью для доставки контента учебных курсов через Интернет и разнообразными средствами организации взаимодействия участников дистанционного обучения.

## СИСТЕМА AUTOCAD КАК СРЕДСТВО ВИЗУАЛИЗАЦИИ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

**И.А. Легкова, С.А. Никитина, В.П. Зарубин, В.Е. Иванов**  
*(ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»)*

Применение современных компьютерных технологий является обязательным условием современного процесса обучения. Компьютерная графика сегодня – это широко распространенное и наиболее наглядное средство представления информации. Наибольшую эффективность дает использование трехмерной компьютерной графики, анимации и слайдов. Применение графических пакетов оказывает огромную помощь в восприятии и понимании рассматриваемого материала, а также способствует интенсификации использования обучающимися полученных теоретических знаний.

В образовательном процессе широко используются электронные презентации, состоящие из набора слайдов. Основным средством создания презентаций является программа Microsoft PowerPoint.

Мультимедийное оборудование и современное программное обеспечение дает возможность создавать демонстрационные трехмерные модели геометрических образов и на их основе выполнять анимационные слайды. Внедряя 3D технологии в процесс обучения, реализуется, прежде всего, принцип наглядности [1]. Визуальная информация не только дополняет словесную, но и сама выступает носителем информации. Показ электронных слайдов с трехмерными моделями обеспечивает наибольшую эффективность восприятия обучающимися излагаемого материала, способствует развитию их пространственного мышления [2].

При изучении ряда дисциплин, таких как «Инженерная графика», «Детали машин», «Пожарная техника» и др., обучающиеся знакомятся с устройством различных деталей, узлов и механизмов, их работой, возможностью ремонта и обслуживания. Однако непосредственное знакомство со многими узлами не всегда возможно. Даже при наличии узла не всегда есть возможность рассмотреть его устройство и взаимодействие его частей между собой, а также форму той или иной детали, входящей в его состав.

Использование имеющихся плоских чертежей в качестве пояснения не всегда дает понимание материала обучающимися (рис. 1). При чтении плоских чертежей необходим определенный опыт.

Решить эту проблему позволяет 3D моделирование. Например, для изучения устройства цилиндрического двухступенчатого соосного редуктора в системе трехмерного моделирования AutoCAD была создана его пространственная модель (рис. 2). Система AutoCAD располагает широкими возможностями создания трехмерных моделей самых сложных конструкций, как отдельных деталей, так и сборочных единиц.

Пространственная модель может быть реалистично раскрашена и тонирована. Ее можно рассмотреть с любой стороны, поворачивая и вращая. Это позволяет сделать занятие более ярким и интересным, а материал более запоминающимся.

Трехмерную модель всегда можно преобразовать в плоские виды. Кроме этого, объемная модель и плоский чертеж ассоциированы между собой. Это означает, что любое изменение, внесенное в модель, будет отражено на всех видах и чертежах, делая их таким образом более наглядными и доступными.

Можно оценить не только внешнее устройство, но и увидеть строение редуктора изнутри, проверить взаимодействие отдельных его частей между собой, а также продемонстрировать наглядно не только устройство всего механизма, но и вид отдельных деталей (рис. 3).

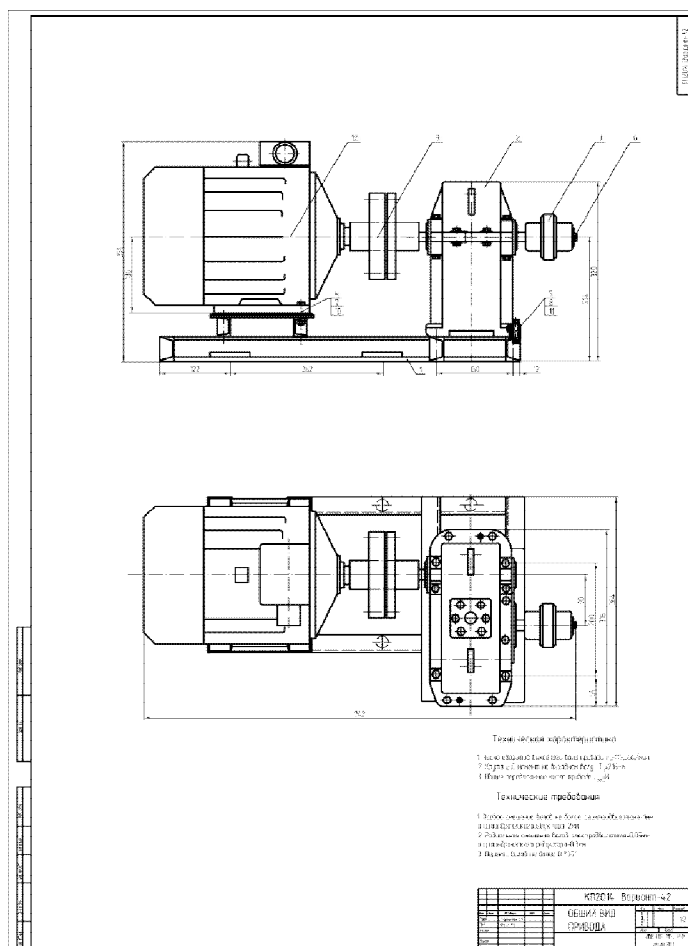


Рис.1. Чертеж общего вида привода

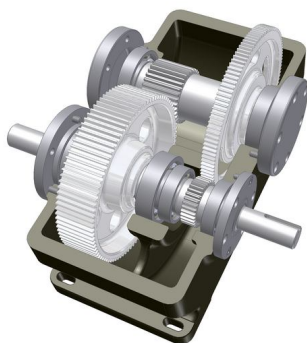
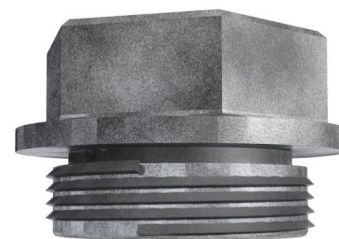


Рис. 2. Пространственная модель цилиндрического двухступенчатого соосного редуктора



а)



б)

Рис. 3. Трёхмерная модель деталей: а) шестерня; б) пробка редуктора

Инновационные подходы, позволяющие модернизировать учебный процесс, подразумевают, с одной стороны, улучшение качества информации, передаваемой обучаемым, а с другой – развитие у обучаемых способности к самостоятельному поиску знаний, принятию решений, применению их в нестандартных условиях.

Процесс создания трёхмерных моделей строится таким образом, чтобы студенты и курсанты принимали участие в создании и реализации учебно-методического обеспечения для себя и последующих поколений обучающихся. Эта работа повышает интерес обучающихся к изучаемому предмету и способствует развитию их исследовательских навыков.



## ЛИТЕРАТУРА

1. Никитина, С.А. Применение современных информационных технологий в преподавании начертательной геометрии и инженерной графики / С.А. Никитина, И.А. Легкова. – Современные проблемы высшего профессионального образования: материалы междунар. научно-методич. конференции. – Курск, 2011.
2. Легкова, И.А. Применение информационных технологий для развития пространственного мышления обучающихся / И.А. Легкова, С.А. Никитина, А.В. Топоров, А.А. Покровский. – Информационные технологии в обеспечении федеральных государственных образовательных стандартов: материалы междунар. научно-практич. конференции. – Елец, 2014.

## МЕТОДИКИ РАСЧЕТА И МОДЕЛИРОВАНИЯ ЕСТЕСТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ ПОМЕЩЕНИЙ ДЛЯ КУРСОВОГО И ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

**Е.П. Милосердов, А.А. Сидоров**  
*(ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет  
им. В.И. Ленина»)*

Режим освещения служит важным фактором в образовании суточного ритма - закономерного чередования периодов покоя и активности. Облучение помещений солнечными лучами (инсоляция) и естественное освещение - важные компоненты микроклимата квартиры. В соответствии с введенными в 2002 году и действующими в настоящее время СанПиН 2.2.1/2.1.1. 1076-01 "Гигиенические требования к инсоляции и солнцезащите помещений жилых и общественных зданий и территорий" [1] следует обеспечить для одной жилой комнаты 1-3-комнатных и 2 жилых комнат 4-х и более комнатных квартир непрерывную продолжительность инсоляции (ПИ): в северной зоне (севернее 58° с.ш.) - не менее 2,5 часов в день на календарный период с 22 апреля по 22 августа; в центральной зоне (с 58° с.ш. по 48° с.ш.) - не менее 2 часов в день на период с 22 марта по 22 сентября; в южной зоне (южнее 48° с.ш.) - не менее 1,5 часа в день на период с 22 февраля по 22 октября.

Нормами проектирования жилых зданий не допускается такая ориентация квартир, в которых все комнаты выходили бы на одну сторону дома. Это вызвано тем, что северные фасады домов в холодную погоду совсем не облучаются солнцем, а летом получают немного утренних и вечерних «скользящих» лучей, почти не проникающих в помещения.

При недостаточных расстояниях между домами и ориентации их на северо-запад и северо-восток продолжительность инсоляции в период равноденствия меньше трех часов (март-сентябрь). Однако такие случаи ориентации бывают обусловлены сложившейся сеткой улиц городов, повернутой к сторонам горизонта на 45°.

Продолжительность инсоляции для жилых помещений в соответствии с санитарными нормами и правилами должна составлять не менее трех часов в день [1] При проектировании зданий световой климат местности должен учитываться при создании не только нормальных условий для освещения, но и архитектурной композиции, он имеет также технико-экономическое значение (устройство светопроемов, фонарей, эксплуатационные расходы, связанные с расходами на отопление и т.п.). Существующие методы моделирования и расчета солнечного освещения [2,3] ориентированы на расчеты инсоляции с учетом теней от зданий и сооружений, но не приспособлены для расчетов внутри помещений. Учитывая перечисленные обстоятельства разработка методов моделирования и расчета инсоляции

внутри помещений с заданными конфигурациями стен и оконных проемов представляется важной и актуальной задачей.

Предлагается алгоритм программного расчета солнечного освещения для помещений с произвольной конфигурацией и произвольной ориентировкой фасадов с оконными проемами.

На начальной стадии определяется суточное движение солнца, которое представляется как источник параллельного излучения, направление которого меняется в течении дня в соответствии с широтой местности, временем года и суток [4,5] Для определения положения Солнца используются соотношения, полученные преобразованием координат из эклиптической системы в геоцентрическую [5]:

$$\sinh = \sin f \sin d + \cos f \cos d \cos t; \sin \alpha = \cos d \sin t \cos f \quad (1)$$

где  $h$  – высота стояния солнца (угловая),  $f$  – географическая широта,  $t$  – время, выраженное в градусах (часовой угол 1 час = 15 градусов)  $\alpha$  – азимут Солнца,  $d$  – склонение, определяется по соотношению:

$$d = 23,5 \sin \left[ \frac{360}{365} (n - 81) \right], \text{ где } n - \text{ номер дня, 1 января} = 1.$$

Азимут отсчитывается в южном направлении по часовой стрелке положительные значения.

На втором этапе проводится расчет освещенности внутри помещений. Конфигурация световых пятен в любой момент времени можно представить как параллельную проекцию (тень) оконного проема. Алгоритм основан на расчете теней (световых пятен) от совокупности прямоугольников оконных проемов. Расчет освещенности предполагается проводить через заданные промежутки времени, что позволит определить с точностью до заданного промежутка времени как общую продолжительность инсоляции, так и наибольшее значение времени непрерывной инсоляции в течение дня в соответствии с методикой [5]. Для определения конфигурации светового пятна предлагается использовать следующую модель (рис.1).

