

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ИВАНОВСКАЯ ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ  
ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ СЛУЖБЫ  
МИНИСТЕРСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ПО ДЕЛАМ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ, ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ  
И ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ СТИХИЙНЫХ БЕДСТВИЙ»**

## **НАДЕЖНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ**

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ  
VII Всероссийской научно-практической конференции,  
посвященной 50-летию со Дня образования учебного заведения  
и Году пожарной охраны России**

**Иваново, 14 апреля 2016 года**

УДК 614.842

**Надежность и долговечность машин и механизмов:** сборник материалов VII Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 50-летию со Дня образования учебного заведения и Году пожарной охраны России, Иваново, 14 апреля 2016 г. / под общ. ред. В. В. Киселева. – Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2016. – 354 с.

В сборнике представлены материалы выступлений и статьи участников конференции, отражающие результаты научных исследований 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, аспирантов, 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.

**Редакционная коллегия:**

д-р техн. наук В. А. Годлевский  
канд. техн. наук В. В. Киселев  
А. В. Маслов  
Ю. Н. Моисеев  
канд. хим. наук В. В. Волков  
д-р техн. наук В. А. Полетаев  
канд. техн. наук А. В. Топоров  
канд. техн. наук А. А. Покровский  
канд. техн. наук И. А. Легкова  
канд. техн. наук М. А. Колбашов  
канд. техн. наук П. В. Пучков  
С. Г. Казанцев  
канд. филол. наук Ю. В. Шмелева

**Ивановская  
пожарно - спасательная академия  
ГПС МЧС России**

**1966-2016**



**НАДЕЖНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ**  
VII Всероссийская научно-практическая конференция

*Посвящается 50-летию со Дня образования учебного заведения  
(1966 – 2016) и Году пожарной охраны России*

## СОДЕРЖАНИЕ

### РАЗДЕЛ 1. НАДЕЖНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

Абрамов А. В., Винокуров М. В., Самойлов Д. Б., Салихова А. Х., Михалин В. Н. СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ РЕЗЕРВУАРОВ ТИПА РВС ООО «СТАВНЕФТЬ» (Г. СТАВРОПОЛЬ).....	13
Авдонин А. А., Гарелина С. А., Латышенко К. П. АГРЕГАТИРОВАНИЕ АППАРАТОВ ВОЗДУШНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ КОМПРЕССОРНЫХ СТАНЦИЙ ГАЗОПРОВОДОВ ...	16
Арипбаева А. Е., Степанов С. Г. О ЗАВИСИМОСТИ РАЗРЫВНЫХ ВНУТРЕННИХ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ДАВЛЕНИЙ ПОЖАРНЫХ НАПОРНЫХ РУКАВОВ ОТ ПАРАМЕТРОВ ИХ ТКАНЫХ АРМИРУЮЩИХ КАРКАСОВ.....	19
Архангельский К. А., Киселев В. В., Кропотова Н. А. ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ В УСЛОВИЯХ ПОВЫШЕННЫХ ТЕМПЕРАТУР ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ ОГНЕСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ.....	21
Бикметов Р. Р., Бабенков В. И. НАПРАВЛЕНИЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ.....	24
Бойков А. А., Стахеев А. А., Стулов А. Д. ОПЕРАТИВНОЕ ВНЕДРЕНИЕ МОБИЛЬНОГО МОНИТОРИНГА В СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫМИ ОБЪЕКТАМИ.....	25
Веденина Ю. А., Топоров А. В. ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМЫ MOLLE ДЛЯ ПЕРЕНОСКИ ПОЖАРНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ.....	27
Велюханов А. А., Топоров А. В. РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ДЛЯ ЗАМЕНЫ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ ПОЖАРНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ .....	29
Воднев С. А. ОПТИМАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ МЧС РОССИИ.....	30
Ноздрин М. А., Воробьев М. А. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРАНСПОРТИРОВКИ ИЗДЕЛИЯ ПО АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГЕ.....	31
Уфимцев А. Н., Гомонай М. В. РАЗРАБОТКА И ПРИМЕНЕНИЕ МОБИЛЬНОГО АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНОГО МОСТА ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ ДВИЖЕНИЯ НА РАЗРУШЕННЫХ УЧАСТКАХ ДОРОГ .....	33
Гомонай М. В., Беспалова Ю. О. К ВОПРОСУ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ПОЖАРНЫХ РУКАВОВ ПРИ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ В УСЛОВИЯХ ЧС .....	36
Гомонай М. В., Попов И. А. АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ СПАСЕНИЯ ЛЮДЕЙ НА ВОДЕ.....	38



Грешников В. А., Корельский А. Н., Топоров А. В. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ НА СТОЙКОСТЬ БЫСТРОРАЗЪЕМНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПОЖАРНЫХ РУКАВОВ К УДАРНЫМ НАГРУЗКАМ .....	40
Жуков Л. В., Дубинин С. Г. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВОЙ ПОДГОТОВКИ МОТОРНОГО МАСЛА ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ.....	42
Жуков Л. В., Дубинин С. Г. МЕТОДИКА ПОДГОТОВКИ К ПУСКУ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВООРУЖЕНИЯ И ВОЕННОЙ СПЕЦИАЛЬНОЙ ТЕХНИКИ В УСЛОВИЯХ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР.....	45
Иванов К. С., Широухов А. В., Мороз Н. А. ПОКАЗАТЕЛИ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ УЗЛОВ И АГРЕГАТОВ МАШИН .....	49
Казаков Ю. Б., Морозов Н. А., Нестеров С. А. ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ И РАСЧЕТА МАГНИТОЖИДКОСТНЫХ ДЕМПИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ .....	52
Калинин В. А., Топоров А. В. ПРИМЕНЕНИЕ САМОДВИЖУЩИХСЯ ШАССИ ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВКИ ПОЖАРНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ВООРУЖЕНИЯ .....	56
Калинин И. А., Киселев В. В. ОСНОВНЫЕ ПРИЧИНЫ ВЫХОДА ИЗ СТРОЯ ДЕТАЛЕЙ ТОРМОЗНЫХ СИСТЕМ ПОЖАРНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ .....	57
Карев Н. С., Пучков П. В. КОРРОЗИОННОЕ РАЗРУШЕНИЯ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ.....	59
Киселев Б. Р. ЗАДАЧИ СОВРЕМЕННОГО РЕДУКТОРОСТРОЕНИЯ.....	61
Киселев Б. Р. МОДЕРНИЗАЦИЯ И НОВЫЕ КОНСТРУКЦИИ ЧЕРВЯЧНЫХ РЕДУКТОРОВ.....	63
Колобов М. Ю., Сахаров С. Е., Козловский А. Э., Бойцова В. В. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ .....	65
Колобов А. Б., Огурцов Ф. Б. АЛГОРИТМЫ ДИАГНОСТИКИ ДЕФЕКТОВ РОТОРНЫХ МАШИН ПО СПЕКТРАМ ВИБРАЦИИ .....	69
Королева Л. А., Ложкин В. Н., Солодских М. П. О ПЕРСПЕКТИВЕ АВТОНОМНЫХ АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ НА ПЛАВУЧИХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВАХ ...	73
Кушляев В. Ф., Кушляева О. В., Леонов В. А. ОБОСНОВАНИЕ НОРМ НАДЕЖНОСТИ НАВЕСНОГО ГИДРОМАНИПУЛЯТОРА АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ ПОВЫШЕННОЙ ПРОХОДИМОСТИ.....	76
Курганов К. В., Околотин А. А., Сухов В. В., Милосердов Е. П. МЕТОДИКИ И АЛГОРИТМЫ РАСЧЕТА КОНЦЕНТРИРУЮЩИХ СИСТЕМ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ.....	83
Лукиенко Л. В., Гальченко К. В., Волков С. Ю. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВА КРУПНОМОДУЛЬНЫХ ТЯЖЕЛО НАГРУЖЕННЫХ ЗУБЧАТО-РЕЕЧНЫХ ПЕРЕДАЧ .....	86

Лысенко А. А., Иванов В. Е., Пучков П. В. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ДЛЯ ПРИСОЕДИНЕНИЯ ВСАСЫВАЮЩЕГО РУКАВА К ПАТРУБКУ НАСОСА .....	89
Малышев В. А., Красавин А. Е., Ильин Ю. В. ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АВТОМОБИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ МЧС РОССИИ ПРИ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ВООРУЖЁННОГО ГРУЗИНО-ОСЕТИНСКОГО КОНФЛИКТА .....	91
Мальцев А. Н. ВЫБОР АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПОЖАРОТУШЕНИЯ В ТОРГОВЫХ КОМПЛЕКСАХ С УЧЕТОМ ИХ НАДЕЖНОСТИ.....	94
Марченко М. А., Скрипка А. В., Приймак В. В. НЕГАТИВНЫЕ ФАКТОРЫ, ВОЗДЕЙСТВУЮЩИЕ НА НАДЕЖНОСТЬ РАБОТЫ ОСНОВНЫХ АГРЕГАТОВ ПОЖАРНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ, ВОЗНИКАЮЩИЕ ПРИ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ В УСЛОВИЯХ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР.....	97
Мельников Д. И. РЕКОМЕНДУЕМЫЙ КОМПЛЕКТ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ АВТОМОБИЛЕЙ КАМАЗ ДЛЯ РАБОТЫ В УСЛОВИЯХ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР.....	100
Миронов М. В., Колобов М. Ю. ПОВЫШЕНИЕ РЕСУРСА РАБОТЫ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ.....	104
Мугаев К. М., Колобов М. Ю. ПОВЫШЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ СИЛОВЫХ ПЕРЕДАЧ АВТОМОБИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ.....	106
Натареев С. В., Микушкин О. В., Захаров Д. Е. АДСОРБЦИЯ ГАЗОВ В АППАРАТЕ С НЕПОДВИЖНЫМ СЛОЕМ АДСОРБЕНТА .....	108
Натареев С. В., Перов Р. П., Быков А. А. ИОННООБМЕННАЯ АДСОРБЦИЯ В ОДНОКАМЕРНОМ АППАРАТЕ С КИПЯЩИМ СЛОЕМ ИОНИТА .....	112
Наумов В. А., Легкова И. А., Зарубин В. П. О ПРОЧНОСТИ РЕЗЬБОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПОЖАРНОЙ ТЕХНИКИ .....	116
Ноздрин М. А., Осипенко А. А. РАСЧЕТ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ ПРИ АВАРИЙНОМ РЕЖИМЕ РАБОТЫ ИСПЫТАТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ .....	118
Ноздрин М. А., Зарубин З. В., Ильина Е. Э. СТЕНД ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ С ЭФФЕКТОМ ПАМЯТИ ФОРМЫ.....	120
Онешко С. А., Кушляев В. Ф. ПРИМЕНЕНИЕ ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ КРАНОВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ РАБОТ.....	123
Осипов М. В., Киселев В. В. ОСНОВНЫЕ ПРИЧИНЫ ПОЛОМОК ПОЖАРНОЙ ТЕХНИКИ И МЕРЫ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЕЕ НАДЕЖНОСТИ.....	126
Птуха Л. И. РАЗМЕРНЫЙ АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИИ ИЗДЕЛИЯ – РЕЗЕРВ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ПРОЕКТИРОВАНИЯ.....	129