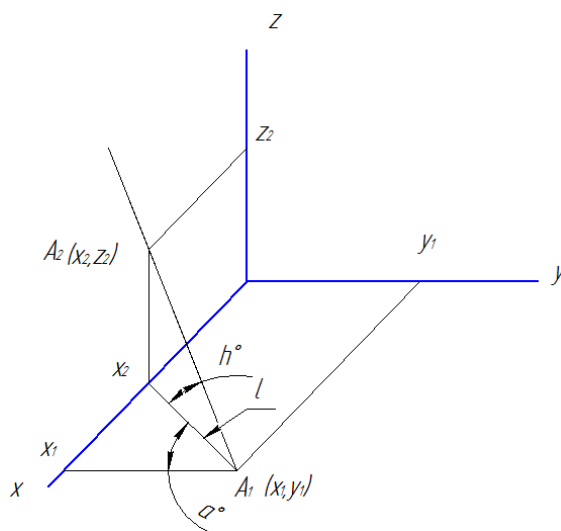


Рис.1. Модель для определения конфигурации светового пятна

Если считать точку  $A_2$  одним из углов прямоугольного оконного проема, то в системе декартовых координат  $xyz$  с центром в углу комнаты в заданный момент времени по соотношениям (1) определяются значения углов  $h$  и  $\alpha$ , что позволит определить координаты точки  $A_1$ :

$$\begin{aligned} l &= z \operatorname{ctg}(h) \\ x_1 &= x_2 + z \operatorname{ctg}(h) \sin(\alpha) \\ y_1 &= z \operatorname{ctg}(h) \cos(\alpha) \end{aligned}$$

Учитывая, что параллельная проекция плоского четырехугольника сохраняет параллельность сторон, световые пятна от оконных проемов имеют формы параллелограммов. При малых углах наклона солнца: в зимнее время а также в утренние и вечерние часы в комнатах небольшой ширины световые пятна возникают также на стенах – эти случаи будут исследованы отдельно. Приведенные соотношения получены при южном расположении фасада с оконными проемами: при произвольном расположении фасада с нормальным вектором плоскости окна, повернутым относительно южного азимута на угол  $\beta$  (по часовой стрелке положительные значения, против часовой – отрицательные, соотношения для расчета координат меняют вид:

Таким образом, применение полученной расчетной методики открывает возможность разработки расчетных программ инсоляции помещений с произвольной конфигурацией и произвольной ориентировкой фасадов с оконными проемами.

Для моделирования условий инсоляции в среде 3D-MAX были разработаны сцены нескольких видов помещений с различными конфигурациями оконных проемов и различной ориентацией относительно сторон света. В качестве источника наружного освещения в моделях выбирался «солнечный свет»: источник параллельного излучения, угол наклона к горизонтальной плоскости и азимутальное направление которого изменялось в зависимости от широты местности, времени суток и дня года [2].

На рисунках 2, 3, 4 показаны результаты моделирования по освещению помещения, расположенного на 57 параллели (широта г. Иванова) фасад которого ориентирован на южную сторону и имеющего три больших оконных проема. Приведены данные для 10, 12, и 14 часов дня для дней летнего и зимнего солнцестояния а также в дни весеннего и осеннего равноденствия. Ожидаемое совпадение результатов моделирования для весеннего и осеннего равноденствия подтверждает достоверность используемого метода.

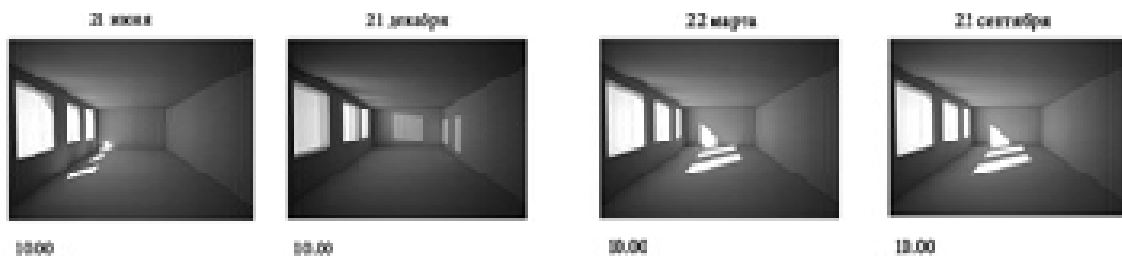


Рис. 2. Освещение помещения для 10 часов утра

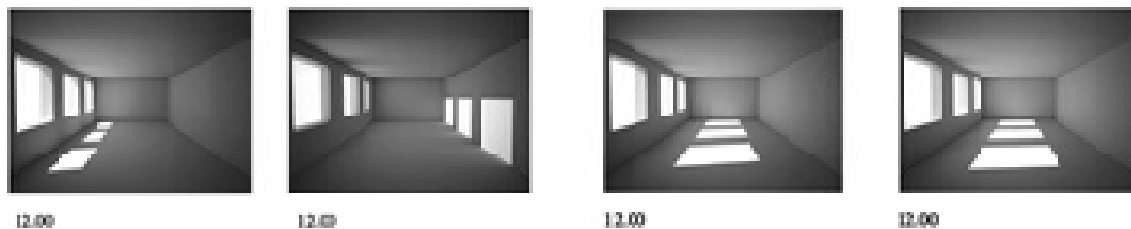


Рис. 3. Освещение помещения для 12 часов утра (полдень)

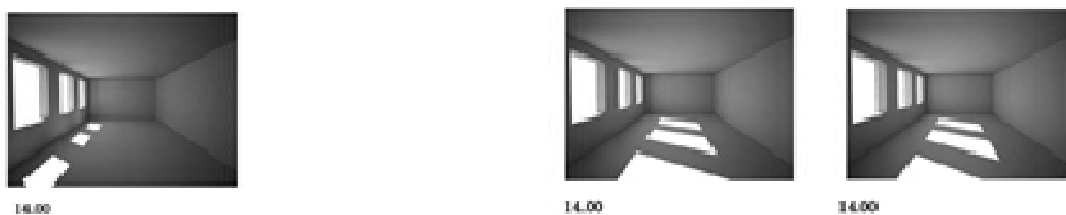


Рис. 4. Освещение помещения для 14 часов дня

Анализируя результаты моделирования можно сформулировать две группы выводов. Первая группа выводов является подтверждением априорных представлений об освещенности помещений, которые возникли у людей ввиду их жизненного опыта. Значительно больший интерес представляет собой вторая группа выводов – нетривиальные выводы о характере освещенности помещений, имеющие особенности конфигурации оконных проемов и ориентации относительно сторон света. Предварительно можно сформулировать следующие выводы, принадлежащие второй группе:

## НАДЕЖНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

1. В относительно узких помещениях инсоляция улучшается за счет освещенности стен. Особенно важно, что это имеет место при небольшом наклоне солнечных лучей, т.е. в зимнее время года.

2. Окна, расположенные на южном фасаде, обеспечивают зимой хорошую инсоляцию за счет глубокого проникновения солнечных лучей, а летом высокий наклон лучей уменьшает освещенность помещений.

3. Окна юго-восточного и юго-западного фасадов обеспечивают летом и зимой хорошую инсоляцию помещений солнечными лучами небольшого наклона.

4. В окна северо-восточного и северо-западного фасадов солнечные лучи зимой не попадают, зато обеспечивается интенсивная инсоляция весной и осенью.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Санитарные правила и нормы СанПиН 2.2.1/2.1.1.1076-01: Гигиенические требования к инсоляции и солнцезащите помещений жилых и общественных зданий и территорий: утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 19 октября 2001.

2. Хейфец А.Л. Расчет продолжительности инсоляции средствами 3D-моделирования пакета AutoCAD: сб. науч. тр.: выпуск 7. Екатеринбург. 2004.

3. Бахарев Д.В. О нормировании и расчете инсоляции / Д.В.Бахарев, Л.Н. Орлова // Светотехника. 2006. № 1. – С. 18-27.

4. Милосердов Е.П. Расчет продолжительности солнечного освещения «Состояние и перспективы развития электротехнологии» XVII Бенардосовские чтения. III том, Иваново, 2013. – С. 404-406.

5. Кононович Э.В., Мороз В.И. Общий курс астрономии: Учебное пособие. М.: «Едиториал УРСС», 2004

## ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ВТОРОГО ИНОСТРАННОГО ЯЗЫКА (НЕМЕЦКОГО)

**Г.В. Модина**

**(ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный энергетический университет  
имени В.И. Ленина»)**

Тема изучения нескольких иностранных языков особенно актуальна в наше время, так как новые технологии позволяют обмениваться информацией на очень многих языках мира. В последние десятилетия сотрудничество между немецкоговорящими странами, такими как Германия, Австрия, значительно выросло, расширились контакты между людьми в профессиональной и личной сферах. Немецкий язык в школах сейчас из статуса первого иностранного языка (ИЯ1) постепенно переходит в статус второго иностранного языка (ИЯ2). Изучавшие ранее английский язык в качестве ИЯ1 могут использовать полученный опыт, знания, умения, навыки в изучении ИЯ2 и значительно его облегчить.

Понятия «интерференция» произошло от латинского *inter* (между) и *ferentis* (несущий, переносящий). В лингвистике явление интерференции возникает при контакте нескольких языков: родного и изучаемого (или изучаемых), т.е. под влиянием одних языковых уровней происходит нарушение норм другой языковой структуры. Причина возникновения интерференции заключается в том, что обучающийся строит свою речь по нормам родного языка или по нормам первого иностранного языка (ИЯ1), который он начал изучать ранее.

Научные исследования показывают, что проблемы мультилингвального обучения очень сложны и охватывают все уровни языка: фонетический, лексический, грамматический, орфографический, т.е. в целом влияют на продуктивную и рецептивную речевую деятельность при обучении второму иностранному языку.

По лингвистической природе можно выделить несколько уровней интерференции:

1) Фонетическая интерференция – связана с различными отклонениями от произносительных норм. Прежде всего, это смена места ударения в некоторых иностранных словах под влиянием родного и ИЯ1.

2) При фонологической интерференции происходит недоразличение фонем другого языка вследствие того, что, например, в родном языке и ИЯ1 долгота и краткость гласных в корне слова не являются смыслоразличительным признаком: обучающиеся могут не дифференцировать, т.е. не улавливать разницы на слух и произносить одинаково немецкие слова *Bären* (медведи) и *Beeren* (ягоды). Фонологическая интерференция мешает узнаванию слов и может препятствовать пониманию.

3) Грамматическая интерференция возникает при несовпадении грамматических структур в изучаемом и родном языках. Различия обнаруживаются при сопоставлении любой части речи, например, несовпадение грамматического рода некоторых имен существительных: *das Mädchen* – средний род, в русском «девочка» - женский род; *das Buch* – средний род, в русском «книга» - женский род; *das Kind* – средний род, в русском «ребенок» - мужской род.

Определенную трудность представляют также притяжательные местоимения. В русском языке принадлежность не изменяется в зависимости от лица (*У меня своя квартира, у него своя квартира.*), а в немецком языке принадлежность определена по лицам (*Ich habemeine Wohnung, er hat seine Wohnung.*)

Огромную трудность представляют собой артикли, как определенные, так и неопределенные, а также употребление их в английском и немецком языках. В русском языке их нет, а в немецком в отличие от английского, они еще и склоняются, имеют формы грамматического рода и числа.

Глагол – одна из самых сложных грамматических форм. Настоящее время имеет наибольшее сходство в образовании и употреблении. В качестве положительного переноса с ИЯ1 на ИЯ2 могут рассматриваться такие грамматические категории, как правильные и неправильные глаголы в английском языке, слабые и сильные глаголы в немецком языке, простые и сложные времена, согласование времен, страдательный залог, наклонение. Этим объясняется доступность овладения данными грамматическими структурами. Явление грамматической интерференции часто возникает при сопоставлении глагольных форм: *to become* в английском языке переводится *стать, становиться*, а немецкий глагол *bekommen* - *получать*.

Более сложной для сопоставления является категория прошедшего времени: в русском, английском и немецком языках существует разное количество временных форм. Для преодоления грамматической интерференции необходимо выявить сходства и различия и установить межъязыковые эквиваленты для успешного их усвоения.

4) Также распространена и лексическая интерференция.

Так, например, прилагательное «*intelligent*» очень часто переводят «интеллигентный», а не «умный», существительные «*der Dom*» - как «дом», а не «кафедральный собор, купол, свод», *der Akademiker* - как «член академии», а не «человек с высшим образованием». Своевременный комментарий по поводу «ложных друзей переводчика», а так же работа со словарем способствуют предупреждению ошибок, возникающих по ложной аналогии с существующими знакомыми словами. На синтаксическом уровне явление интерференции обнаруживается в нарушении порядка слов:

## НАДЕЖНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

в русском языке он свободный, а в английском и особенно в немецком все члены предложения занимают строго определенное место.

Трудность вызывает перевод безличных предложений. В ИЯ 1 и в ИЯ2 – это двучленные структуры и формально ничем не отличаются от личных предложений. В русском языке безличное предложение – одночленная структура: *Eswirddunkel. - Темнеет.*

Количество примеров грамматических структур, которые нуждаются в сопоставлении на основе родного языка и ИЯ1, достаточно большое.

5) Встречается и лингвострановедческая интерференция – ошибочное осмысление фоновой лексики. Дело в том, что за каждым словом в сознании говорящего стоит определенный образ. Например, в немецком языке: *dererste Stock* – «*первый этаж*» вместо «*второй*», тогда как в русском языке «*первый этаж*» и является первым этажом.

Таким образом, чтобы не переносить понятия с одного языка на другой, изучающие язык обычно не ограничиваются словами, а стремятся познакомиться и со стоящими за ними образами. При изучении иностранного языка необходимо овладение не только словом, но и типизированным образом в национальном сознании народа – носителя языка и культуры; в противном случае происходит перенос понятий с одного языка на понятия другого.

6) Социокультурная интерференция вызвана не самой системой языка, а культурой, которую данный язык отображает. Интерференция появляется тогда, когда хотя бы один из участников коммуникации воспринимает похожие реалии, явления, нормы поведения в другой культуре через призму усвоенной им модели миропонимания, например: в культуре русского народа принято обращаться к старшим на «Вы», в то время как в Германии вежливая форма обращения употребляется в основном по отношению к малознакомым людям, коллегам, партнерам по бизнесу, а в английском языке и вовсе отсутствует.

Речевое поведение разных носителей языка различно. Одни овладевают несколькими иностранными языками так же хорошо, как и своим родным, и интерференция у них оказывается незначительной. Другие овладевают вторым языком значительно слабее, чем родным, и в их речи постоянно наблюдается сильная интерференция.

Одни легко переключаются с одного языка на другой в зависимости от ситуации, другие делают это с большим трудом. Некоторые обучающиеся понимают, что допускают ошибки, но не знают, как их исправить. А это приводит к утрате интереса. Поэтому предупреждение ошибок и их объяснение на фоне усвоения языковых средств есть верный путь к продуктивному освоению иностранных языков. Чем свободнее они владеют родным языком, тем меньше ощущается явление интерференции в их речи.

Учет фактора интерференции при изучении ИЯ2 позволяет предупредить ошибки, сократить их количество и, тем самым, облегчить процесс обучения, что отвечает задачам интенсификации учебного процесса. К тому же, сознательная работа над ИЯ2 поможет в работе над ИЯ1, т.к. взаимодействие опыта изучения языков, безусловно, оказывает взаимообогащающее влияние.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бим И.Л. Концепция обучения второму иностранному языку (немецкому на базе английского). – Тверь, Титул, 2001.
2. Алимов В.В. Теория перевода. Перевод в сфере профессиональной коммуникации. М.: 2005.
3. Новейший словарь иностранных слов и выражений. М.: 2006.
4. Britta Hufeisen. EnglischimUnterricht Deutsch alsFremdsprache. – München.

## **ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕРАКТИВНЫХ ФОРМ ОБУЧЕНИЯ НА ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЯХ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАЗВИТИЯ И ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ»**

**Т.А. Мочалова**

**(ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»)**

В целях эффективной реализации принципов компетентностного подхода в образовании от профессорско-преподавательского состава вузов требуется активное внедрение образовательных (педагогических) технологий, способствующих формированию компетенций, заложенных в современных стандартах.

В соответствии с [1] реализация компетентностного подхода в вузе должна предусматривать широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся.

Применение интерактивных методов обучения на занятиях создает условия для формирования и закрепления профессиональных знаний, умений и навыков у обучающихся вуза, необходимые условия для развития умений самостоятельно мыслить, ориентироваться в новой ситуации, находить свои подходы к решению проблем, устанавливать деловые контакты с аудиторией, что определяет профессиональные качества будущего специалиста.

В результате использования интерактивных методов в вузовском учебном процессе также повышается мотивация учебной деятельности, интерес на овладение новыми знаниями, умениями и практическом их применении.

С целью формирования и развития у обучающихся профессиональных и общекультурных компетенций нами на занятиях по дисциплине «Физико-химические основы развития и тушения пожаров» применяются следующие формы проведения практических и лабораторных занятий: обучение в сотрудничестве (решение экспериментальных задач, работа в малых группах и группах переменного состава), обучение в игре (интерактивные викторины, занятия соревнования).

В частности, нами было разработано и проведено практическое занятие по теме «Параметры пожаров на газовых, газонефтяных и нефтяных фонтанах» в форме ролевой игры.

Помимо учебных целей, практическое занятие преследует цель формирование профессиональных и общекультурных компетенций. Таких как компетенция самосовершенствования (сознание необходимости, потребность и способность учиться); способность организовать свою работу ради достижения поставленных целей; способность работать самостоятельно; способность самостоятельно принимать необходимые решения в пределах своих полномочий; способность к абстрактному и критическому мышлению, способность к принятию нестандартных решений и разрешению проблемных ситуаций; способность использовать базовые теоретические знания для решения профессиональных задач, а самое главное умение работать в команде и нести ответственность за принятые решения.

Накануне занятия, обучающиеся учебной группы делятся на четыре подгруппы: «теоретики», «практики», «корректоры» и «эксперты». Перед каждой подгруппой ставятся индивидуальные задачи по подготовке к занятию: на основании анализа учебной литературы подготовить сообщения, задания, вопросы в соответствии с выполняемой подгруппой функцией. Следует отметить, что данный этап требует от преподавателя значительной предварительной подготовки - глубокой проработки заданий для каждой подгруппы и четкой формулировки исполняемых подгруппой функций, разработки методических рекомендаций. В методических рекомендациях необходимо отразить следующие ключевые моменты:

## НАДЕЖНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

- как обучающийся должен подготовиться к проведению данного занятия (изучение определенного материала в учебных пособиях, периодической литературе, получение определенных специальных навыков, изучение различных методик решения поставленной задачи и т.п.);
- знания из каких разделов смежных дисциплин и внутридисциплинарные связи необходимо использовать;
- какой инструментарий будет необходим при проведении занятия;
- каким образом будет проводиться занятие (ход проведения занятия, сценарий, темы для обсуждения и т.п.);
- какова роль каждого обучающегося на данном занятии и каковы правила взаимодействия между обучающимися на данном занятии.

Непосредственно на занятии между подгруппами осуществляется тесное взаимодействие. Обучающиеся первой подгруппы сообщают теоретическую информацию (методы, позволяющие ориентировочно определить дебит фонтанирующей скважины, методы расчета интенсивности теплового излучения, состав фонтанирующей скважины, ее параметры и т.п.). На основании полученной информации, обучающиеся второй подгруппы проводят практические расчеты безопасного расстояния, на котором личный состав может работать длительное время в боевой одежде и в касках с защитными щитками без специального теплозащитного снаряжения и расстояние, на котором личный состав может вести работу в течение не более 5 минут в специальном теплозащитном снаряжении под защитой распыленных водяных струй. Обучающиеся третьей подгруппы внимательно следят за правильностью работы первых подгрупп, при необходимости вносят соответствующие корректировки и дополнения. Четвертая подгруппа оценивает ответы других подгрупп в баллах по таблице, которая составляется ими заранее и согласовывается с преподавателем.

Следует отметить высокий уровень активности обучающихся, по сравнению с традиционным занятием. Курсанты и студенты учатся работать коллективно, находить эффективные способы внутри- и межгруппового взаимодействия, т.к. находятся в зависимости друг от друга при выполнении одной общей задачи. Данная форма проведения занятия позволяет развить навыки самоуправления.

Таким образом, применение активных методов обучения способствует высокому уровню мыслительной, аналитической деятельности обучающихся, более прочному усвоению знаний, повышает интерес к занятию, что сопряжено с положительными эмоциями и идет эмоционально-интеллектуальный отклик на обучение. Наблюдается высокий уровень мотивации, самоуправления. Общение происходит на деловой основе. Развиваются творческие и коммуникативные способности.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Российская Федерация. Законы. Об образовании в Российской Федерации: ФЗ от 29.12.2012 № 273-ФЗ (с изменениями и дополнениями от 21.07.2014).

### **РОЛЬ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПРИ ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ ПОЖАРНОЙ ОХРАНЫ**

**С.А.Никитина, И.А. Легкова, В.Е. Иванов, В.П. Зарубин**  
**(ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»)**

На современном этапе развития системы высшего образования научно-исследовательская деятельность обучающихся в вузе приобретает все большую актуальность и превращается в один из основных компонентов профессиональной подготовки будущих специалистов.



Научная работа обучающихся в высшем учебном заведении служит формированию профессиональных и творческих качеств современных специалистов, способных обоснованно и эффективно решать возникающие теоретические и прикладные проблемы.

Научно-исследовательская работа молодых исследователей решает следующие основные задачи:

- развитие навыков самостоятельной теоретической и экспериментальной работы;
- ознакомление с современными методами научного исследования и техникой эксперимента;
- развитие инициативы и творческого потенциала;
- качественное выполнение научных дипломных работ.

В рамках инновационного образовательного процесса включение обучающихся в исследовательскую деятельность должно начинаться с первого курса. На младших курсах обучающиеся участвуют в так называемой поисково-познавательной деятельности, обусловленной содержанием изучаемых дисциплин и направленной на поиск и отбор информации. На третьем-четвертом и пятом курсах исследовательская деятельность обучающегося имеет уже познавательно-аналитическую направленность и предполагает отбор и анализ полученной информации.

На кафедре механики и инженерной графики Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России занимаются курсанты и студенты в основном в первом и втором семестрах. Поэтому темы для НИР, предлагаемые для обучающихся в основном реферативные. Однако, в последнее время, с развитием и использованием компьютерной графики темы для НИР предлагаются в виде заданий на разработку и конструирование 3D моделей каких-либо устройств с использованием компьютерных технологий.

При выполнении работ обучающиеся вырабатывают навыки моделирования, самостоятельной разработке различных технических решений, освоения различных компьютерных программ, то есть приобретают умения и навыки, необходимые в дальнейшей профессиональной деятельности, получают возможность развить логические и творческие способности, потребность в постоянном самообразовании и самосовершенствовании. В завершении своей научно-исследовательской работы обучающиеся могут участвовать в различных конкурсах, олимпиадах по дисциплинам, семинарах и конференциях различного уровня.

Таким образом, вовлечение обучающихся в среду научно-исследовательских работ является важным элементом формирования их профессиональной компетентности, так как позволяет практически закрепить знания и, главное, получить навыки практической подготовки по профилю специальности.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Балашов, В.В. Организация научно-исследовательской деятельности студентов в вузах России. Монография. В 3 ч. / В.В. Балашов, Г.В. Лагунов, И.В. Малюгина, В.В. Масленников, А.И. Момот, Б.В. Першуткин, А.Г. Поршнев, В.М. Рулев, В.С. Румянцев, М.Н. Стриханов. – М.: ГУУ, 2002.

2. Миронов, В.А. Социальные аспекты активизации научно-исследовательской деятельности студентов вузов: Монография / В.А. Миронов, Э.Ю. Майкова. – Тверь: ТГТУ, 2004. – 100 с.

**РАБОТА С ФОТОГРАФИЯМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СРЕДЫ «LIGHT WORKS»  
В СИСТЕМЕ ARCHI CAD 9**

**Е.Н. Никифорова, П.Е. Тюрин**

*(«ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный политехнический университет»)*

Работа с фотографиями при разработке 3D-модели здания становится абсолютно необходимой если существует задача по интегрированию созданной конструкции в существующий ландшафт, который существует, в свою очередь, только в виде фотоснимка.