Сараев И. В., Бубнов А. Г., Харламов Р. И., Семенов А. О. СОВРЕМЕННОЕ МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЫБОРА МЕХАНИЗИРОВАННОГО ИНСТРУМЕНТА.....	131
Сараев И. В., Бубнов А. Г., Курочкин В. Ю., Моисеев Ю. Н., Бондарец В. С. К ВОПРОСУ ВЫБОРА СРЕДСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ И ЗРЕНИЯ ПОЖАРНЫХ.....	132
Смирнов М. В., Топоров А. В. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО И ПНЕВМАТИЧЕСКОГО ПРИВОДА ГИДРАВЛИЧЕСКОГО АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНОГО ИНСТРУМЕНТА.....	134
Спиридонова В. Г., Мальцев А. Н. ОСНОВНЫЕ ПРИЧИНЫ ОТКАЗА РАБОТЫ ПОДШИПНИКОВ В УЗЛАХ КОЛЕСНО-МОТОРНЫХ БЛОКОВ ПОЖАРНЫХ ПОЕЗДОВ.....	135
Степанов Е. В., Покровский А. А. МЕРОПРИЯТИЯ ПО УЛУЧШЕНИЮ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ДЕТАЛЕЙ МАШИН.....	138
Судакова Д. А., Сайкин М. С. РАСЧЁТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ МАГНИТОЖИДКОСТНОГО ГЕРМЕТИЗАТОРА ВОЗВРАТНО-ПОСТУПАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ ДЛЯ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ.....	141
Сырбу С. А., Азовцев А. Г., Салихова А. Х. СПОСОБЫ ЗАЩИТЫ ОБОРУДОВАНИЯ С НЕФТЬЮ ОТ КОРРОЗИИ.....	142
Таратин А. О., Топоров А. В. НОСИМОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ СОЗДАНИЯ ВОЗДУШНО-МЕХАНИЧЕСКОЙ ПЕНЫ.....	145
Ульянова Е. А., Зарубин В. П., Легкова И. А., Иванов В. Е. О ВОЗМОЖНОСТИ УВЕЛИЧЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ И ИЗНОСОСТОЙКОСТИ РЕДУКТОРОВ ПОЖАРНОЙ ТЕХНИКИ.....	147
Филатов А. М., Третьякова Н. В. ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ИЗДЕЛИЙ МЕТОДОМ ИОННОГО АЗОТИРОВАНИЯ.....	149
Харламов Р. И., Дудин П. В. ВЛИЯНИЕ ИНГИБИТОРОВ КОРРОЗИИ НА ДЕСТРУКЦИЮ СТАЛИ (ст3) В РАСТВОРАХ ПЕНООБРАЗОВАТЕЛЯ.....	151
Чекан Г. В. ОБЗОР СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ.....	154
Шакарян Л. С., Гомонай М. В., Макурин А. Н. К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ ПОЖАРАХ.....	155
Шалчус Д. В., Покровский А. А., Кичайкин В. В. УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ ПОЖАРНЫХ РУКАВОВ.....	157
Широухов А. В., Мороз Н. А. МЕТОДИКА СИНТЕЗА ОПТИМАЛЬНЫХ СИСТЕМ ЗАЩИТЫ УЗЛОВ И АГРЕГАТОВ ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ ОТ ДИНАМИЧЕСКИХ ПЕРЕГРУЗОК.....	163

## РАЗДЕЛ 2. СМАЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ПРОЦЕССЫ

Бурченков К. С., Новиков В. В., Колбашов М. А. ЭКРАНИРУЮЩЕЕ ДЕЙСТВИЕ СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ТРЕНИИ И РЕЗАНИИ .....	166
Ватлин А. А., Зарубин В. П., Легкова И. А., Иванов В. Е. ПРОБЛЕМЫ ТРЕНИЯ И СМАЗКИ В УЗЛАХ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ.....	169
Вокуев Д. Н., Киселев В. В. ВОЗМОЖНОСТЬ РЕАЛИЗАЦИИ БЕЗЫЗНОСНОГО ТРЕНИЯ В ПОЖАРНОЙ И АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКЕ.....	171
Герасимчук Н. С., Степанова Т. Ю., Шикова Т. Г. ЗАМАСЛИВАЮЩАЯ КОМПОЗИЦИЯ КАК РЕГУЛЯТОР ФРИКЦИОННЫХ СВОЙСТВ ПОЛИПРОПИЛЕНОВЫХ НИТЕЙ ...	174
Годлевский В. А. СПЕЦИФИКА ЭКСПЛУАТАЦИИ УЗЛОВ ТРЕНИЯ МОБИЛЬНЫХ СРЕДСТВ ПОЖАРОТУШЕНИЯ.....	175
Годлевский В. А. ИСТОРИЯ НАУКИ О ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛАХ .....	179
Даровской Г. В., Поляков В. Н., Буракова М. А. РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЯ ФРИКЦИОННЫХ СВОЙСТВ ВЫСОКОТЯГОВЫХ МАСЕЛ.....	182
Егоров С. А., Егорова Е. С., Мухин А. А. МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕНА В УЗЛАХ ТРЕНИЯ .....	184
Калинин И. А., Пучков П. В. ОЦЕНКА КОЭФФИЦИЕНТА ТРЕНИЯ В РЕЗЬБОВЫХ СОЕДИНЕНИЯХ С ПОМОЩЬЮ ТРИБОМЕТРА МАЯТНИКОВОГО ТИПА.....	186
Киселев Б. Р., Мельников А. А., Смирнов Д. В., Аллахвердиев Р. Э. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПАВ НА АНТИФРИКЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ПАРЫ ТРЕНИЯ.....	189
Колбашов М. А., Еловский В. С., Комельков В. А., Сергеев Е. В., Казеев А. С. УВЕЛИЧЕНИЕ ДИСПЕРСНОСТИ И УЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВА ОГНЕТУШАЩЕЙ СРЕДЫ ОРОСИТЕЛЕЙ ТОНКОРАСПЫЛЕННОЙ ВОДЫ ПРИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ СМАЗОЧНО-ОХЛАЖДАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СРЕД.....	192
Колобов А. Б., Огурцов Ф. Б. ДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ СМАЗКИ ПОДШИПНИКОВ НА ОСНОВЕ СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ВИБРАЦИИ .....	197
Лисицын Р. Ю., Новиков В. В., Бурченков К. С., Афанасьева О. В. ТРИБОМЕТР ЛАБОРАТОРНЫЙ ПОСТУПАТЕЛЬНЫЙ ТЕРМОСТАБИЛИЗИРОВАННЫЙ.....	199
Моисеева Е. Ю., Зарубин В. П., Легкова И. А., Иванов В. Е. ВЫБОР СХЕМЫ ТРЕНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТРИБОТЕХНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ .....	202
Репин Д. С., Зарубина Е. В., Ладанов Н. В. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ ПРИСАДОК КАК СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СОТС.....	205

Сухих С. Д., Киселев В. В. ИССЛЕДОВАНИЕ СМАЗОК, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОТКРЫТЫХ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧАХ.....	207
Спиридонова В. Г., Киселев В. В., Никитина С. А. АНАЛИЗ ВИДОВ ИЗНОСА И СПОСОБОВ СНИЖЕНИЯ ИЗНОСА ДЕТАЛЕЙ ПОЖАРНОЙ ТЕХНИКИ.....	210
Терентьев В. В., Аكوпова О. Б., Телегин И. А. УЛУЧШЕНИЕ ТРИБОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЛАСТИЧНЫХ СМАЗОК.....	213
Топорова Е. А., Топоров А. В. ОСОБЕННОСТИ ТРЕНИЯ МЕТАЛЛПОЛИМЕРНЫХ ПАР .....	216
Харламов Р. И., Годлевский В. А. ТРИБОДИАГНОСТИКА ПАР ТРЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ И СПЕКТРАЛЬНЫМИ МЕТОДАМИ.....	218
<b>РАЗДЕЛ 3. ТРИБОЛОГИЯ ПРОЦЕССОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ</b>	
Бекташов Д. А. ПРИМЕНЕНИЕ ПОКРЫТИЙ И ДЕМПФЕРА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ УРОВНЯ НАДЕЖНОСТИ ИНСТРУМЕНТОВ.....	221
Волкова М. Ю. ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ОТРАЖАТЕЛЬНОЙ СПОСОБНОСТИ ПОВЕРХНОСТИ ОТ ОТДЕЛОЧНОЙ ОБРАБОТКИ .....	225
Гвоздев А. А., Козинец М. В. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ФИНИШНОЙ ОПЕРАЦИИ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕОМОДИФИКАТОРОВ ТРЕНИЯ	227
Голяс А. А. ФИНИШНАЯ ОБРАБОТКА ДЕТАЛЕЙ МАШИН МЕТОДОМ АЛМАЗНОГО ВЫГЛАЖИВАНИЯ.....	231
Голяс А. А., Полетаев В. А. УПРОЧНЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ДЕТАЛЕЙ ЭЛЕКТРОНАСОСОВ АЛМАЗНЫМ ВЫГЛАЖИВАНИЕМ .....	234
Еловский В. С., Наумов А. Г., Комельков В. А., Колбашов М. А. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ В ТЕЛЕ РЕЗЦА ПРИ ЛЕЗВИЙНОМ РЕЗАНИИ МЕТАЛЛОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ «ЭФФЕКТА ПЕЛЬТЬЕ» .....	239
Еловский В. С., Наумов А. Г. СПОСОБ УВЕЛИЧЕНИЯ СТОЙКОСТИ БЫСТРОРЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ ПУТЕМ ПРИМЕНЕНИЯ «ЭФФЕКТА ПЕЛЬТЬЕ» .....	242
Калинин И. А., Полетаев В. А., Киселев В. В. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЛМАЗНОГО ВЫГЛАЖИВАНИЯ ДЛЯ УПРОЧНЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ДЕТАЛЕЙ ПОЖАРНОЙ ТЕХНИКИ .....	245
Орлов А. С., Полетаев В. А. ОБРАБОТКА СВЕРЛ ИМПУЛЬСНЫМ МАГНИТНЫМ ПОЛЕМ.....	250
Осадчий Ю. П., Пахотина И. Н., Пахотин Н. Е., Харченко С. С. РОЛЬ СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ В ОБЕСПЕЧЕНИИ НАДЕЖНОСТИ МАШИН.....	253



Шварев Е. А., Васильев Ф. С., Зайцев Д. А. ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ АНАЛИЗА ЭФФЕКТИВНОСТИ АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В ОБЛАСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ..... 254