При использовании в качестве фона готового графического файла следует включить признак «Рисунок». При этом открывается панель «Загрузка изображения из библиотеки», в которой и выбирается фоновое изображение. После выбора имени файла данный растровый рисунок помещается в небольшое поле для общего обозрения.

Числовые строки «Разрешение» и «Увеличение» необходимы для изменения масштаба. В неактивных строках показаны размеры фотографий в пикселях.

При включении режима «Рисунок» в окне просмотра активируется рамка, которая соответствует размерам создаваемого изображения и его положения относительно фона картины. Рамку можно перемещать и ориентировать с помощью буксировки курсором.

Настройка яркости.

Панель «Яркость» используется для установки параметров и характеристик освещенности объектов. Определить данные значения необходимо, так как они используются для коррекции уже созданных образцов.

Для изменения яркости используют плавный ползуновый регулятор, но что бы увидеть результат коррекции необходимо активировать кнопку «Да» в строке «Применить установки к последнему изображению»

В данной системе возникают ситуации, когда при вычислении яркости пикселя полученное значение больше максимально возможного для данного монитора. Такое явление называется передержкой изображения. В области «Коррекция передержки» существует возможность выбора одного из трех режимов:

1. «Уменьшить яркость всей поверхности» - при активации данного режима фотоизображение сохранит параметры контрастности, но на темных участках возможна потеря деталей.
2. «Уменьшить яркость передержанных поверхностей» - может привести к нарушению контрастности между светлыми деталями фотоизображения.
3. «Закрасить передержанные поверхности цветом» - способ позволяет выявить передержанные области на изображении. Данный способ необходим для редактирования, а не для коррекции.

Алгоритмы визуализации Light Works.

Данный инструмент предоставляет расширенные возможности по построению фотоизображений. Настройка общих параметров полностью соответствует описанным выше.

В панели «Спецэффекты Light Works» существуют шесть разделов для регулировки параметров визуальных эффектов, которые могут быть применены к изображению.

«Освещение» - раздел содержит маркер, активирующий источник света «Камера» для имитации работы фотовспышки. Маркер «Источник света» включает два специальных источника – «Объект небо» и «Свет окна». Первый источник имитирует эффект рассеянного освещения неба, а второй – освещение интерьера проникающим внутрь помещения светом. Данные методы используют для расчетов установленное положение солнца.

Разделы «Отбрасывания теней» и «Разрешение теней» служат для выбора типов отбрасываемых теней.

Функции панели «Среда Light Works».

Для выявления персональных особенностей и свойств поверхности при построении фотоизображений максимум Light Works используют разные ретушировщики. Существует три класса данного инструмента – «Солнце», «Передний план», «Фон».

Инструмент «Солнце» устанавливает набор параметров, которые будут определять качество построения теней при солнечном освещении.

Метод «Передний план» включает пять ретушировщиков, из выпадающей панели, которые определяют вид элементов переднего плана сцены.

Функции ретуши «Фон» устанавливают одноименные параметры.

Алгоритмы визуализации «Эскиз»

Данный режим предназначен для генерирования стилизованных изображений, имитирующих рисунки, выполненные от руки карандашом, углем, фломастером.

Панель «Параметры фотоизображения» содержит семь различных подпанелей. Содержание верхней части панели, а так же панели «Фон» и «Неполная съемка» полностью соответствуют аналогичным инструментам внутреннего механизма визуализации.

Панель «Основные параметры» позволяет выбирать стиль эскиза, стиль и цвет линий штрихов. В панели «Дополнительные просмотры» имеется возможность устранить ступенчатость изображения, влияние атмосферы, наложить эффект шероховатости бумаги.

Таким образом широкий спектр встроенных инструментов системы Light Works позволяет манипулировать настройками растрового изображения для наилучшего сопряжения его с созданной моделью здания.

## **ПРИРОДА ОШИБОК И МЕТОДЫ ИХ ИСПРАВЛЕНИЯ ПРИ ИЗУЧЕНИИ АНГЛИЙСКОГО ЯЗЫКА**

**И.А. Осколкова, Г.В. Модина**

**(ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный энергетический университет  
имени В.И. Ленина»)**

В процессе изучения иностранного языка совершенно естественно возникновение речевых ошибок. Ошибка – результат ошибочного речевого действия, типичное отклонение от правил и норм иностранного языка, которое допускается обучаемым в ходе овладения этим языком. Ошибки такого рода не поддаются самокоррекции, поскольку они являются отражением определенной стадии освоения иностранного языка. В современной методике утвердилось понимание ошибки (*error*), предложенное С.-П. Кордером. Согласно его теории, ошибки характеризуют путь, который проходит учащийся в процессе овладения иноязычной речью. Они выявляют внутренние индивидуальные особенности усвоения языка, выступают как проявление активности индивида в процессе формирования и проверки им своих гипотез относительно правил изучаемого языка [1].

Проблема ошибок в обучении иноязычной речи (их природа, классификация, коррекция, диагностирование и предсказуемость) подробно исследуется лингвистами, психологами, методистами [2]. Ошибки классифицируются по аспектам языка: фонетические, лексические, грамматические (*phonological, lexical, syntactic errors*). Наряду с явными ошибками (*formal/covert errors*) выделяются скрытые ошибки (*covert errors*), семантически или стилистически неприемлемые языковые формы. В зависимости от влияния на понимание речи, то есть по “коэффициенту смыслоискажения”, выделяются “сильные” ошибки (*global errors*), абсолютно затрудняющие понимание речи, и “слабые” ошибки (*local errors*), особо не влияющие на ее понимание. Различаются межъязыковые ошибки (*interlingual errors*) и внутриязыковые ошибки (*intralingual errors*). Межъязыковые ошибки

возникают в результате влияния родного языка, то есть межъязыковой интерференции. Внутрязыковые ошибки отражают специфику процесса овладения иностранным языком, ход этого процесса, и в частности влияние ранее усвоенных явлений иностранного языка на последующие. Например, усвоенные правила образования грамматических форм (множественного числа существительных, степеней сравнения прилагательных или “правильных” глаголов) могут переноситься обучаемым на так называемые исключения, то есть использоваться слишком широко. Такие случаи свехобобщения (*overgeneralization*) являются естественными в процессе овладения иностранным языком, в связи с чем внутрязыковые ошибки определяются также как ошибки развития (*developmental errors*). При овладении иностранным языком наблюдаются также ошибки, спровоцированные обучением (*induced errors*) [3]. Наряду с термином *error* в англоязычной методике для обозначения ошибочных действий обучаемых существует термин *slip/оговорка*, который, в отличие от *error*, определяется как ошибка, представляющая собой отклонение от нормы в потоке речи вследствие усталости, возбуждения, рассеянности и т.п., когда возможно быстрое самоисправление со стороны говорящего (пишущего). Впервые различие между двумя типами ошибок, обозначаемыми разными терминами, определил С.-П. Кордер [1].

Ошибки происходят, когда обучающиеся пытаются сказать что-либо, что является выше их текущего уровня знания языка, т.к. они находятся на стадии его начального изучения и не овладели материалом полностью. Обучающиеся не могут исправить ошибки самостоятельно, потому что они не понимают, в чем они заключаются. Обучающиеся делают оговорки (*slips*), т.к. не концентрируются на том, что говорят или пишут. Оговорки не являются результатом неполного владения языком или недостатка знаний. Они происходят просто потому, что обучающиеся не внимательны в данный момент. Оговорки могут быть исправлены самостоятельно, когда обучающиеся начинают понимать, что они их сделали.

Существуют две основные причины, по которым обучающиеся делают ошибки. Первая причина – это влияние родного языка (*mother tongue/L1*) на изучаемый иностранный язык (*second language/L2*). Это интерференция (*interference*) или перенос (*transfer*). Обучающиеся могут использовать или переносить звуковые модели, лексические и грамматические структуры из их родного языка в изучаемый язык.

Вторая причина, почему обучающиеся делают ошибки – это бессознательная (неосознанная) разработка, организация и экспериментирование с языковым материалом, который они изучили. Этот вид ошибки называется ошибкой развития (*developmental error*). Эти ошибки типичны для всех обучающихся, независимо от того каким является их родной язык (*L1*), и часто подобны тем, которые делают маленькие дети при овладении родным языком. Обычными ошибками развития в английском языке являются использование *the past tense* вместо *the present perfect tense*, или неправильное образование форм глаголов в *the past simple*. Например, “*I goed*” вместо “*I went*”.

Ошибки, при которых обучающиеся неправильно применяют правило, являются результатом свехобобщения (*overgeneralization*), т.е. применение правила слишком широко. Когда языковые способности обучающихся возрастают, эти ошибки исчезают. Ошибки играют необходимую и важную роль в процессе изучения языка. Они являются частью “межъязыка” (*interlanguage*) обучающихся, т.е. собственной версией второго языка обучающихся, на котором они говорят по мере его изучения. Обучающиеся бессознательно анализируют и перестраивают их межъязык. Он еще не сформирован, он развивается и прогрессирует по мере его освоения. Эксперты считают, что межъязык – это важная и неизбежная стадия в изучении языка. Другими словами, межъязык и ошибки необходимы при изучении иностранного языка. Ошибки – естественная часть обучения. Они обычно показывают, что происходит процесс изучения. Делая ошибки, обучающиеся понимают, что они что-то не знают и пытаются выразить это правильно. Когда мы общаемся с другими и видим, что коммуникация не происходит, мы снова пытаемся выразить свою мысль, используя другие языковые средства, или стремимся высказаться с большей точностью.

Ошибки развития и интерференции могут исчезнуть сами по себе без исправления в процессе овладения языком обучающимися. Эксперты говорят, что исправление может помочь обучающимся, только если они готовы к этому, т.е. они находятся на нужной стадии в их индивидуальном процессе обучения, т.е. межъязыка. Существует три основных способа помощи обучающимся в процессе развития их языка. Во-первых, обучающимся нужно предоставить большое разнообразие языкового материала на соответствующем уровне; во-вторых, им нужно использовать язык для взаимодействия и, в-третьих, они должны концентрировать свое внимание на языковых формах (*language forms*). Иногда ошибки не исчезают, а закрепляются (*fossilized/закоряются*). В этом случае обучающийся не прекращает их делать, и это может длиться долгое время, даже всегда в его использовании иностранного языка. Укоренение (*fossilisation*) ошибок часто происходит, если обучающиеся, особенно взрослые, способны к общению на иностранном языке и у них нет коммуникативных причин для его исправления. Эти ошибки могут быть результатом недостаточного объема изученного языкового материала или сознательного (либо бессознательного) отсутствия мотивации для его исправления, т.к. эти ошибки не препятствуют коммуникации.

Анализ научной литературы позволяет выделить три основные теории возможности исправления ошибок.

1. Согласно первой теории, обращение внимания на возникновения ошибок и постоянная их коррекция могут вызвать у учащегося страх, понизить его самооценку и мотивацию к продолжению изучения иностранного языка и в итоге помешать реализации коммуникации.

2. Другая теория, наоборот, призывает обращать пристальное внимание на ошибки и исправлять их, предупреждая тем самым их последующее закрепление на уровне навыка по принципу условного рефлекса.

3. И, наконец, последняя концепция заключается в том, что исправление ошибок зависит от ситуации и различных критериев, т.е. носит избирательный характер.

Методы коррекции ошибок также напрямую зависят от концепции обучения, на которой основывается преподаватель.

Очень важно для преподавателя не концентрироваться на том когда, как и нужно ли исправлять обучающихся.

- Мы не можем ожидать от обучающихся мгновенного овладения иностранным языком. Процесс обучения постепенный и ошибки в изучаемом языке неизбежны.

- Важно думать о том, какую ошибку делает обучающийся. Если это оговорка, то он сможет исправить ее самостоятельно с небольшой подсказкой преподавателя или другого обучающегося. Возможно, не стоит исправлять оговорку совсем.

- Иногда, особенно при выполнении упражнений на формирование коммуникативных умений, лучше не обращать внимания на ошибки, а просто игнорировать их, чтобы обучающиеся могли развивать свою уверенность (*confidence*), беглость речи, экспериментирование с языком.

- Одни ошибки нуждаются в коррекции больше, чем другие. Ошибки, препятствующие коммуникации более важны, чем те, которые коммуникации не мешают. Например, отсутствие -s- в третьем лице единственного числа глагола *the present simple tense* коммуникации не препятствует. А вот использование *the present simple tense* вместо *the past simple tense* может коммуникации помешать.

- Одни обучающиеся в одной и той же группе нуждаются в исправлении, а другие нет, в зависимости от их стадии обучения, стиля обучения (*learning style*) и степени уверенности. Обучающиеся также могут быть исправлены разными способами.

## НАДЕЖНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

- Полезно, особенно при работе с взрослыми обучающимися сообщить им об их ошибках интерференции. Это поможет обучающимся избежать ошибок в дальнейшем, особенно при письме.

- Обучающиеся могут адекватно реагировать, когда им говорят об их закоренившихся (*fossilised*) ошибках, а также о тех областях, в которых у них могут возникнуть проблемы при изучении нового материала. Таким образом, обучающиеся осознанно пытаются избежать ошибок, особенно при письме.

- Способы, которые помогут обучающимся избавиться от совершения ошибок:

- предоставление многообразия языкового материала, содержание которого немного сложнее их уровня лингвистической способности через чтение и аудирование. Это сильная мотивация у обучающегося для овладения все большим языковым материалом;

- предоставление возможности на фокусировании (акцентировании) на форму языка через упражнения, перефразирование, не привлекая внимания обучающегося к ошибке или исправлению;

- выделение времени в классе для использования языка в коммуникативных целях и в целях взаимодействия и наблюдения за их успешным выполнением.

- Ошибки полезны не только для обучающихся, но и для преподавателя. Они помогают преподавателю не только увидеть объем выученного материала, но и то, какая помощь может потребоваться обучающимся в будущем.

Ошибки могут показать и то, что обучающийся овладевает все большим языковым материалом и этот процесс продолжается.

В заключении следует сказать, что, прогнозируя те трудности, и с ними ошибки, которые могут возникнуть у обучающихся на каждом этапе изучения иностранного языка, преподаватель поможет студентам успешно преодолеть эти трудности и избежать возможные ошибки. Он сможет экономить временной бюджет и тем самым высвободить учебное время на изучение иностранного языка и организовать обучение по оптимальным параметрам.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Corder, S.P. The significance of learners errors. In: J.C. Richards (ed), *Error analysis: Perspectives of Second language acquisition*. London and New York: Longman, 1993, pp 19 – 27.

2. Lennon, P. Error: some problems of definition, identification and distinction *Applied Linguistics*, 1991, 12, 2, pp. 180 – 196.

3. Richards, J.C. A non-contrastive approach to error analysis. In: J.C. Richards (ed), *Error analysis*. Longman, 1993, pp. 172 – 188.

4. Цейтлин, С.Н. Речевые ошибки и их предупреждения. – С-Пб.: Изд. Дом “МиМ”, 1997.

5. Залевская, А.А. Вопросы теории овладения вторым языком в психолингвистическом аспекте. – Тверь: ТГУ, 1996 – С. 31.

## О СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДАХ ПРЕПОДАВАНИЯ АНГЛИЙСКОГО ЯЗЫКА В НЕЯЗЫКОВОМ ВУЗЕ

**И.А. Осколкова**

**(ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»)**

Умение говорить на иностранном языке – это сплав грамматических знаний, лексического запаса и возможности эти знания использовать на практике. Если человек собирается изучать иностранный язык самостоятельно, в одиночку, то он сам выбирает

метод и способ изучения. Но чаще иностранный язык у нас и в других странах изучают коллективно: в школе, институте, на курсах. И в этом случае он изучается по той методике, которая принята в данное время «на вооружение» страной, министерством, учебным заведением, конкретным учителем.

Существуют различные методики преподавания и изучения иностранных языков, которые имеют свои достоинства и недостатки. Рассмотрим самые распространенные и интересные из них.

Традиционная, или классическая, методика придерживается классических правил. Изучается фонетика, синтаксис, минимальный для каждого этапа изучения словарный запас. Именно эта методика и используется в вузах. Главное правило: штудирование начинается с азоров, требует максимума усидчивости, терпения, внимания. В результате студент начинает понимать страну и менталитет ее жителей, говорить на иностранном языке легко и непринужденно, преодолевает языковой барьер.

Классическая методика подразумевает русского преподавателя, чтобы тот смог сопоставить два языка и объяснить их отличия во избежание ошибок. Урок состоит из нескольких частей: отрабатывается произношение, устная и письменная речь, аудирование. На сегодня это одна из самых успешных методик обучения, прошедшая проверку практикой преподавания.

Аудио-лингвальный метод базируется на восприятии на слух иностранного языка. Обучаемые учат грамматические и фразеологические структуры, многократно повторяют их в учебных диалогах. Подразумевается, что в нужный момент вы будете употреблять их автоматически. Однако, как показывает опыт, в реальной ситуации человек не всегда может своевременно и к месту употребить заученную им фразу или оборот.

Еще одна интересная методика – эмоционально-смысловая – заключается в своего рода игре. Каждый обучаемый берет себе новое имя, популярное для страны изучаемого языка, и придумывает легенду: новое место рождения, дом, уклад жизни. Подход эффективный, состоит из элементов традиционной, коммуникативной и лингвосоциокультурной методик.

На наш взгляд, в условиях глобализации наибольшего успеха в процессе обучения иностранным языкам позволяет добиться личностно-ориентированный подход в преподавании.

Личностный подход создает особенно благоприятные возможности для развития познавательных сил, активности, наклонностей и дарований каждого студента, имеет в виду адаптацию целей и содержания обучения к отдельным учащимся, а выбор форм и способов обучения с учетом особенностей и способностей студента, делая обучение доступным и посильным [1, с.89].

В его рамках обучающийся изначально является субъектом обучения, носителем опыта жизнедеятельности, приобретаемого в результате формального и неформального образования, социокультурного окружения, в процессе восприятия и понимания мира. Субъектная позиция предполагает осознание человеком собственного отношения к происходящему – что является необходимым условием для адаптации к дальнейшей жизни и профессиональной деятельности. Таким образом, акцент с трансляции готового знания преподавателем перенесен на самостоятельный поиск и производство знания обучающимся. Переход от педагогического воздействия к педагогическому взаимодействию является одним из условий поиска и внедрения эффективных методов обучения иностранным языкам [2, с.150].

При изучении иностранного языка студенты сталкиваются с целым рядом фактов, относящихся не только к области лексики, грамматики, стилистики, но и к социальной, бытовой или исторической сфере. Ведущей задачей лингвосоциокультурной методики и лингвострановедческого направления и является изучение языковых единиц, наиболее ярко

## НАДЕЖНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

отражающих национальные особенности культуры народа – носителя языка, то есть – реалий (обозначений предметов и явлений, характерных для одной культуры и отсутствующих в другой).

Методисты многих стран утверждают, что обучение языку следует строить как одновременный курс национальной культуры цивилизации. Надо изучать географию, климат страны, менталитет и профессиональные занятия ее народа.

В нашей стране лингвострановедческий подход впервые был применен Е.М. Верещагиным и В.Г. Костомаровым (применительно к русскому языку как иностранному), считавшими, что обучаемые должны знакомиться с новой для них культурой непосредственно в процессе изучения иностранного языка. Курс изучения данного предмета должен готовить обучаемых к межкультурной коммуникации и обеспечивать ее успешность. Именно категория коммуникативности ориентирует на включение обучающихся в непосредственный акт общения между собой (или с преподавателем) для решения жизненных задач, возникающих в ходе «изменяющейся действительности» [3].

Первую строчку в рейтинге популярности методик активно удерживает коммуникативная. Коммуникативная методика, как следует уже из ее названия, направлена именно на возможность общения. Из четырех аспектов, на которых держится любой языковой тренинг (чтение, письмо, говорение и восприятие речи на слух) повышенное внимание уделяется именно двум последним.

В обучении межкультурной компетенции существуют два основных подхода:

- 1) Общекультурный подход (culture – general);
- 2) Подход в рамках определенных культур или контекстов (specific contexts of cultures).

Первый подход помогает студентам понять, что такое культура, осознать роль культуры и то, что культур может и должно быть много. Идея этого подхода – избавиться от предрассудков, рассмотреть стереотипы и признать наличие различных точек зрения, которые важны в той же степени, что и собственные.

Второй подход предполагает подготовку к работе с представителями определенных культур, так как иногда приходится иметь дело с партнерами и коллегами из нескольких стран.

Научить людей общаться (устно и письменно), производить, создавать, а не только понимать иностранную речь – это трудная задача, осложненная еще и тем, что общение – не просто вербальный процесс. Его эффективность, помимо знания языка, зависит от множества факторов: условий и культуры общения, правил этикета, знания невербальных форм выражения (мимики, жестов) и многое другое.

Современное преподавание иностранного языка невозможно без привития студентам иноязычной культуры. Большинство методистов ставят во главу угла современное состояние теории и практики обучения иностранного языка с ярко выраженной коммуникативной направленностью, что способствует всестороннему развитию личности, развитию духовных ценностей студентов.

Процессы обновления в сфере обучения иностранным языкам создают условия, в которых преподавателям предоставлены право и возможность самостоятельного выбора методов и приемов обучения.

Использование активных методов обучения иностранному языку, активизация деятельности студентов на занятиях, является оптимальным способом формирования у студентов умений использовать иностранный язык в реальной ситуации общения, а также работать с иноязычной информацией.

Следует отметить, что существует целый ряд трактовок понятия «активные формы обучения». Так, М.В. Кобзева под активными формами обучения иностранному языку понимает комплексные социально-дидактические технологии, реализующие, прежде всего, такие виды социально-педагогического тренинга, которые обеспечивают активность и



разнообразие мыслительной и практической деятельности обучаемых в процессе освоения учебного материала. В связи с этим уместно использовать термин «активизация», что подразумевает приведение личности или группы обучаемых в состояние активности в обучении [4].

К активным методам обучения можно отнести проблемные задания и упражнения, дискуссии, дебаты, презентации, научно-практические конференции, олимпиады, различные конкурсы, традиционные мероприятия, связанные с иностранным языком, деловые и ролевые, исследовательские игры, решение ребусов, кроссвордов, загадок и т.п.

Активность студентов в процессе изучения иностранного языка стимулируется их участием в конференциях переводчиков, участием во внутривузовских и межвузовских олимпиадах, в проведении традиционных праздников, акций, событий.

Безусловным лидером инновационных технологий в образовательном процессе является глобальная сеть Интернет, которая позволяет воспользоваться неограниченными возможностями виртуального общения с носителями языка на многочисленных форумах, чатах, по электронной почте и т.д.; прослушать медиа-файлы, посмотреть фильмы, клипы и ролики на иностранном языке. Студенты могут работать с большим количеством аутентичных материалов, необходимых в процессе обучения. Активная языковая практика on-line оказывает положительное воздействие на формирование языковой и общей компетенций у студентов, изучающих иностранный язык, повышает мотивацию обучаемых, способствует более плодотворной и интересной организации познавательного процесса в изучении иностранных языков [5, с.202].

Существует еще не один десяток методов изучения иностранного языка; некоторые из перечисленных часто имеют другие названия. Пожалуй, самый адекватный подход к изучению иностранных языков – интегрированный. Он включает в себя элементы коммуникативной методики и приемы классической и его основными принципами должны быть: индивидуальность, самостоятельность, преемственность уровней обучения.

В этом случае обучающийся сможет осознать ценность образования в современных условиях, почувствовать необходимость и готовность к непрерывному обучению как единственному способу личностной, творческой и профессиональной самореализации в условиях глобализующейся современности.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Плигин, А.А. Личностно – ориентированное образование: история и практика. – М., 2003 – 432 с.
2. Васильева, Ю.С. Основания для выбора методов обучения иностранным языкам в современных условиях // Современные модели в преподавании языков и культур в контексте менеджмента качества образования. М., 2009. – С. 150 -155
3. Костомаров, В.Г., Митрофанова О.Д. Коммуникативность как категория науки методики // Коммуникативное обучение иностранным языкам. Межвуз. сб. научн. Трудов. – Пермь: ПГТУ, 1998. – С. 8-12
4. Кобзева, М.В. Использование различных форм организации урока английского языка. URL: <http://nsportal.rushkola/>
5. Сон, Л.П. К проблеме языковой практики on-line // Современные модели в преподавании языков и культур в контексте менеджмента качества образования. М., 2009 – С. 202-204.

## РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА ОЦЕНКИ КВАЛИФИКАЦИОННЫХ РАБОТ

Д.В. Пятницкий

(ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»)

Разработка рейтинговых систем контроля знаний студентов (аспирантов) является одним из направлений внедрения инновационных технологий в вузе. При принципиальном различии требований к выпускным квалификационным работам (ВКР), магистерским и кандидатским диссертациям по проблематике государственного и муниципального управления, тем не менее, целесообразно построить единую систему их анализа и оценки, где будут учтены общие моменты и особенности этих работ.

Если для ВКР на первом месте стоит практическая значимость, то для магистерских и, в особенности, кандидатских диссертаций главным является их научная новизна [1]. Тем не менее, во всех трех видах работ традиционно в первой главе описывается история, теория и методология исследуемой проблемы, а также различные подходы к ее решению. На наш взгляд, таким содержанием должна быть наполнена первая глава только в ВКР и, возможно, в магистерских диссертациях. Для кандидатских диссертаций принципиальное значение имеет анализ пунктов научной новизны, предложенных соискателем. Этот анализ должен быть выполнен соискателем в третьей главе, то есть тогда, когда положения научной новизны уже обоснованы и описаны в первой и во второй главах работы. В третьей главе кандидатской диссертации история, теория и методология исследуемой проблемы, а также различные подходы к ее решению должны быть переписаны с учетом разработок автора. Именно такая структура изложения материала принята в научных статьях англоязычных авторов (сначала – предлагаемые нововведения, затем – анализ отличий этих предложений от уже имеющихся разработок).

Итоговая оценка ВКР должна складываться из трех компонентов: 1) оценки за оформление; 2) оценки за содержание работы и 3) оценки за выступление на защите ВКР.

Наиболее значимым компонентом (60% итоговой оценки) должно выступать содержание работы; оформление же и защиту ВКР следует считать равноценными частями, вклад которых целесообразно установить на уровне 20%.

На практике распространены так называемые неофициальные оценки (4 с минусом, 3 с плюсом). Между тем, эти знаки (минусы и плюсы) широко используют, например, такие рейтинговые агентства как S&P, Fitch, Dagong. На наш взгляд, и в сфере образования следует придать этим знакам официальный статус. Знаки «плюс» и «минус» соответствуют  $\frac{1}{4}$  и  $-\frac{1}{4}$  балла, два знака «минус» - это  $-\frac{1}{2}$  балла.

Оценка ВКР возможна на базе как 100-балльной, так и модифицированной пятибалльной системы оценивания (табл.1). При этом целесообразно доводить до сведения студентов рейтинг их ВКР в общем потоке в целях усиления внутренней мотивации.

В Поволжской государственной социально-гуманитарной академии [2] интегральная оценка выпускных квалификационных работ (без учета результатов защиты) складывается из 1) оценки методологических характеристик работы, 2) оценки результатов, полученных автором работы, и 3) оценки оформления дипломной работы. Оценка методологических характеристик работы проводится исключительно на основе Введения, в результате значение этого раздела явно переоценивается. Более высокое значение результатов работы, полученных ее автором, учтено путем повышения итоговой оценки на один балл за следующие их характеристики:

1) адекватно ситуации применена технология, используемая в других ситуациях, или сконструирована новая технология (подход, инструмент, метод, процедура);

2) использованы или самостоятельно сконструированы оригинальные методики оценки экономической эффективности осуществленной технологии (подхода, инструмента, метода, процедуры).

**Таблица 1. Соответствие традиционной пятибалльной и 100-балльной системы оценивания ВКР**

Оформление	Содержание	Защита ВКР	Итоговая оценка	Пятибалльная система оценивания
20	60	20	100	5 +
19	57	19	95	5
18	54	18	90	5 –
17	51	17	85	5 =
16	48	16	80	4 +
15	45	15	75	4
14	42	14	70	4 –
13	39	13	65	4 =
12	36	12	60	3 +
11	33	11	55	3
10	30	10	50	3 –
9	27	9	45	3 =
8≤	24≤	8≤	40≤	2

Очевидно, что указанные характеристики могут быть присущи в первую очередь третьей главе, поскольку в первой главе работы описывается состояние вопроса в научной литературе, а во второй главе проводится анализ фактического положения дел по исследуемой проблеме. Таким образом, третья глава оказывается значительно важнее двух других в плане итоговой оценки.

На наш взгляд, целесообразно внедрить более сбалансированную систему, при которой комплексная оценка содержания работы складывается из оценки по отдельности трех равноценных (в плане количества баллов) блоков (табл.2). Первый блок включает Введение, первую главу и тесно связанный с ней Список использованных источников, второй блок представляет вторая глава, а третий блок содержит третью главу и Заключение.

**Таблица 2. Оценка содержания работы с помощью традиционной пятибалльной и 100-балльной системы оценивания ВКР**

Введение, Глава 1, Список источников	Глава 2	Глава 3, Заключение	Итоговая оценка	Пятибалльная система оценивания
20	20	20	60	5 +
19	19	19	57	5
18	18	18	54	5 –
17	17	17	51	5 =
16	16	16	48	4 +
15	15	15	45	4
14	14	14	42	4 –
13	13	13	39	4 =
12	12	12	36	3 +
11	11	11	33	3
10	10	10	30	3 –
9	9	9	27	3 =
8≤	8≤	8≤	24≤	2

## НАДЕЖНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

Необходимость табл. 3 определяется тем, что иногда встречаются главы 1) объемом менее 10 страниц, 2) содержащие только таблицы с крайне лаконичными комментариями и т.д. Поскольку первая глава кандидатской диссертации традиционно носит обзорный характер, то пункты научной новизны должны быть обоснованы главным образом в двух последующих главах. Наличие, скажем, 2 пунктов научной новизны в первой главе при их полном отсутствии в третьей укажет рецензенту на явные недостатки в структуре работы.

Начинать анализ содержания ВКР (также как и магистерских, и кандидатских диссертаций) необходимо со структуры квалификационной работы (табл.3).

Таблица 3. Анализ структуры квалификационной работы

Раздел работы	Количество						
	страниц	текста	ссылок на список источников	формул	таблиц	рисунков	пунктов научной новизны
Введение	3	3	5	X	X	X	X
Глава 1	16	12	31	16	7	0	2
Глава 2	28	15	14	18	11	8	3
Глава 3	30	16	9	5	13	5	0
Заключение	3	3	0	X	X	X	X
Список источников	2	-	X	X	X	X	X
Приложения	20	-	X	X	X	X	X
Всего	102	49	59	39	31	13	5

Таблица 4. Анализ первой главы квалификационной работы

Параграфы главы	Обзор источников соответствует цели и задачам работы			Обзор источников является		
	отчасти	в целом	полностью	узким	достаточным	полным
1.1	-	+	-	+	-	-
1.2	-	-	+	-	+	+
1.3	+	-	-	-	-	-
Глава 1	3+			4-		
Параграфы главы	История проблемы описана			Практика управления социальными процессами отражена		
	фрагментарно	в целом	полностью	отчасти	в целом	полностью
1.1	-	+	-	+	-	-
1.2	-	-	+	-	+	+
1.3	+	-	-	-	-	-
Глава 1	4			4=		
Оценка по главе 1 в целом				4-		

Рассмотрим на примере первой главы подходы к оценке ВКР в разрезе глав. Анализ первой главы (табл.4) призван установить степень соответствия обзора источников целям и задачам работы, его полноты, отражения исторического аспекта в теоретическом и прикладном разрезе, а также текущей практики управления социально-экономическими процессами. В итоге выставляется оценка по главе 1 в целом. Эта оценка является частью итоговой оценки по блоку «Введение, глава 1, список использованных источников». Можно предложить весовой коэффициент Введения – 0,3, первой главы – 0,5, списка использованных источников – 0,2. Итоговая оценка по блоку находится как средневзвешенная арифметическая.

Иногда оценка повышается на балл за какие-то определенные внешние результаты (например, за наличие публикаций). Иногда это правильно, однако здесь не всегда уместен формальный подход. На наш взгляд, вряд ли целесообразно повышать итоговую оценку на балл за внедрение результатов работы (технологии, подхода, инструмента, метода, процедуры) в практику деятельности организации, поскольку документ о внедрении часто выдается для видимости.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бабаев, Б.Д. Как подготовить и успешно защитить диссертацию по экономическим наукам/Б.Д.Бабаев. - М.: Дашков и Ко, 2011. - 348 с.
2. Критерии оценки выпускных квалификационных работ [Электронный ресурс] // Поволжская государственная социально-гуманитарная академия. Самара, 2004 – 2015.
3. URL: <http://www.pgsga.ru/structure/faculty/fm/students/page6.php>.

### МОДУЛЬНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ В ПРЕПОДАВАНИИ ИНЖЕНЕРНОЙ ГРАФИКИ

**А.А. Сидоров**

*(ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный энергетический университет  
им. В.И. Ленина»)*

Общеизвестно, что студент вуза должен обладать способностью к разрешению профессиональных задач, а также проектным мышлением. В связи с этим весьма актуальным становится применение инновационных технологий в процессе образования, развивающих у студента навыки разрешения профессиональных задач, природные способности и умения, переводя их в профессиональные компетенции.

Инновационные технологии в вузе, как отмечается в многочисленных исследованиях, это, прежде всего, условие повышения качества образования, а следовательно, возможность повысить конкурентоспособность конкретного вуза на рынке образовательных услуг.

На основании проработанных научных трудов отметим, что в отличие от традиционного обучения инженерной графике, которое занимается трансляцией принятых норм мышления и знания, применение инновационных технологий в процессе обучения названной дисциплине направлено на формирование у студента таких качеств и умений, которые позволят ему создавать новые концептуальные проекты высокого уровня и реализовывать их в различных областях человеческой деятельности.

В различных современных научно-теоретических информационных источниках можно найти множество толкований понятий «инновация», «инновационный». Определение инновации как педагогической категории встречается в работах ряда авторов [3,5,6] и сводится к понятию обновления, изменения, новшества, введения нового в образовательно-воспитательную работу [1,2,4]. В разное время в нашей стране и за рубежом инновации в

## НАДЕЖНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

образовании рассматривали следующие исследователи: Х. Барнетт, В. Ж. Келле, И.М. Ильинский, С.Е. Крючкова, В.И. Слободчиков, М. М. Поташник, А. В. Хуторский, Н. Б. Пугачёва, В. С. Лазарев, В.И. Загвязинский и другие.

*Таблица 1. Сравнение традиционного и инновационного типов образования*

Компоненты учебного процесса	Тип образования	
	Традиционное	Инновационное
Цель	Подготовка специалиста с заранее заданными профессиональными и личными характеристиками	Подготовка специалиста-исследователя, способного создавать новшества
Участники процесса	Субъектно-объектное взаимодействие; обучающий является активным субъектом учебного процесса, а обучающийся пассивным объектом систематических воздействий преподавателя	Субъект-субъектное взаимодействие, при котором студент является активным субъектом собственного учения и равноправным участником учебного процесса
Содержание	Абстрактное, книжное знание, усвоенное в «готовом виде» и отличающееся формализмом	Научное знание, доведенное до уровня решения профессиональных задач
Методы	Объяснительно-иллюстративные: лекция, беседа, рассказ	Проблемное изложение; познавательные игры; анализ и моделирование определенных ситуаций
Уровень усвоения	Узнавание, воспроизведение и применение знаний в знакомой ситуации	Применение знаний в новых условиях, поиск альтернативных подходов
Стиль общения	Авторитарный, обезличенный. Эмоциональная закрытость партнеров	Демократический: ориентация на интересы и потребности студентов; диалогичность; взаимовлияние
Формы контроля	Внешний контроль со стороны преподавателей	Самоконтроль и взаимоконтроль процесса и результатов обучения

Следует отметить, что инновационные изменения в сфере образования направлены на все аспекты подготовки специалистов: образовательные технологии, процессы интеграции обучения и воспитания с научными исследованиями и производственной деятельностью, методическое, информационное и материально-техническое обеспечение учебного процесса, а также его кадровое сопровождение [5].