Шварев Е. А., Миронов А. А., Лебедев М. И. РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ ХРУПКИХ МАТЕРИАЛОВ ..... 256

#### **РАЗДЕЛ 4. СОВРЕМЕННЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ**

Антонов С. Ю., Гарелина С. А., Латышенко К. П., Тимошенко В. В. ПОСТАНОВКА ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО ИЗУЧЕНИЮ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО МАНОМЕТРА «САПФИР-22МТ» И ЭЛЕКТРОКОНТАКТНОГО МАНОМЕТРА ЭКМ-1У ..... 260

Анучин И. А., Бойков А. А., Козлов Е. Г. ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВЕРИФИЦИРУЕМОСТИ ИНЖЕНЕРНО-ГРАФИЧЕСКИХ ЗАДАЧ..... 262

Белорожев О. Н., Комолов И. Н. ПРИМЕНЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРНО-АКТИВИРОВАННОЙ ВОДЫ ПРИ ТУШЕНИИ ПОЖАРОВ НА РАЗЛИЧНЫХ ОБЪЕКТАХ ЭКОНОМИКИ ..... 264

Блинов О. В., Годлевский В. А., Моисеев Ю. Н. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА САПР ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕПЛОВОЙ КАРТИНЫ ПОМЕЩЕНИЯ С ЛОКАЛЬНЫМ ИСТОЧНИКОМ ТЕПЛА ..... 267

Бородулина О. В., Сафина Н. Н., Самсонов Д. А. ВОПРОСЫ ВЫБОРА СРЕДСТВ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ И ФИТНЕСА, ПРИМЕНЯЕМЫХ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ФИЗИЧЕСКАЯ КУЛЬТУРА»..... 271

Буданов Д. С. ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНЫЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ ПРИ ВЫДВИЖЕНИИ НА ЧС В НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ УСЛОВИЯХ НА ТРАНСПОРТНЫХ ОБЪЕКТАХ..... 275

Гарелина С. А., Латышенко К. П., Ефименко Д. С., Кузьмичёва И. А., Смирнова Д. С. АНИМАЦИЯ ПРИ КИНЕМАТИЧЕСКОМ АНАЛИЗЕ ПЛОСКИХ МЕХАНИЗМОВ ..... 278

Гарелина С. А., Латышенко К. П., Попов С. А. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ..... 280

Гарелина С. А., Исаев В. М., Латышенко К. П., Шустиков И. А. ПОСТАНОВКА ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО ИЗУЧЕНИЮ ПЕРВИЧНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ТЕМПЕРАТУРЫ (ТЕРМОРЕЗИСТОРОВ И ТЕРМОПАР) ..... 283

Гордеев Е. С., Казанцев С. Г. ПОДГОТОВКА ПОЖАРНЫХ В УСЛОВИЯХ ОГРАНИЧЕННОЙ ВИДИМОСТИ И НОЧИ ..... 285

Дружинин П. В., Демьянов А. А. НЕОБХОДИМОСТЬ РЕМОНТА МАШИН И АВТОМОБИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ. СИСТЕМА, ВИДЫ И МЕТОДЫ РЕМОНТА. ПОДГОТОВКА СПЕЦИАЛИСТОВ ..... 286

Егоров С. А., Егорова Н. Е. ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕСТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «НАДЕЖНОСТЬ МАШИН».....	291
Егорычева Е. В., Бубнов К. Н. МОДЕЛИРОВАНИЕ ИЗДЕЛИЙ СО СЛОЖНЫМ ВНУТРЕННИМ ФОРМООБРАЗОВАНИЕМ.....	293
Иванов В. Е., Зарубин В. П., Легкова И. А. ВОЗМОЖНОСТИ ПРОГРАММЫ ARCHICAD ПРИ СОЗДАНИИ 3D-МОДЕЛЕЙ ПОТЕНЦИАЛЬНО-ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ.....	294
Иванов В. Е., Зарубин В. П., Легкова И. А., Пучков П. В. ЭЛЕКТРОННОЕ УЧЕБНОЕ ИЗДАНИЕ С ИНТЕРАКТИВНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ.....	297
Ишухина Е. В., Шипилов Р. М. АНАЛИЗ-СИНТЕЗ ДВИЖЕНИЙ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ ПОЖАРНО-ПРИКЛАДНЫМ УПРАЖНЕНИЯМ.....	298
Колобов М. Ю., Демидова Г. Д., Сахаров С. Е., Козловский А. Э., Куваева Е. Ю., Миронов Е. В. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРЕПОДАВАНИИ ГРАФИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН.....	301
Колобов А. Б. РАЗРАБОТКА УЧЕБНОГО ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ПО ВИБРОДИАГНОСТИКЕ.....	303
Кондратьева Ю. С., Булат О. Р. ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЖАРООПАСНЫХ РАБОТ.....	305
Конорев Д. В., Некрасов Д. П. НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ДОЛГА У КУРСАНТОВ ВУЗОВ МЧС РОССИИ.....	308
Копосов В. Н. ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИЙ ИЗДЕЛИЙ В СРЕДЕ CAE/CAD/CAM-СИСТЕМЫ T-FLEX.....	310
Королева М. П., Аксаковская Л. Н. О НЕКОТОРЫХ ПРОБЛЕМАХ ПРЕПОДАВАНИЯ МАТЕМАТИКИ В ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЯХ.....	312
Кропотова Н. А., Покровский А. А. АКТИВИЗАЦИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ.....	314
Кропотова Н. А. ОСУЩЕСТВЛЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ЧЕРЕЗ ЭЛЕКТРОННЫЙ КОНТРОЛЬ ЗНАНИЙ.....	316
Кузьмин А. А., Кузьмина Т. А. АДАПТАЦИЯ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ПОЖАРОВ К ОСОБЕННОСТЯМ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА В ПОЖАРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ВУЗАХ МЧС РОССИИ.....	319
Легкова И. А., Никитина С. А., Зарубин В. П., Иванов В. Е. ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМПЬЮТЕРНОЙ ГРАФИКИ ПРИ ИЗУЧЕНИИ НАЧЕРТАТЕЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ.....	321
Мочалова Т. А. ФОРМИРОВАНИЕ ПОНЯТИЙНОГО АППАРАТА ОБУЧАЮЩИХСЯ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ В ВУЗЕ.....	324

Мочалова Т. А., Сторонкина О. Е., Чеснокова Л. Н., Таратанов Н. А. ЦЕЛИ И ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ АУДИТОРНОЙ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ .....	326
Мочалова Т. А. РОЛЬ ХИМИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ СПЕЦИАЛИСТА ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ.....	328
Орлов П. В., Шалявин Д. Н., Орлов Е. А. РАЗВИТИЕ БЫСТРОТЫ С ПОМОЩЬЮ ФИЗИЧЕСКИХ УПРАЖНЕНИЙ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ПОЖАРНЫХ.....	331
Павлюкова Н. Л. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ ПРИ ПРЕПОДАВАНИИ ДИСЦИПЛИН «МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ» И «ТЕХНОЛОГИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ» .....	333
Потапенко В. В., Таранцев А. А. О ВОЗМОЖНОСТИ ЭКСТРЕННОЙ ДОСТАВКИ ГРУЗОВ И ЭВАКУАЦИИ ПЕРСОНАЛА АВАРИЙНЫХ ОБЪЕКТОВ В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ.....	335
Птуха Л. И. АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ОБУЧАЮЩАЯ СИСТЕМА «СЛУЖЕБНОЕ НАЗНАЧЕНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛИ».....	337
Пучков П. В., Иванов В. Е. РОЛЬ 3D-МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ДИСЦИПЛИНЫ «ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА» .....	338
Роммель И. А., Иванов В. Е. ВОЗМОЖНОСТИ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ ПРИ РЕМОНТЕ ПОЖАРНОЙ ТЕХНИКИ .....	340
Таратанов Н. А., Мочалова Т. А., Сторонкина О. Е. ИНТЕРАКТИВНОЕ ОБУЧЕНИЕ КАК СОВРЕМЕННЫЙ ПОДХОД ТЕХНОЛОГИИ ПРЕПОДАВАНИЯ.....	342
Шалчус Д. В., Покровский А. А. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ.....	345
Шипилов Р. М., Казанцев С. Г. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПОДГОТОВКИ ГАЗОДЫМОЗАЩИТНИКОВ.....	347
Шипилов Р. М., Казанцев С. Г., Ишухина Е. В., Орлов Е. А. СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ ПРОЦЕССА ПРОФЕССИОНАЛЬНО-ПРИКЛАДНОЙ ПОДГОТОВКИ КУРСАНТОВ МЧС РОССИИ .....	350

## РАЗДЕЛ 1 НАДЕЖНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

*А. В. Абрамов, М. В. Винокуров, Д. Б. Самойлов, А. Х. Салихова, В. Н. Михалин*  
(ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России)

### СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ РЕЗЕРВУАРОВ ТИПА РВС ООО «СТАВНЕФТЬ» (Г. СТАВРОПОЛЬ)

Пожарная опасность технологического процесса хранения горючих жидкостей, а именно нефти и нефтепродуктов, достаточно высока, поэтому она требует разработки соответствующих средств и способов обеспечения его пожарной безопасности.

Статистика пожаров в резервуарах показывает, что на частоту их возникновения влияют: функциональное назначение и тип резервуара, вид хранимой жидкости, особенности технологии хранения, время года и пр.

Ниже приведена средняя частота возникновения пожаров в резервуарах:

- пожар в кольцевом зазоре по периметру РВСПК  $4,6 \times 10^{-3}$  1/год;
- пожар по всей поверхности РВСПК  $9,3 \times 10^{-4}$  1/год;
- пожар на дыхательной арматуре РВС  $9,0 \times 10^{-5}$  1/год;
- пожар по всей поверхности РВС  $9,0 \times 10^{-5}$  1/год.

Пожар в резервуаре начинается, как правило, от взрыва-вспышки горючей паровоздушной смеси, находящейся в его газовом пространстве. От взрыва резервуар полностью или частично разрушается и возникает пожар его содержимого. Если концентрация паровоздушной смеси в резервуаре будет выше верхнего концентрационного предела распространения пламени, то пожар может начаться с воспламенения и факельного горения на дыхательной арматуре, открытых люках или других проемах.

Опасность пожара возникает также при выходе горючей паровоздушной смеси через дыхательные патрубки при «большом дыхании» – заполнении резервуаров и загазованности территории резервуарного парка парами нефти и нефтепродуктов.

Для хранения нефти и нефтепродуктов широкое распространение получили стальные вертикальные резервуары типа РВС. Резервуары данного типа относятся «дышащим» аппаратам, вследствие того, что в конструкцию входит дыхательное устройство.

Общее условие образования взрывоопасных конструкций (ВОК) внутри резервуаров (условие опасности) независимо от вида горючего вещества имеет вид:

$$C_{нпр} \leq C_p \leq C_{впр}, \quad (1)$$

где  $C_{нпр}$  и  $C_{впр}$  – соответственно нижний и верхний концентрационные пределы распространения пламени;  $C_p$  – рабочая (действительная) концентрация горючего вещества.

При хранении нефти и нефтепродуктов в резервуарах РВС со стационарной крышей изменяются ее уровень, температура или давление окружающей среды (т.е. это аппарат с подвижным уровнем жидкости), то есть происходит «большое дыхание».

В целях обеспечения пожарной безопасности эксплуатации резервуаров для хранения нефти и нефтепродуктов могут быть применены такие основные способы, как:

1. Ликвидация свободного пространства, что достигается применением плавающих крыш.
2. Снижение количества паров, поступающих в ПВП, что достигается:
  - хранением пожароопасных жидкостей под слоем пены или негорючих эмульсий;
  - применением понтонов.

3. Создание и поддержание взрывобезопасных температурных условий эксплуатации аппаратов.

4. Создание и поддержание безопасной концентрации флегматизатора в смеси.

5. Разбавление ЛВЖ и ГЖ растворимыми в них негорючими или трудногорючими жидкостями с получением негорючих или трудногорючих растворов, для которых при рабочих условиях эксплуатации выполняется условие безопасности [1].

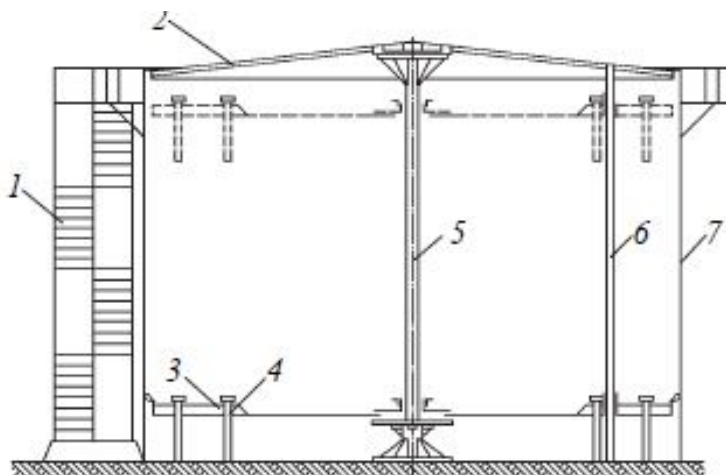
Потери горючего от «больших дыханий» достигают большой величины. За одно наполнение вертикального резервуара вместимостью 1000 м<sup>3</sup> теряется в среднем 4 т бензина. В зависимости от условий (температуры окружающей среды, объема газового пространства в резервуаре и т.д.) концентрация бензина в паровоздушной смеси может достигать более значительных величин - до 1,2 кг в 1 м<sup>3</sup>. Величина потерь нефтепродуктов от «больших дыханий» зависит от количества операций по сливу и наливу и с увеличением их числа может возрасти в три и более раза.

Ущерб, наносимый выбросами паров бензина в атмосферу при его хранении в резервуарах, состоит не только в уменьшении топливных ресурсов и в стоимости теряемых продуктов, но и в отрицательных экологических последствиях. Нефтебазы, хранящие нефтепродукты, по санитарным нормам проектирования промышленных предприятий относятся к первому классу вредности для окружающей среды. В виду этого, санитарно-защитная зона, в зависимости от категории нефтебазы, может составлять от 500 до 1000 м.

Рассмотрим применение одного из способов снижения концентрации паровоздушного пространства, количества выбрасываемых паров нефтепродуктов, а соответственно и повышения уровня пожарной безопасности, применительно к технологическому оборудованию резервуаров для хранения нефтепродуктов на ООО «Ставнефть».

В качестве мероприятий, направленных на обеспечение пожарной безопасности и снижение образования взрывоопасной концентрации, предлагаем внедрение в технологическую установку понтона.

Понтон представляет собой металлическую пространственную конструкцию, по верхней и нижней поверхности которой укрепляется путем склейки и сварки токами высокой чистоты полиамидная пленка, химически стойкая к нефтепродуктам. Уплотняющий затвор устанавливается по окружности понтона, между понтоном и стенкой резервуара, для снижения до минимума площади испарения. Уплотняющие затворы подразделяются на мягкие, выполняются из прорезиненной ткани, пенополиуретана и других материалов, и жесткие, которые состоят из металлических элементов рычажного типа. Схема резервуара с понтоном приведена на рис. 1.



**Рис. 1.** Схема резервуара с понтоном (РВСП):  
1 – маршевая лестница; 2 – крыша; 3 – понтон;  
4 – опорные стойки; 5 – центральная стойка;  
6 – направляющая; 7 – корпус

Понтоны могут быть выполнены из различных материалов и различных конструкций. Изучив весь ассортимент понтонов по критериям степени защиты, надежности эксплуатации, возможности размещения в эксплуатируемых резервуарах, соответствия климатическим условиям, нами были выбраны алюминиевые понтоны.



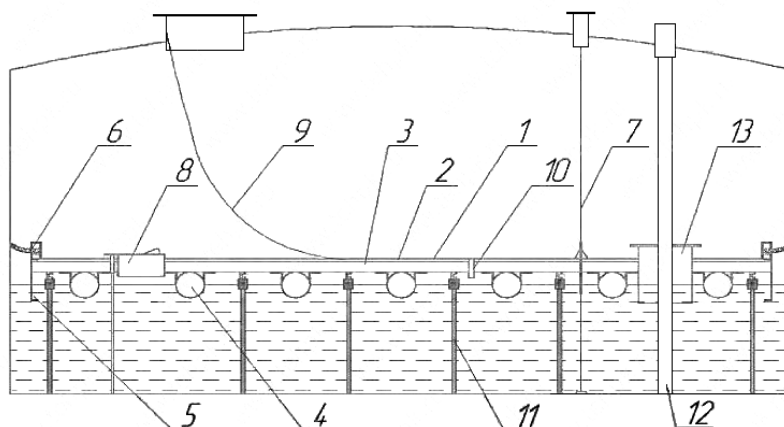
Преимущества использования алюминиевых понтонов для резервуаров РВС:

- экономический эффект — сокращение потерь нефтепродуктов от испарения (снижение потерь может достигать 95-98%);
- уменьшение загрязнения окружающей среды — понтоны уменьшают площадь испарения и выброс паров нефтепродуктов в атмосферу;
- алюминиевые понтоны предотвращают образование наружной пожаровзрывоопасной зоны у резервуара;
- не требуется антикоррозионная защита понтона;
- монтаж понтона возможен в резервуарах типа РВС и ЖБР, как во вновь строящихся, так и выведенных в ремонт;

Поверхность понтона (настил) собирается из листов алюминия, соединенных с помощью системы балок, которая не только обеспечивает герметичность соединений, но и создает совместно с поплавками необходимую жесткость всей конструкции (рис. 2) [2].

В работе были проведены расчеты факторов пожарной опасности хранения нефтепродуктов до и после установки понтона в резервуар [3]. Результаты расчетов размеров зон и нормативные значения предельно допустимых значений избыточного давления приведены в табл. 1.

Таким образом, результаты расчетов показывают, что применение понтона в РВС позволяет снизить типичные предельно допустимые значения избыточного давления с точки зрения повреждения зданий [4].



**Рис. 2.** Чертеж понтона алюминиевого:

- 1 - настил; 2 - верхняя балка; 3 - нижняя балка; 4 - поплавок;  
5 - периферийная юбка; 6 - уплотняющий затвор;  
7 - противоповоротное устройство; 8 - люк-лаз; 9 - кабель заземления; 10 - дренаж; 11 - плавающая стойка или стационарная опора; 12 - направляющая; 13 - затвор направляющей

**Таблица 1. Типичные предельно допустимые значения избыточного давления с точки зрения повреждения зданий**

Степень поражения	Типичные предельно допустимые значения избыточного давления	Радиус зоны, м	
		РВС-1000, без понтона	РВС-1000, оборудованный понтоном
Полное разрушение зданий	100	28	13
50%-ое разрушение зданий	53	40	18
Средние повреждения зданий	28	55,5	27
Умеренные повреждения зданий (повреждение внутренних перегородок, рам, дверей и т.п.)	12	100	48
Нижний порог повреждения человека волной давления	5	200	100
Малые повреждения (разбита часть остекления)	3	310	150

## ЛИТЕРАТУРА

1. Пожарная безопасность технологических процессов: учебник / С. А. Швырков и др.; под общ. ред. С. А. Швыркова. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2012. – 388 с.
2. <http://www.tehnorvs.ru>.
3. ГОСТ 12.3.047-2012. «Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля»;
4. Галеев В.Б. «Эксплуатация стальных вертикальных резервуаров в сложных условиях» / В.Б. Галеев – М.: Недра, 1981. – 148 с.

*А. А. Авдонин, С. А. Гарелина, К. П. Латышенко*

(ФГБОУ ВО «Московский государственный машиностроительный университет (МАМИ)»,  
ФГБОУ ВО «Академия гражданской защиты МЧС России»)

### **АГРЕГАТИРОВАНИЕ АППАРАТОВ ВОЗДУШНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ КОМПРЕССОРНЫХ СТАНЦИЙ ГАЗОПРОВОДОВ**

Многолетний опыт ОАО «Газпром» по эксплуатации аппаратов воздушного охлаждения газа (АВОГ) магистральных газопроводов (МГ) и современная экономическая ситуация позволяет сформулировать требования к ним следующим образом:

- достоверные технические характеристики;
- низкие эксплуатационные затраты;
- высокая надёжность;
- удобство монтажа и ремонта;
- короткие сроки поставки.

Анализ технического состояния АВОГ, уже отработавших 30 – 40 лет, даёт объективную информацию производителям АВОГ по конструкциям и технологиям, которые обеспечивают высокую надёжность оборудования в течение длительного времени эксплуатации и удобство при проведении монтажных и ремонтных работ.

Исследования тепловых и энергетических характеристик АВОГ поставки 70 – 80-х годов XX века выявили несоответствие паспортного и фактического теплосъёма аппаратов, а также избыточную мощность установленных электродвигателей. Последующие стендовые испытания каждого из элементов АВОГ позволили обнаружить причины такого несоответствия паспортных характеристик фактическим характеристикам и внести коррективы в их расчёт. В результате реализации такого системного подхода в настоящее время характеристики АВОГ уже при проектировании определяются с погрешностью не более 2 %. В частности, при моделировании учитывается влияние скорости ветра и частичной рециркуляции теплого воздуха. Это стало возможным благодаря активному использованию достижений теплофизики, аэродинамики и математики ещё советской школы, которые реализованы уже современными российскими специалистами на вычислительной базе последнего поколения.