На наш взгляд, целесообразно дать сравнительную характеристику инновационного и традиционного типов образования на основе компонентов учебного процесса, предложенную В. Приходько [5] (табл. 1).

По мнению большинства исследователей, среди многочисленных инновационных технологий выделяется модульное обучение.

Исследования трудов, посвященных проблемам применения модульного обучения в системе высшего профессионального образования (В.И. Слободчикова, П.И. Третьякова, В.М. Гараева, И.Б. Сенновского и др.), показали, что технологию проектирования модульных программ и модулей определяет множество факторов.

На основе существующих государственных образовательных стандартов должны быть определены и спроектированы дидактические цели модульной программы или модуля.

Необходимо подчеркнуть, что фундаментальная подготовка студентов в вузе характеризуется рядом сложностей: поверхностным представлением о будущей специальности, большим объемом различной учебной и научной информации. В связи с этим процессу обучения инженерной графике целесообразно задать контекст квазипрофессиональной деятельности, что могло бы найти отражение в использовании модулей профессионально-прикладного характера. Проектирование содержания таких модулей возможно на базе существующих межпредметных связей дисциплин, которые являются еще одним условием успешного использования технологии модульного обучения в процессе фундаментальной подготовки специалистов.

Отметим, что традиционное изложение вузовских курсов специальных дисциплин носит информационный характер. Усвоение огромного объема новой информации затрудняется большой численностью студентов на лекциях. По мнению большинства ученых, модульное обучение позволяет устранить эти проблемы путем использования разнообразных форм самостоятельной работы студентов, в том числе с модульными программами и модулями.

Существующие государственные стандарты и учебные планы не диктуют жестких требований к объему содержания отдельных разделов дисциплины «Инженерная графика» и последовательности их изложения. Тем самым они предоставляют возможность варьирования конкретных разделов дисциплины в аспекте как содержания учебного материала, так и времени его изучения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Большая Советская Энциклопедия [Текст] / под ред. Б.А. Введенского. - Т. 30, «Большая советская энциклопедия», 1954.
2. Большой толковый словарь русского языка [Текст] / гл. ред. С.А. Кузнецов. - Санкт-Петербург: Норинт, 2001. – 1536 с.
3. Павлова, Т.Л. Инновации в образовании: к вопросу о сущности и смыслах понятия [Текст] / Т.Л. Павлова // Сборник научных статей. Новосибирск, 2001. - С. 50-53.
4. Педагогика. Большая современная энциклопедия [Текст] / Составитель Е.С. Рапацевич. Минск : «Современное слово» 2005, 720 стр. - ISBN-985-443-481-8.
5. Приходько, В. Центр инноваций в инженерном образовании [Текст] / В. Приходько, В. Жураковский, И. Федоров, В. Мануйлов. // Высшее образование в России. - 2002. -№6. - С. 143-147.
6. Хуторский, А.В. Педагогическая инноватика: методология, теория, практика: научное издание [Текст] / А.В. Хуторский. - М.: Изд-во УНЦ ДО, 2005. - 222 с.

### **ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ ОСНОВАМ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

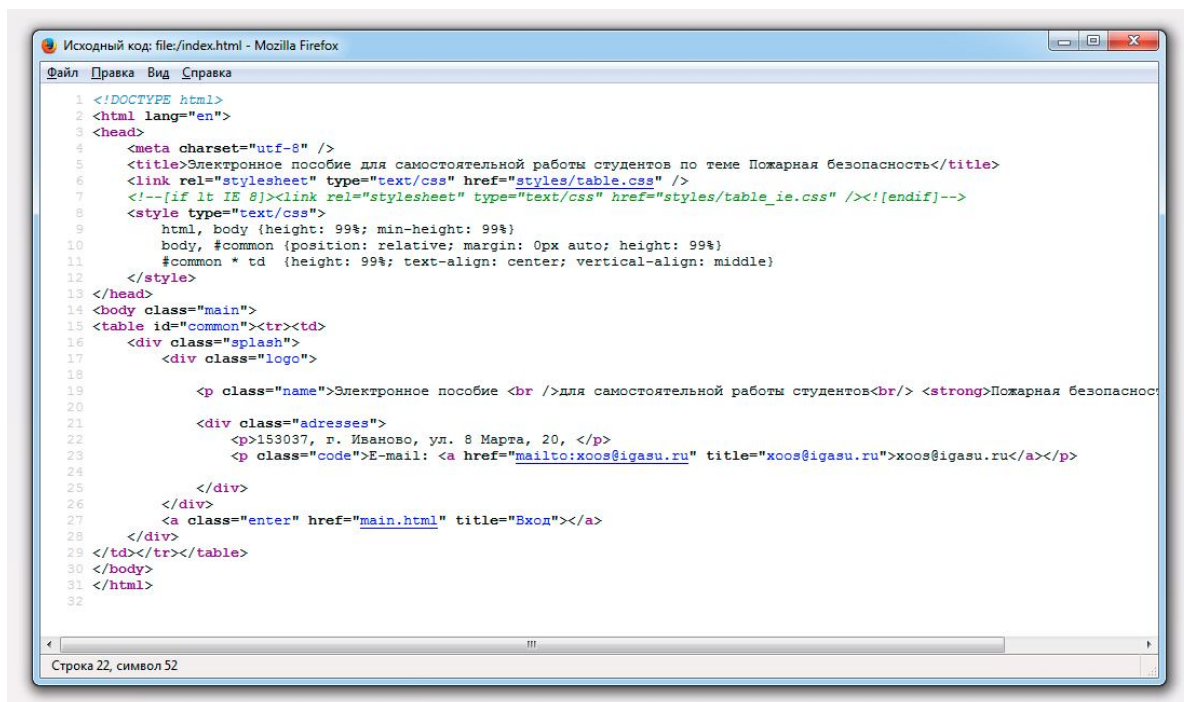
**М.В. Торопова**

*(ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный политехнический университет»)*

Современные образовательные технологии все чаще побуждают преподавателей использовать дистанционные формы обучения, то есть с помощью аудиовизуальных дидактических материалов осуществлять учебно-познавательную и контролирующую деятельность. Определимся с наиболее удобным форматом представления данных. Текст, рисунки, таблицы, презентации, видео файлы - какая оболочка позволит объединить столь отличающиеся информационные данные?

## НАДЕЖНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

В 1990 году учёным Тимом Бёрнсом-Ли для облегчения обмена документами между учеными различных университетов был изобретен HTML - HyperText Markup Language. Если говорить проще, HTML это язык, позволяющий представлять информацию в сети интернет. Отметим, что по данным опроса Всероссийского центра изучения общественного мнения, проведенного в октябре 2014 г., интернетом пользуются 66% граждан России от 18 лет и старше или 76,3 млн. человек. Поэтому дистанционное обучение, в данном случае основам пожарной безопасности, логичнее организовать как веб-сайт в виде интернет страниц.



```
1 <!DOCTYPE html>
2 <html lang="en">
3 <head>
4 <meta charset="utf-8" />
5 <title>Электронное пособие для самостоятельной работы студентов по теме Пожарная безопасность</title>
6 <link rel="stylesheet" type="text/css" href="styles/table.css" />
7 <!--[if lt IE 8]><link rel="stylesheet" type="text/css" href="styles/table_ie.css" /><![endif]-->
8 <style type="text/css">
9     html, body {height: 99%; min-height: 99%}
10    body, #common {position: relative; margin: 0px auto; height: 99%}
11    #common * td {height: 99%; text-align: center; vertical-align: middle}
12 </style>
13 </head>
14 <body class="main">
15 <table id="common"><tr><td>
16     <div class="splash">
17         <div class="logo">
18
19             <p class="name">Электронное пособие <br />для самостоятельной работы студентов<br/> <strong>Пожарная безопаснос
20
21         <div class="addresses">
22             <p>153037, г. Иваново, ул. 8 Марта, 20, </p>
23             <p class="code">E-mail: <a href="mailto:xoos@igasu.ru" title="xoos@igasu.ru">xoos@igasu.ru</a></p>
24
25         </div>
26     </div>
27     <a class="enter" href="main.html" title="Вход"></a>
28 </div>
29 </td></tr></table>
30 </body>
31 </html>
32
```

Рис. 1. Исходный html-код стартовой страницы

В качестве базового использован учебник «Безопасность жизнедеятельности» под ред. С.В. Белова [1] и Федеральный закон «О пожарной безопасности» [2], а также необходимое программное обеспечение. Html страницы web-сайта (рис. 1) выполнены в программной среде FlashDevelop, которая является бесплатно распространяемым программным средством с открытым кодом (Open source), проста и удобна в использовании.

В начале работы нужно открыть файл index.html, который представляет собой сплеш-страницу (рис. 2). Нажав кнопку «Вход», пользователь переходит на главную страницу с навигационным меню. Html-страницы предназначены для ознакомления с теоретическими вопросами изучаемой темы «Пожарная безопасность». Юзабилити (полезность пользователям) обеспечена левосторонним расположением меню с гиперссылками, которые позволяют осуществлять интуитивный переход по основным разделам:

1. Введение
2. Термины и определения
3. Физико-химические основы процесса горения
4. Пожарная опасность веществ
5. Огнестойкость строительных конструкций
6. Средства и способы тушения пожара
7. Противопожарные требования при проектировании зданий
8. Вопросы для самоконтроля
9. Тестирование



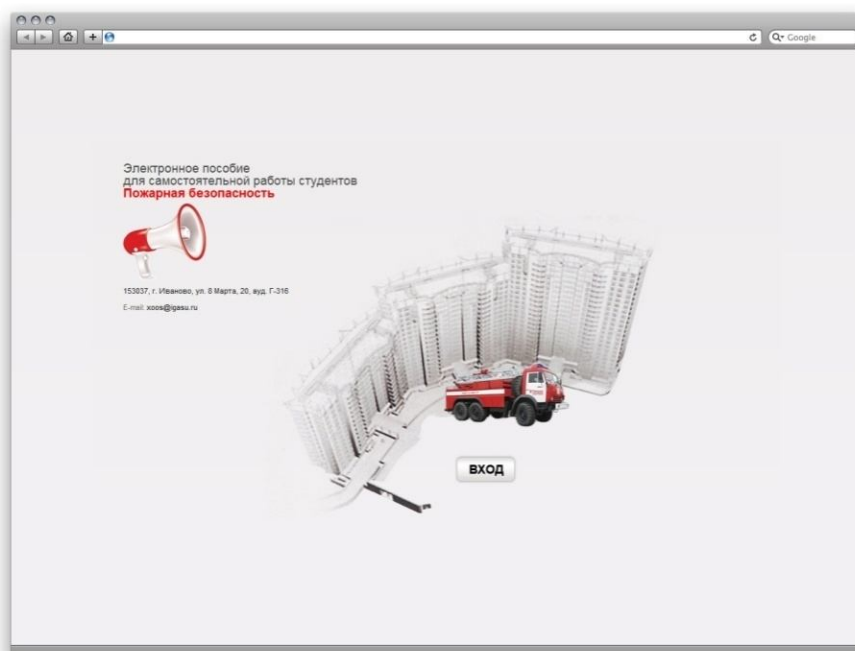


Рис. 2. Внешний вид стартовой страницы

Для удобства работы некоторые подразделы скрыты и появляются лишь при наведении на них курсора. Подобная возможность реализована с помощью javascript (прототипно-ориентированный скриптовый язык программирования). Также предусмотрена возможность просмотра обучающих фильмов с интернет сайта youtube.com, однако для этого необходим Flash player. Разработанные модули редактируются, добавляются, удаляются по мере изменений нормативных требований и законодательных актов в области пожарной безопасности.