Современные комплексы моделирования АВОГ позволяют создать лёгкие и энергоэффективные конструкции. Активное использование композиционных материалов при изготовлении диффузоров и рабочих колес, а также переход на многовентиляторную схему с подвесными электродвигателями значительно снизил потребляемую электрическую мощность электродвигателей, вес конструкции и затраты на ремонт и замену вентиляторных блоков. Испытания, проведённые в июне 2014 г., показали, что АВОГ нового поколения требуют при работе в 4,5 раза меньше количества электроэнергии на привод вентиляторов – 18 кВт вместо 82 кВт (рис. 1).



а)

б)

**Рис. 1.** АВОГ нового (а) и старого (б) поколений:  
а) АВГ-МГ мощностью 18 кВт; б) 2АВГ-75 мощностью 82 кВт

В последнее десятилетие стала возможной поставка АВОГ на МГ с заводо-производителей крупными монтажными блоками, при этом использование в процессе производства высокоточных ступеней обеспечивает взаимозаменяемость отдельных блоков АВОГ. Эти факторы позволяют максимально сократить сроки монтажа.

В соответствии с СТО Газпром [1 – 3] аппараты воздушного охлаждения газа горизонтального типа МГ (АВГ МГ) объединяет общность конструктивных решений и расчётных показателей. По ТУ параметры АВО могут изменяться в широком диапазоне основных параметров [4]. Соответственно этому разработана широкая номенклатура тепловых характеристик АВО.

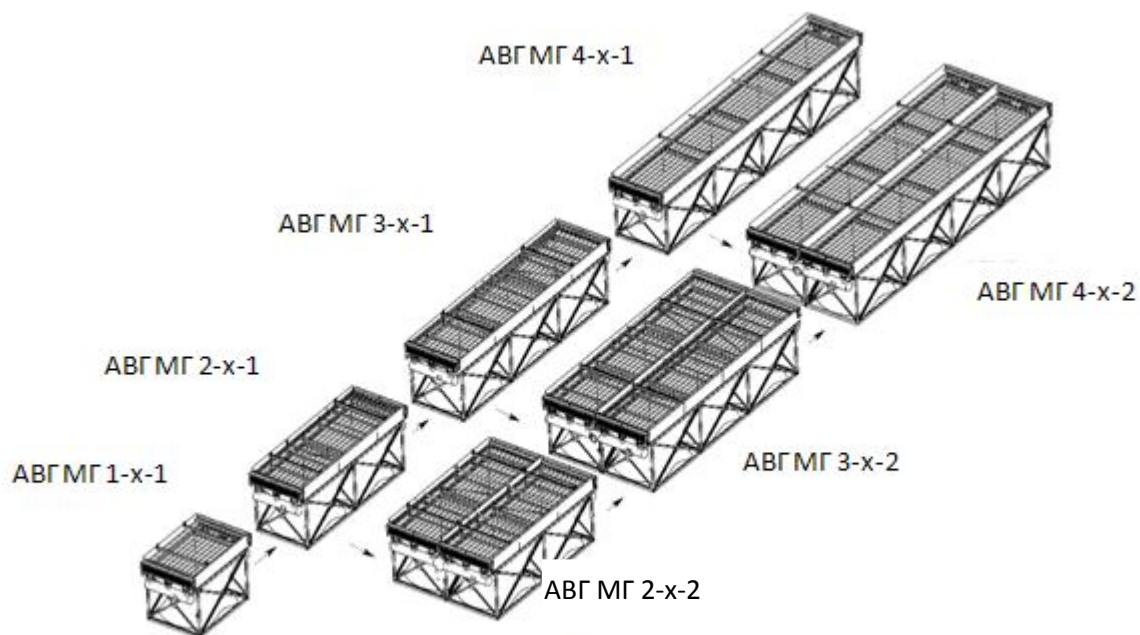
Использование принципа агрегатирования позволяет применять АВО, наиболее полно удовлетворяющий требованиям технологии (рис. 2).

Все элементы современных АВОГ перед отгрузкой на стройплощадку тщательно испытывают в заводских условиях: проводят испытания вентиляторов с учётом реальной компоновки АВОГ на компрессорной станции (КС), вибрационный анализ элементов каркаса, многоцикловое нагружение теплообменных секций под давлением, диагностики качества оребрения теплообменных труб и сварных швов. Таким образом, современный АВОГ, выходящий из ворот предприятия-производителя, удовлетворяет всем современным техническим и технологическим нормам. Необходимо также отметить, что на сегодняшний день по техническому уровню отечественные АВОГ значительно опережают АВОГ иностранных производств.

ООО «НПК»ОйлГазМаш» совместно с ЗАО «Гидроаэроцентр» разработал конструкторскую документацию технологического модуля установки охлаждения газа, которые komponуют в более крупные структурные образования. Основой модуля является АВОГ с ячейкой 3x4 м, что обусловлено геометрическими размерами диффузора [5].

Использование технологических модулей позволяет находить оптимальные технические решения.

Использование модульности позволяет применять АВОГ, наиболее полно удовлетворяющий требованиям технологии. Например, для объекта «Техническое перевооружение Московского УПХГ» были использованы четыре АВГ-120МГ/2-13-1-М УХЛ1 ТУ 3612-001-75267471–2008, а по проекту «Расширение ЕСГ для подачи газа в газопровод «Южный поток» КС «Казачья», где оптимальный вариант основывался на ограниченном количестве АВОГ, были использованы пять АВГ-120МГ/4-15-2-С/М УХЛ1 ТУ3612-001-75267471–2008 на один газоперекачивающий агрегат (ГПА).



**Рис. 2.** Принцип агрегатирования конструкций АВОГ

Вместе с тем у служб эксплуатации при начале работы на новых АВОГ после пуска КС появляется целый ряд обоснованных претензий уже не к работе конкретного АВОГ, а к установке охлаждения газа в целом и формулируются следующим так:

- отсутствие точных тепловых характеристик смонтированных установок;
- высокий перепад давления газа;
- отсутствие полного комплекта приборов, позволяющих определить текущее состояние оборудования;
- повышенная вибрация каркаса на ряде режимов;
- неопределённость механизма промывки теплообменных секций;
- неопределённость параметров совместной работы АВОГ, ГПА и запорно-регулирующей арматуры (ЗРА) на переходных режимах и после аварийного отключения АВОГ;
- отсутствие однозначных алгоритмов управления АВОГ с рециркуляцией.

Эти проблемы можно предупредить, если увеличить глубину и широту проработки установки охлаждения газа на стадии её создания. Для этого необходимо разрабатывать не отдельный АВОГ, а сразу технологический модуль охлаждения и увязать различные компоненты модуля – ЗРА, обвязку, фундаменты, систему измерений и регулирования – с реальными режимами работы во всем диапазоне внешних условий. Этот процесс должен включать в себя более широкий, чем обычно, спектр заводских испытаний и обязательные пусконаладочные испытания с точным определением базовых характеристик модуля на каждой конкретной КС.

## ЛИТЕРАТУРА

1. СТО Газпром 2-3.5-510–2010 «Установки и аппараты воздушного охлаждения газа. Технические требования».
2. СТО Газпром 2-3.5-253–2008 «Контроль качества оборудования при поставке и эксплуатации. Агрегаты газоперекачивающие с газотурбинным приводом. Аппараты воздушного охлаждения газа».

3. СТО Газпром 2-3.5-230–2008 «Типовые технические требования к устройствам подготовки газа на компрессорных станциях».

4. Аппараты воздушного охлаждения горизонтального типа АВГ МГ. Технические условия ТУ 3612-001-75267471–2008.

5. Колеса вентиляторов, диффузоры, коллекторы и уплотнители типа ГАЦ. Технические условия ТУ3612-001-18193100–2005.

*А. Е. Арипбаева, С. Г. Степанов*

(Южно-Казахстанский государственный университет им. М.О. Ауэзова,  
ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет»)

### **О ЗАВИСИМОСТИ РАЗРЫВНЫХ ВНУТРЕННИХ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ДАВЛЕНИЙ ПОЖАРНЫХ НАПОРНЫХ РУКАВОВ ОТ ПАРАМЕТРОВ ИХ ТКАНЫХ АРМИ- РУЮЩИХ КАРКАСОВ**

Одним из основных видов пожарного оборудования являются пожарные напорные рукава, представляющие собой гибкие трубопроводы, применяемые для подачи воды и водных растворов пенообразователей с водородным показателем  $pH = 7 \div 10$  на расстояние под давлением. От их исправного состояния во многом зависит боеспособность пожарной части, а, следовательно, и успешное тушение пожаров. Пожарные напорные рукава относятся к дорогостоящему пожарному оборудованию - амортизационные расходы по эксплуатации рукавного хозяйства в большинстве случаев превышают затраты на все другие виды пожарного оборудования.

Согласно ГОСТ Р 51049-97 напорные пожарные рукава изготавливают прорезиненными, покрытыми только внутри слоем резины, привулканизированной к ткани рукава, так и с двухсторонним покрытием, когда слоем резины пожарный рукав покрыт как снаружи, так и внутри, а также латексированными, покрытыми внутри и снаружи, слоем латекса. При пожаротушении используются также непрорезиненные напорные пожарные рукава, изготовленные по ГОСТ 472-75 из льняной и оческовой пряжи.

Основным несущим элементом пожарного напорного рукава является армирующий каркас, представляющий собой тканую несущую оболочку. Тканая несущая оболочка (тканый армирующий каркас) полностью воспринимает усилия, обусловленные наличием давления жидкости внутри пожарного рукава, если речь идет о непрорезиненных напорных пожарных рукавах, и в подавляющей степени, в случае прорезиненных, латексированных и с двухсторонним покрытием напорных пожарных рукавов.

Анализ структуры тканых армирующих каркасов напорных пожарных рукавов показал, что все они состоят из однослойных тканей полотняного переплетения. При этом по длине пожарного рукава располагаются основные нити, которые взаимно переплетены с уточными нитями, проложенными по его окружности.

По своей структуре пожарные напорные рукава являются текстильными изделиями технического назначения, а такие их виды как прорезиненные, латексированные и с двухсторонним покрытием могут быть отнесены к композиционным материалам. Расчет на прочность пожарных рукавов сводится в основном к расчету на прочность их тканого армирующего каркаса. Важной характеристикой прочности напорных пожарных рукавов при действии внутреннего гидравлического давления находящейся в нем жидкости для пожаротушения является разрывное давление, при котором пожарный рукав разрушается. Величины разрывных давлений на все виды напорных пожарных рукавов, выпускаемых и используемых для целей пожаротушения в Российской Федерации, регламентируются ГОСТ Р 51049-97.



Разработке теории по прочностному расчету напорных пожарных рукавов при гидравлическом воздействии посвящены работы [1], [2]. Однако авторами работ при разработке теоретических положений не учтены такие параметры взаимодействия нитей в тканом армирующем каркасе рукава, как экспериментально найденные величины коэффициентов вертикального смятия нитей, реальные длины зон контакта между нитями, реальные формы деформированных осей нитей и др. Нами разработаны теоретические положения по прочностному расчету напорных пожарных рукавов с учетом перечисленных параметров, которые, как было показано, оказывают существенное влияние на прочность рукава, и поэтому учет их необходим. На основе полученной формулы для расчета на прочность напорных пожарных рукавов при действии внутреннего гидравлического давления исследована зависимость разрывного давления в латексированных напорных пожарных рукавах разных диаметров производства НПО «БЕРЕГ» (Российская Федерация), рассчитанных на рабочее давление 1,6 МПа, от таких параметров их тканого армирующего каркаса, как геометрические плотности по основе и утку, разрывное усилие уточных нитей, радиус рукава, коэффициенты вертикального смятия нитей основы и утка, диаметры нитей основы и утка, коэффициенты, характеризующие длины зон контакта между нитями в долях диаметров нитей основы и утка.

В результате исследования установлено следующее:

1) разрывное давление пожарного напорного рукава (то есть его прочность при гидравлическом воздействии) существенно зависит от геометрических плотностей по основе и утку ткани армирующего каркаса; при увеличении (уменьшении) геометрических плотностей расчетное разрывное давление пожарного рукава падает (возрастает);

2) разрывное давление пожарного рукава прямо пропорционально разрывному усилию уточных нитей и обратно пропорционально радиусу пожарного рукава при постоянстве всех других его параметров; зависимость разрывного давления от разрывного усилия уточных нитей и радиуса рукава существенна;

3) с увеличением вертикального смятия нитей ткани армирующего каркаса пожарного напорного рукава (при этом коэффициент вертикального смятия нитей будет уменьшаться) разрывное давление возрастает; однако влияние коэффициентов вертикального смятия нитей ткани армирующего каркаса пожарного рукава на величину разрывного давления менее существенное, чем влияние геометрических плотностей по основе и утку и усилия разрыва уточных нитей;

4) с увеличением диаметров нитей основы и утка ткани армирующего каркаса пожарного рукава разрывное давление возрастает; при этом возрастание величины разрывного давления с увеличением диаметра нити основы носит более интенсивный характер, чем в случае увеличения диаметра утка;

5) разрывное давление существенно возрастает с увеличением длин зон контакта между нитями в ткани армирующего каркаса напорного пожарного рукава, что указывает на необходимость учета этих параметров при прочностном расчете пожарных напорных рукавов при гидравлическом воздействии.

Представленные результаты исследования зависимости разрывного внутреннего гидравлического давления пожарных напорных рукавов от ряда параметров их тканого армирующего каркаса важно учитывать при проектировании новых видов этих текстильных изделий.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Моторин, Л.В. Математическая модель для прочностного расчета напорных пожарных рукавов при гидравлическом воздействии [Текст]/ Л.В. Моторин, О. С. Степанов, Е.В. Братолобова // Изв. вузов. Технология текст. пром-сти. – 2010. – №8 – С. 103–109.

2. Моторин, Л.В. Упрощенная математическая модель для прочностного расчета напорных пожарных рукавов при гидравлическом воздействии [Текст]/ Л.В. Моторин, О. С. Степанов, Е.В. Братолобова // Изв. вузов. Технология текст. пром-сти. -2011.-№.1.-С.126-133.

*К. А. Архангельский, В. В. Киселев, Н. А. Кропотова*  
(ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»)

## **ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ В УСЛОВИЯХ ПОВЫШЕННЫХ ТЕМПЕРАТУР ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ ОГНЕ- СТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ**

Область применения различных способов огнезащиты определяют с учетом требуемого предела огнестойкости металлических деталей, их типа и ориентации в пространстве, вида нагрузки, действующей на детали и конструкции (статическая, динамическая), температурно-влажностного режима эксплуатации и производства работ по огнезащите (сухие, мокрые процессы), степени агрессивности окружающей среды и др.

Огнезащита должна обеспечить высокую сопротивляемость детали действию огня и высоких температур, иметь низкую теплопроводность и достаточную адгезию к металлу. Она должна быть долговечной, иметь низкую стоимость, технология нанесения должна быть доступной.

При пожарах могут возникать температуры порядка 800 °С. Из литературных источников известно, что температуры порядка 600 °С приводят к снижению прочности металлических деталей и конструкций приблизительно в 3 раза.

Металлы обладают сильной чувствительностью к высоким температурам и к действию огня. Хотя металл и не горит, однако он быстро нагревается, плавится, понижаются его прочностные свойства. Одним из способов огнезащиты металлических конструкций, получивших широкое применение за последнее десятилетие, является нанесение огнезащитных тонкослойных вспучивающихся красок.

В данной работе приводятся результаты исследований огнестойкости металлоконструкций, обработанных разработанным огнестойким покрытием. Технология приготовления покрытия достаточно проста. В состав подготовительных работ при нанесении фосфатного покрытия на металлоконструкции входят:

- подготовка поверхности,
- подготовка и дозирование сыпучих компонентов покрытия,
- разведение жидкого стекла до требуемой плотности.

Поверхность должна быть очищена от продуктов металлических конструктивных элементов, окалины, жировых пятен, остатков флюсов и шлаков, графа, образующихся при разбрызгивании металла во время сварки.

Асбест и антипирен взвешиваются на весовых дозаторах с погрешностью 1% по массе и перемешиваются в смесителе периодического действия. Время перемешивания не менее 5 мин. Жидкое стекло разбавляется горячей водой с температурой не более 80 °С при постоянном перемешивании в течение 3 мин до плотности = 1,2 г/см<sup>3</sup>. Допускается разбавлять жидкое стекло холодной водой (20 °С) при условии увеличения времени перемешивания до 10 мин. Разбавленное жидкое стекло фильтруется через сито № 05 (ГОСТ 3584-73\*). Сухая смесь и жидкое стекло загружаются в соответствующие емкости установки аэродинамического действия для нанесения покрытия.

Состав наносился на стальные образцы, огрунтованные железным суриком по ГОСТ 8135-74\* или грунтами типа ГФ по ГОСТ 12707-77 в соответствии с требованиями СНиП по проектированию защиты стальных конструкций от коррозии. Поверхность конструкции смачивается жидким стеклом плотностью = 1,2 г/см<sup>3</sup>, после чего наносится состав (сухая смесь и жидкое стекло) необходимой толщины напылением за один раз. При нанесении состава покрытия температура окружающего воздуха должна быть не ниже 5 °С, влажность воздуха - не выше 75%; кроме того, в условиях строительной площадки конструкции должны быть

защищены от атмосферных осадков. Сушка покрытия должна осуществляться в естественных условиях при температуре не ниже 5 °С и влажности не выше 75% в течение не менее 48 ч. Допускается сушка при температуре 80-100 °С в течение не менее 5 ч.

Для проведения экспериментальной части работы использовалось стандартное лабораторное оборудование – высокотемпературные электрические печи и машина для испытания материалов на растяжение (рис. 1.). Для проведения испытаний было отобрано несколько образцов конструкционных материалов. Первый образец – эталонный, был испытан на разрывной машине Р-5.



Рис. 1. Лабораторное оборудование

Предел прочности стали составил 714,3 МПа. Другие образцы были подвергнуты нагреву в муфельной печи до различных температур в интервале времени от 15 до 40 минут.

Так, об условиях, исходя из которых следует определять дислокацию подразделений пожарной охраны на территориях поселений и городских округов, - время прибытия первого подразделения к месту вызова не должно превышать 10 минут в городских поселениях, городских округах. Время оперативного развертывания, которое принимается от 6 до 8 мин. При самых оптимистичных прогнозах, пожарная команда приступит к тушению пожара, охлаждению металлоконструкций через 16 минут.

После нагрева одну заготовку погружали в воду для мгновенного охлаждения. Другую заготовку прошедшую нагрев оставили остывать на воздухе. После остывания, обе детали подверглись проверке на разрывной машине.

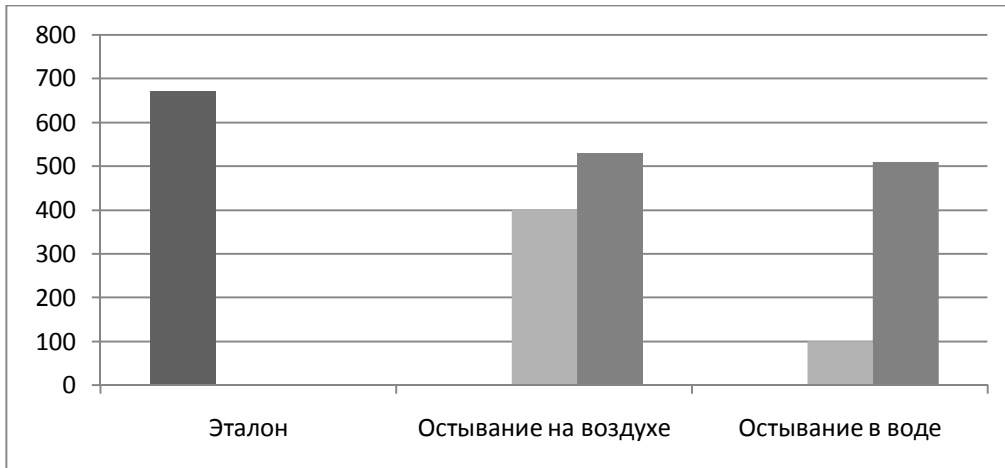
Проведенные исследования показали, что механические свойства стали при нагревании ее до температуры 200...250 °С практически не меняются. При температуре 250...300 °С прочность стали несколько повышается, пластичность снижается. Сталь в изломе имеет крупнозернистое строение и становится более хрупкой (синеломкость). Не следует при этой температуре деформировать сталь или подвергать ее ударным воздействиям.

Нагрев выше 400 °С приводит к резкому падению предела текучести и временного сопротивления, а при  $t = 600...650$  °С наступает температурная пластичность и сталь теряет свою несущую способность.

Огнезащита несущих металлических конструкций является одной из важнейших задач в области обеспечения пожарной безопасности объектов. Применяемые для огнезащиты обычные (не вспучивающиеся) материалы, как правило, занимают дополнительный объем и увеличивают за счет собственной массы нагрузку на защищаемую конструкцию.

Кроме того, средства огнезащиты должны не только обеспечивать защиту конструкции от внешнего огневого воздействия, но и обладать адгезией к подложке материала конструкции, долговечностью в нормальных условиях эксплуатации, технологичностью при изготовлении и нанесении на защищаемую конструкцию. Этим требованиям соответствуют вспучивающиеся огнезащитные составы, огнезащитный эффект которых основан на образовании при тепловом воздействии пористой массы с низкой теплопроводностью, которая препятствует притоку тепла к защищаемой поверхности. Эксперименты показали, что для металлических конструкций критическое значение температуры  $t_{кр}$ , при котором ослабляются прочностные характеристики стали, равно 650 °С, причем продолжительность нагрева имеет определенное значения. Было выявлено, что прочностные параметры металлоконструкций при большем времени нагрева снижаются на 10 – 15 %.