Таким образом, представленные разработки позволяют не только оптимизировать учебный процесс, но и осуществлять дистанционное обучение, столь востребованное в последнее время.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Белов С.В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (техносферная безопасность): учебник для вузов - М.: Юрайт, 2011. – 679 с.
2. Федеральный закон от 21.12.1994 N 69-ФЗ (ред. от 31.12.2014) «О пожарной безопасности» (21 декабря 1994 г.).

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНАМ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

**Н.В. Третьякова**  
(ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный энергетический университет  
имени В.И. Ленина»)

В основу современной системы образования заложен компетентностный подход. Его целью является развитие способностей и готовности личности к деятельности, основанной на знаниях и опыте, приобретенных благодаря обучению, ориентированных на самостоятельное

## НАДЕЖНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

участие личности в учебно-познавательном процессе и направленных на ее успешную интеграцию в профессиональную среду и в социум. Будущий профессионал должен обладать стремлением к самообразованию, владеть новыми технологиями и понимать возможности их использования, уметь принимать самостоятельные решения, адаптироваться в социальной и будущей профессиональной среде, разрешать проблемы и работать в команде.

Это требует внедрения новых инновационных форм обучения – проблемно-ориентированного обучения, и внедрения современных информационных технологий в образовательный процесс

В целях повышения качества обучения по дисциплинам «Материаловедение», «Технология конструкционных материалов» и другим создан сетевой образовательный электронный ресурс, а именно, разработан сайт «Материаловед.рф» размещенный в сети Интернет в зоне .рф (Российская Федерация).

Основные задачи сайта «Материаловед.рф» :

- предоставление участникам образовательного процесса свободного доступа к обучающим ресурсам (электронным учебникам, заданиям для самоконтроля и т.д.);
- дистанционное обучение студентов заочной формы обучения;
- разработка учебных материалов, тестов.

Содержание материалов сайта соответствует образовательным стандартам.

Разработаны модули сайта: о сайте, статьи, методические указания, учебники, учебные пособия, задания и тесты, регистрация, статистика.

Теоретический материал, размещенный на сайте, сопровождается достаточным количеством рисунков и фотографий. Многие темы дополняются учебными видеофильмами (например, «Литье по выплавляемым моделям», «Производство цветных металлов» и др.). Это позволяет студентам получить более полное представление о различных явлениях и процессах.

В модуле «Задания и тесты» размещены вопросы для самоконтроля по каждой теме и контрольные работы, которые позволяют студентам самостоятельно проверить степень усвоения теоретического материала и проконтролировать свои знания.

В качестве контрольных работ разработаны тесты. Тесты содержат 20 вопросов по определенной теме. Студент должен ответить на все вопросы. По итогам теста выставляется оценка, даются рекомендации на изучение каких тем следует обратить внимание для повышения результатов.

На сайте предусмотрена регистрация пользователей. Сайт успешно развивается, увеличивается количество посетителей. В настоящее время в сутки сайт посещают 80...120 уникальных посетителей. Значительное увеличение посетителей происходит в период сессии.

Материалы размещенные на сайте «Материаловед.рф» внедрены в учебный процесс на кафедре «Технология машиностроения» Ивановского государственного энергетического университета. Сайт рекомендован студентам очной и заочной форм обучения для самостоятельной работы при подготовке к промежуточному контролю, экзаменам, при разработке курсовых работ и дипломных проектов.

Проблемно-ориентированная технология направлена на разрешение проблемных ситуаций, инициируемых изменениями во внешней среде. В качестве основного механизма решения проблемы выступают процессы самоорганизации участников, как наиболее адаптивная форма деятельности в условиях приспособления системы к состоянию внешней среды. Таким образом, проблемно-ориентированное обучение выступает как новый вид образовательной деятельности, в основу которого заложена ориентация на освоение учащимися умений, позволяющих действовать в новых, неопределенных, проблемных ситуациях.

#### Раздел 4. Использование инновационных образовательных технологий в учебном процессе

В качестве основных целей разработки и внедрения проблемно-ориентированного обучения выступают:

- ориентация на деятельное содержание образования, при котором основным содержанием обучения являются действия, операции, соотносящиеся не столько с объектом (реальным или идеальным), сколько с ситуациями и проблемами, которые составляют основу профессиональной деятельности выпускников;
- развитие способностей решения определенных видов актуальных профессиональных проблем, соответствующих реальным потребностям научной и социально-экономической системы;
- развитие способностей работать в коллективе, участие в реализации профессиональных коммуникаций в рамках проектных групп;
- активное использование информационно-коммуникационных технологий в процессе подготовки специалистов, как элементов современного информационного общества.
- определение межличностных характеристик, задаваемых направлениями активности: инициативность, деловая контактность, коммуникативные навыки и т.д. – с целью их развития;
- оценка структурных преобразований и управление ими с целью развития профессиональных навыков будущих специалистов;
- активное привлечение профильных организаций к образовательной деятельности (постановка актуальных практических задач и проблем, контроль их решения, оценка умений будущих специалистов, а также мастер-классы экспертов и специалистов) и устанавливать с ними партнерские отношения в рамках подготовки высококвалифицированных специалистов.

Проекты, реализуемые в рамках проблемно-ориентированной технологии, могут иметь как реальных заказчиков (реальные проекты), так и осуществляться в учебных целях (учебные проекты).

Жизненный цикл проекта включает следующие стадии:

- инициация проекта, которая заключается в принятии определенного решения, формировании команды и оценки эффективности сформированного решения;
- управление проектом, включает в себя такие процессы как планирование, организация, контроль;
- выполнение проекта;
- завершение проекта.

На каждой стадии жизненного цикла проекта должно осуществляться управление функциональными областями, такими как изменения, качество, управление, коммуникации, риски, знания.

Применение проблемно-ориентированной технологии позволяет формировать требуемые компетенции, ориентированные на решение профессиональных задач, а также на поддержку контактов с внешними предприятиями (источниками проблем для решения и потенциальными работодателями для выпускников), что способствует развитию партнерских отношений между высшей школой и потенциальными потребителями ее выходного продукта.

## О НЕКОТОРЫХ АСПЕКТАХ АКТИВИЗАЦИИ ТВОРЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОБУЧАЕМЫХ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ДОМАШНИХ ЗАДАНИЙ

А.М. Уфимцева

*(ФГБОУ ВПО «Академия гражданской защиты МЧС России»)*

В современной школе обучения все большую актуальность набирает не столько подача готовых знаний, сколько умение добывать их самостоятельно, следствием чего и является повышение творческой активности и заинтересованности обучаемых. Здесь играют роль не только и не столько форма проведения лекционных и практических занятий, а выполнение домашних заданий [1-3]. Домашние задания перестают быть «придатком» учебных занятий, они становятся полноправными участниками образовательного процесса и даже выходят на первый план в отдельных случаях.

Правильная организация самостоятельной работы обучаемых – это важная составляющая образовательного процесса. Подготовка сообщений, докладов, рефератов, презентаций, курсовых работ, выполнение расчетно-графических заданий, самостоятельный подбор литературы по заданной теме – все это способствует развитию самостоятельного мышления, умения принимать решения.

Одним из средств активизации познавательной активности обучающихся является учебно-исследовательская деятельность. Это хорошо иллюстрируют примеры из работы с курсантами АГЗ. Так, курсанты АГЗ: Городищев А, Хмелёв А, Овсянников Е, Игнатьев А под руководством профессора Гомонай М.В., занимались научно-исследовательской деятельностью, что позволило им не только уверенней чувствовать себя в учебном процессе, но и разработать новые темы, представленные на различные конкурсы и занять призовые места.

Усвоить материал – это значит научиться использовать его на практике. «Голые» знания – весьма узкая, чисто научная направленность. В большем объеме нужна прикладная их составляющая.

В чистом виде традиционное обучение сегодня нельзя квалифицировать как прогрессивное, так как в нём доминируют методы, направленные только на усвоение и запоминание определенной учебной программы. Позиция обучаемого в этом случае крайне пассивная, а позиция преподавателя – императивная. Активизация познавательной деятельности обучаемого без развития познавательного интереса не только трудна, но и практически невозможна. Именно поэтому в процессе обучения необходимо систематически пробуждать, развивать, направлять и укреплять познавательный интерес обучаемых. Успешное преподавание немыслимо без стимулирования активности в процессе обучения.

Самостоятельная работа способствует формированию познавательного процесса, творческого отношения к труду. Индивидуальная самостоятельная работа способствует приобретению новых знаний и умений без непосредственного участия в этом процессе наставника-преподавателя. Самые крепкие знания – самостоятельно добытые! Такая работа должна быть систематической, с вполне конкретно поставленной целью, сопровождаемая эффективным непрерывным контролем и оценкой её результатов.

При выполнении домашней работы, обучаемые, в подавляющем большинстве, используют интернет ресурсы, меньше книги и другие источники и при этом происходит простое копирование информации, на основе которого формируются ответы на вопросы домашнего задания. Конечно, опытный преподаватель при проверке такого домашнего задания легко обнаруживает списывание, но произвести адекватную оценку усвоенного материала не может. Как определить личное участие обучаемого в выполненном домашнем задании? Особенно это актуально при заочной и дистанционных формах обучения. За списывание оценки ставить нельзя.

Это приводит к тому, что задания, выбивающиеся из общей массы своей нестандартной формулировкой, вызывают затруднения и недоумения. Т.е. на данный момент преподаватель может просто переформулировать вопрос в аналогичном задании и чаще всего услышать в ответ: «Этого у нас нигде не написано, такого вопрос не было!», что говорит о готовности обучаемых отвечать только на предсказуемые вопросы и решать только шаблонные задачи.

Одним из вариантов, обеспечивающих творческий подход в выполнении домашних заданий, может быть постановка вопросов таким образом, чтобы ответ можно было дать только на основании анализа литературы, технологии по данной теме. Так, было предложено включить в перечень вопросов домашнего задания для магистров АГЗ, вопросы, связанные с проблемами на их предприятиях в разрезе изучаемой дисциплины. Подобный эксперимент был проведен профессором Гомонай М.В. с учебной группой 5410 (квалификация – магистр). Анализ результатов домашнего задания показал, что работы стали более интересны и для преподавателя и для обучаемых, стал виден уровень подготовки каждого обучаемого. При итоговом контроле знаний (зачет, экзамен) в этой группе средний балл оказался выше, по сравнению с аналогичной группой, где домашние задания были организованы в простой дифференцированной форме. При подготовке домашнего задания в этой группе возникало много сопутствующих, творческих вопросов, предложений и замыслов по изучаемой дисциплине. Следует также отметить такую особенность данного способа – для разработки вопросов нестандартного домашнего задания от преподавателя требуется владение не только теоретическими, но и в большей мере практическими знаниями, должна быть хорошая ориентация в производственной деятельности обучаемых, конечно же, подготовка такого домашнего задания требует и больших временных затрат. В настоящее время эксперимент по внедрению нового метода повышения творческой активности обучаемых при выполнении домашних контрольных продолжается в более широкой аудитории (экспериментом охвачено несколько учебных групп).

Таким образом, к основным требованиям, предъявляемым в современных технологиях обучения, относятся, прежде всего, развитие творчества, активизация мыслительной и познавательной деятельности. Никакой интернет, интерактивная доска и прочие инструменты (!) современных технологий не заменят человеческий мозг, научные споры и дискуссии, в которых - рождается истина!

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Развитие субъекта образования: проблемы, подходы, методы исследований. /под редакцией Е.Д. Божович, М.: – 2005 г.
2. Змеев С.И. Технология обучения взрослых. Учебное пособие для студентов высших учебных заведений. М.: - 2002 г.
3. Гузеев В.В. Образовательные технологии XXI века: деятельность, ценности, успех. М.: – 2004г.

# **НАДЕЖНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ**

Сборник материалов VI Всероссийской научно-практической конференции

Иваново, 16 апреля 2015 года

Издается в авторской редакции

Компьютерная верстка: В.В. Киселев

Подписано в печать 02.04.2015 г. Формат 60x84 1/8. Бумага писчая.  
Усл.печ.л. 16,87. Уч.-изд.л. 15,69. Тираж 50 экз. Заказ № 254.

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

Отпечатано в ОАО «Информатика»  
г. Иваново, ул. Ташкентская, 90