В ходе испытаний также было установлено, что образцы, остывавшие на воздухе имели остаточную прочность порядка 400 МПа, что в 1,7 раза отличалось от эталонного. Образцы охлажденные водой разупрочнились в 5,6 раза, получив остаточную прочность около 100 МПа (рис. 2.) Что же касается экспериментальных образцов с нанесенным огнестойким покрытием, то можем заметить, что остаточная прочность снизилась не значительно – до 1,3 раза.



**Рис. 2.** Снижение прочности стали под воздействием высоких температур

В качестве вывода следует отметить тот факт, что свойства материалов сильно зависят от температуры. До температуры 300 °С временное сопротивление  $\sigma_b$  повышается (на 20 – 30%), а при дальнейшем повышении температуры резко снижается.

Величина предела текучести  $\sigma_T$  и предела пропорциональности  $\sigma_n$  с повышением температуры уменьшается. При температуре 400 °С предел текучести составляет 60 – 70 % его величины при комнатной температуре. С повышением температуры длина площадки текучести сокращается и при температуре около 400° площадка вовсе исчезает. Пластические свойства (относительное остаточное удлинение при разрыве  $\delta$  и сужение площади поперечного сечения  $\psi$ ) с повышением температуры до 300 °С снижаются, а при дальнейшем ее повышении увеличиваются.

Механические свойства материалов зависят от продолжительности испытания. При некоторых температурах (например, для малоуглеродистой стали при температуре выше 800 °С) испытуемый образец может быть разрушен при напряжении меньшем, чем предел пропорциональности, соответствующий комнатной температуре, если это напряжение будет действовать достаточно продолжительное время.

Детали и конструкции, предназначенные для работы при высоких температурах, следует изготавливать из специальных теплоустойчивых (жаропрочных) и жаростойких сталей, содержащих примеси специальных легирующих элементов или на потенциально опасных объектах несущие элементы металлоконструкций необходимо покрывать специальными огнезащитными составами. Результаты лабораторных испытаний разработанного огнестойкого покрытия показали эффективность его применения в лабораторных условиях.

## 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. ГОСТ 30247.0-94. Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Общие требования.
3. Яковлев А.И. Расчет огнестойкости строительных конструкций. – М.: Стройиздат, 1988. – 143 с.

*Р. Р. Бикметов, В. И. Бабенков*  
(ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России»)

## **НАПРАВЛЕНИЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ**

Для предупреждения чрезвычайных ситуаций (ЧС) техногенного характера проводится комплекс мероприятий организационного, технического, правового характера, направленных на недопущение аварий и катастроф, прежде всего на потенциально опасных объектах и на транспорте.

Основные мероприятия по предупреждению аварий и катастроф на потенциально опасных объектах хозяйствования:

- размещение опасных объектов на безопасном удалении от жилой застройки и других объектов;
- разработка, производство и применение надежных, безопасных промышленных установок;
- внедрение автоматических, автоматизированных систем контроля безопасности производства;
- повышение надежности самих систем контроля;
- своевременная смена устаревшего оборудования;
- своевременное обслуживание техники и оборудования;
- соблюдение обслуживающим персоналом правил эксплуатации оборудования;
- совершенствование пожарной защиты и контроль системы пожарной безопасности;
- снижение опасных веществ на объектах до необходимого количества;
- соблюдение правил безопасности при транспортировке опасных веществ;
- использование результатов прогнозирования ЧС для совершенствования систем безопасности.

Для предупреждения пожаров проводятся профилактические организационные, технические, режимные и эксплуатационные мероприятия, при реализации которых используются специализированная техника, пожарно-технические и материальные средства, в том числе защитная экипировка, входящие в состав материально-технического обеспечения (МТО) подразделений МЧС. Однако в настоящее время в системе МТО постоянно происходят кардинальные изменения. Меняются федеральные законы о закупках товаров и услуг для государственных нужд, положения о бюджетном учете, имущество передается из федеральной собственности в собственность субъектов Российской Федерации и наоборот. Меняется структура обеспечения федеральной составляющей МЧС России и субъектов, создаются дополнительные и дублирующие тыловые структуры.

Это вызывает необходимость развития существующего научно-методического аппарата для повышения эффективности МТО подразделений МЧС на основе системного, программно-целевого и логистического подхода, основными направлениями которого являются:

- оптимизация структуры и функций системы и органов МТО пожарно-спасательных подразделений;
- обоснование рационального размещения и надежного исполнения государственных заказов пожарно-технического направления;
- оптимальное управление запасами и распределением ресурсов материально-технических средств;
- рациональная организация поставок, транспортировки и хранения материальных средств.



Таким образом, поскольку полностью предотвратить возможность техногенных катастроф невозможно, а на ликвидацию их последствий требуются значительные финансовые и материальные ресурсы, то необходимо повысить эффективность материально-технического обеспечения мероприятий по снижению вероятности их возникновения, своевременной локализации и организации помощи пострадавшим и населению в зоне бедствия.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Бабенков В.И., Бабенков А.В.* Задачи и направления совершенствования интегрированной системы материально-технического обеспечения с применением современных логистических концепций [Текст] / Электронный научный журнал «Вооружение и экономика», № 3(28), 2014. - М: Издание РАН - <http://www.viek.ru>.

2. *Бабенков В.И.* Направления развития интегрированной системы материально-технического обеспечения МЧС России и других федеральных органов исполнительной власти. - СПб.:СПбУГПС МЧС России// Экономика МЧС России (Управление. Инновации. Ресурсы) №1 СПб., 2014.

3. Катастрофы конца XX века / Под общ. ред. д-ра техн. наук В. А. Владимирова. Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий.— М.: УРСС, 1998. - 400 с.

*А. А. Бойков, А. А. Стахеев, А. Д. Стулов*  
(ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет  
имени В.И. Ленина»)

## **ОПЕРАТИВНОЕ ВНЕДРЕНИЕ МОБИЛЬНОГО МОНИТОРИНГА В СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫМИ ОБЪЕКТАМИ**

В настоящее время управление промышленными объектами (станциями, подстанциями и др.) осуществляется посредством автоматизированных и компьютеризированных систем управления (СУ). За пультом управления (ПУ) всегда находится диспетчер, сообщающий руководителю обо всех нарушениях и изменениях. Кроме того, многие объекты управления (ОУ) оснащены автоматической системой оповещения: на телефонный номер начальника станции приходит SMS-уведомление об изменении параметров работы объекта. Тем не менее, показанный способ оповещения руководства о состоянии объекта управления не является достаточно оперативным (в случае звонка диспетчера) или полным (в случае уведомления). Актуально создание системы, которая обеспечивала бы возможность мгновенного представления информации об ОУ по первому требованию руководителя.

Развитие мобильных систем привело к созданию портативных компьютеров относительно высокой мощности и производительности — смартфоны, планшеты — которые все чаще используются для оперативного контроля в самых разных областях человеческой жизнедеятельности. Современное мобильное устройство обладает достаточно мощной аппаратной частью для отображения двухмерной и трехмерной графики, доступа в интернет, т. е. потенциально может использоваться в качестве устройства слежения за состоянием ОУ. Когда СУ не имеет в своем составе API мониторинга, внедрение собственных блоков, будь то аналоговые контроллеры или программные модули анализа, почти всегда означает временный останов для подключения системы мониторинга, что также неприемлемо.



Модуль распознавания изображений имеет простую организацию:

1) блок нормализации при обработке фотографий с камеры выполняет известное перспективное преобразование (должно быть обеспечено достаточное оптическое разрешение) и настройку цветового баланса. На выходе из блока получается плоское изображение панели управления;

2) блок формирования пакета выполняет распознавание текстовых и числовых полей, — задача в этом случае тривиальная.

Настройка распознающего модуля выполняется перед началом мониторинга и включает в себя: 1) взятие первого кадра, указание областей снимка и задание имен и типов соответствующих параметров.

Дальнейшая работа распознающего модуля полностью автономна. Возможно снятие параметров с нескольких источников изображения (монитор СУ меняет картинку или используются несколько камер). Был разработан комплекс программ, реализующий показанную архитектуру: модуль нормализации и распознавания на наблюдающей ЭВМ (рис. 2), модуль хранения данных на веб-сервере (шифровка не применялась), приложение для просмотра состояния объекта управления.

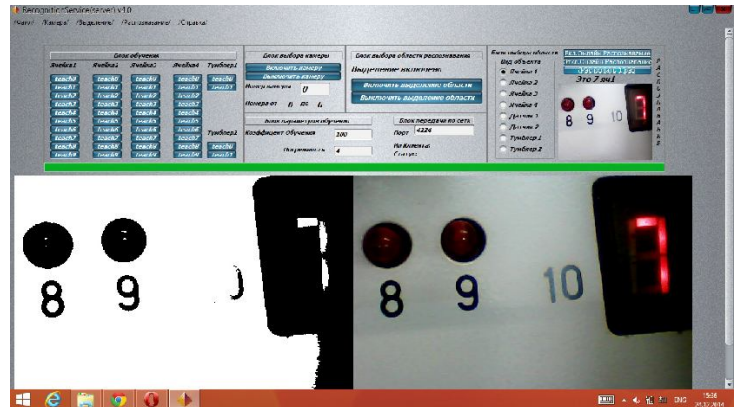


Рис. 2. Вид приложения, распознающего элементы ПУ

## ЛИТЕРАТУРА

1. Тренажеры ФСК для подстанций / [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://swman.ru/content/view/97>
2. Бойков А. А., Дубровина Е. С. Виртуальные интерфейсы для отраслевых тренажеров и систем управления // Материалы конференции «Состояние и перспективы развития электротехнологии» (XVII Бенардосовские чтения). Т. 3. - Иваново. - 2013. - С. 382-385.
3. Бойков А. А., Степанов А. Ю. Формирование виртуальных моделей задач по эпюрам / Вестник научно-промышленного общества. - М.: «Алев-В». - 2013. - Выпуск 20. - С. 45-48.

**Ю. А. Веденина, А. В. Топоров**

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

## ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМЫ MOLLE ДЛЯ ПЕРЕНОСКИ ПОЖАРНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Работа пожарного в наше время требует качественного и четкого выполнения ряда функций. Умело действовать в трудных и сложных условиях борьбы с огнем, полностью используя мощность пожарной техники, может только волевой и всесторонне подготовленный пожарный. Такому специалисту необходимо быть подкованным, как физически, так и технически. Он должен постоянно иметь при себе необходимое количество оборудования, достаточного для экстренного оказания помощи, тушения пожара, разборки конструкций и проведении аварийно-спасательных работ. Требуется, чтобы оно в необходимом количестве находилось «под рукой».

В наше время главной проблемой при таком обилии различного пожарно-технического оборудования является его транспортировка, а именно переноска во время действий по тушению пожаров. Сегодня пожарный постоянно имеет при себе топор, также может на плече переносить спасательную веревку, остальное же вооружение он переносит непосредственно в руках, что нецелесообразно при оперативной работе. Поэтому, решение проблемы транспортировки пожарно-технического оборудования является актуальной задачей. Для упрощения работы пожарного и решения данной проблемы предлагается использовать в пожарной охране модульную систему крепления для переноски оборудования. Главным преимуществом разработки является ее мобильность и многофункциональность. Эта система позволит пожарному-спасателю без особых усилий переносить необходимое ему количество оборудования, опираясь только на свою выносливость. Также ее отличительной чертой является отсутствие ограничений в количестве выбранного пожарно-технического оборудования. Это достигается за счет использования быстросъемных модулей.

Предложенная система крепления будет предназначена для переноски всех видов пожарно-технического оборудования, а также служить ложементом для подвесной системы дыхательного аппарата. Снаряжение и оборудование может быть закреплено в любой комбинации друг с другом и в любом порядке. Для крепления модулей будет достаточно некоторого количества ремней на оборотной стороне чехла, оснащенных надежными застежками, которые обеспечат правильное крепление подсумка к системе.

Может возникнуть вопрос: «не каждый чехол сейчас имеет ремни для крепления» - это вполне решаемо. Система не требует заказа специальных чехлов-модулей, достаточно просто оборудовать стандартный подсумок тремя-пятью ремнями. На ложемент возможно прикрепить как один подсумок, например для переноски бензореа, так и несколько небольших, для более мелких приборов. Пожарный-спасатель сам определяет количество оборудования, которое ему необходимо и достаточно для выполнения задачи и, непосредственно перед заступлением на дежурство, снаряжает систему.

Чтобы реализовать проект, требуется завершить разработку конструкции ложемента системы крепления. Главным затруднением является выбор материала, который должен быть достаточно прочен и устойчив к высокой температуре. Форма ложемента должна быть эргономичной и удобно прилегать к спине. Она по всему периметру будет оснащена горизонтально расположенными рейками, через которые должны продеваться ремни модулей. При реализации предложенная система имеет все перспективы стать неотъемлемой частью экипировки пожарного, так как она позволит значительно повысить эффективность и мобильность работы пожарных-спасателей.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Теребнев, В.В.* Справочник руководителя тушения пожара. Тактические возможности пожарных подразделений. - М.: Пожкнига, 2004 г. - 256 с.
2. *Плат, П.В.* Методические рекомендации по изучению пожаров, 2013 г. – 19 с.

*А. А. Велюханов, А. В. Топоров*

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

## **РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ДЛЯ ЗАМЕНЫ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ ПОЖАРНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ**

Основным методом предотвращения неисправностей пожарного автомобиля служит его техническое обслуживание. Под техническим обслуживанием понимается комплекс организационно-технических мероприятий, целью которых является предупреждение возникновения неисправностей, уменьшения износа деталей автомобиля при его эксплуатации, что повышает, таким образом, его надежность и долговечность, а следовательно и работоспособность. Аккумулятор пожарного автомобиля является важным устройством, без надлежащего выбора которого невозможна нормальная работа машины. Качество и состояния этого устройства напрямую определяет работоспособность автомобиля. Естественно, что для оснащения пожарной машины требуется аккумулятор повышенной мощности, ведь запуск двигателя сопровождается потреблением значительного тока. К тому же, грузовое транспортное средство нередко оснащается множеством энергопотребляющих приборов [1]. Поэтому аккумулятор для пожарного автомобиля должен обладать большой ёмкостью и высокими показателями стартового тока а так же обеспечивать уверенный пуск двигателя в любых условиях.

Анализ парка пожарных автомобилей гарнизона показал, что 32% пожарной техники выполнены на базе автомобилей КАМАЗ, 37% на базе ЗИЛ. Такие автомобили преимущественно оснащены аккумуляторными батареями емкостью 190 Ач. Такие батареи имеют значительную массу, составляющую от 50 до 70 кг. Как показывает практика для демонтажа таких батарей требуется как минимум два человека, что влечет за собой повышенные трудозатраты на выполнение данной ремонтной операции. Основная работа которую выполняет второй рабочий заключается в помощи извлечения и переноски батареи. Механизация данного вида действий позволит исключить одну единицу ремонтного персонала и снизить трудозатраты.

Предлагаемое устройство позволит производить демонтаж аккумуляторной батареи при помощи специального манипулятора с гидравлическим приводом. Для создания необходимого давления рабочей жидкости в гидравлической системе могут быть использованы ручные или электрические насосы, при чем электронасос может быть запитан от батареи или от сети. Для удобства пользования устройство предполагается оснастить платформой с роликами, позволяющими перемещать по ней демонтированные батареи без значительных усилий. Кроме того, устройство для включения гидравлических цилиндров при использовании электрического привода предполагается выполнить в виде продольных педалей, проходящих вдоль всей платформы, что позволит включать и выключать привод при помощи ног. Применение такого устройства позволит сократить затраты на проведение ремонтных работ, облегчить труд ремонтного персонала, повысить культуру производства.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. *Конофеев, Н. Т.* Автомобильные аккумуляторные батареи. — Москва, ДОСААФ, 1979. — 64 с

*С. А. Воднев*

(ВГБОУ ВО «Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России»)

## **ОПТИМАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ МЧС РОССИИ**

В условиях социально-экономической нестабильности в настоящее время остро встают вопросы оптимизации финансовых и материальных ресурсов федеральных органов исполнительной власти, органов исполнительной власти субъектов РФ и организаций, направляемых на решение проблем пожарной безопасности, получения при этом максимальной эффективности от использования ресурсного потенциала МЧС России [1].

По разным источникам от 30% до 50% парка пожарных автомобилей уже выработало свой ресурс и требует замены [2, 3].

В настоящее время управление развитием системы вооружения подразделений МЧС России осуществляется на плановой основе [4] посредством разработки и реализации программ и планов переоснащения подразделений МЧС России современными техническими средствами и техникой. Согласно научному представлению программно-целевое управление развитием переоснащения подразделений МЧС России осуществляется на базе системного подхода в четыре основных этапа: обоснование, формирование, реализация и контроль хода выполнения соответствующих программ и планов. При этом на этапе обоснования программы переоснащения решаются следующие основные задачи: формирование единой системы исходных данных, оценка технического состояния системы вооружения, генерация множества возможных вариантов и выбор из них рационального, который и будет являться основой для принятия решения.

Однако в известных публикациях практически отсутствуют научно-методические средства для обоснования принятия оптимальных управленческих решений в области оснащения и обеспечения ВВСТ системы МЧС России в интересах оптимизации финансовых и материальных расходов, оценки их эффективности.

Таким образом, основное противоречие применительно к рассматриваемым проблемам заключается в следующем: несоответствие между возможностями программ переоснащения МЧС России современными образцами техники, оборудования и государственными интересами в области предупреждения ЧС в изменяющейся социально-экономической и организационно-технической обстановке.

Рассмотрение противоречий исследуемого процесса приводит к постановке научной задачи, заключающейся в разработке методического обеспечения оценивания эффективности управленческих решений по оснащению и обеспечению ВВСТ подразделений МЧС России.

Результаты решения научной задачи направлены на выбор оптимального варианта технического обеспечения (закупка новой техники, ремонт существующей, ремонт созданной) подразделений МЧС России путем формирования комплексной оценки на основе построения иерархической структуры критериев. Идея метода состоит в том, что все критерии организуются в определенную иерархическую структуру. На каждом уровне этой структуры происходит построение агрегированной оценки критериев системы вооружения подразделений МЧС России: уровня оснащенности подразделений, уровня исправности и уровня современности техники и оборудования.

Сформулированную научную задачу можно декомпозировать на следующие подзадачи:

1. Разработать методику комплексной оценки оснащения и обеспечения вооружением, военной и специальной техникой подразделений МЧС России.

2. Разработать модель системы технического обеспечения подразделений МЧС России.

3. Разработать метод выбора оптимальных вариантов программы по оснащению и обеспечению ВВСТ подразделений МЧС России.

Решение данных задач позволит повысить обоснованность принятых решений по распределению ресурсов на закупку новой техники, ремонт существующей, ремонт созданной, обосновывать оптимальные варианты программно-целевого планирования в области технического обеспечения системы МЧС России.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Матвеев А.В., Максимов А.В.* Ресурсный потенциал и его использование в системе ГПС МЧС России // Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России». – 2015. – №1. – с.61-67.

2. *Радоуцкий, В.Ю.* Основы пожарной безопасности: учеб. пособие / В.Ю. Радоуцкий, А.М. Юрьев; под ред. В.Ю. Радоуцкого. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2008. – 160 с.

3. *Гречушкин Н.Н.* Приоритеты оснащения сил МЧС России // Каталог «Пожарная безопасность». – 2010. – с. 16-18. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.secuteck.ru/articles2/firesec/priority-osnasheniya-sil-mchs-rossii/>

4. Постановление Правительства РФ от 30 декабря 2012 г. N 1481 «О федеральной целевой программе «Пожарная безопасность в Российской Федерации на период до 2017 года».

***М. А. Ноздрин, М. А. Воробьев***

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

#### **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРАНСПОРТИРОВКИ ИЗДЕЛИЯ ПО АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГЕ**

Создание математической модели процесса транспортировки изделия необходимо для проведения исследования режимов движения с различными дорожными покрытиями при выполнении требования сохранности перевозимого груза.

Определение нагрузок, действующих на перевозимые грузы при транспортировании по различным типам дорожного покрытия, в соответствии с нормами прочности приводит к необходимости расчёта динамической системы «транспортное средство+контейнер+изделие» [1]. Для определения динамических перегрузок, действующих на изделие и контейнер при наезде на дорожные неровности, достаточно представить транспортное средство как систему упруго связанных твёрдых тел, моделирующих кузов и колёса. Расчёты транспортных средств с пневматической подвеской должны учитывать её жесткостные и демпфирующие свойства. Перевозимое изделие может моделироваться в виде упруго закреплённой балки. Характерные для асфальта, грунта и других типов дорожного покрытия неровности описываются своими заданными геометрическими характеристиками - длиной, высотой, формой.

Поставленная задача решается с использованием программного комплекса EULER. Программа позволяет проводить автоматизированный динамический анализ многокомпонентных механических систем (ММС). В качестве расчетного объекта задается седельный автопоезд в составе тягача КАМАЗ-5410 с полуприцепом модели ОдАЗ-9370. Расчетная схема автопоезда представлена на рис. 1.

- Основная геометрия модели состоит из 36-ти объектов типа «тело» (solid):
- 8 параллелепипедов: корпус тягача, корпус полуприцепа, изделие, балка, соединяющая переднюю и заднюю оси тягача, 4 балки для крепления подвески;
  - 28 цилиндров: 5 осей, 5 цилиндрических тел для крепления неподдрессоренной части к поддрессоренной, 18 колес.
- Контейнер моделируется пятью характерными точками вокруг изделия.

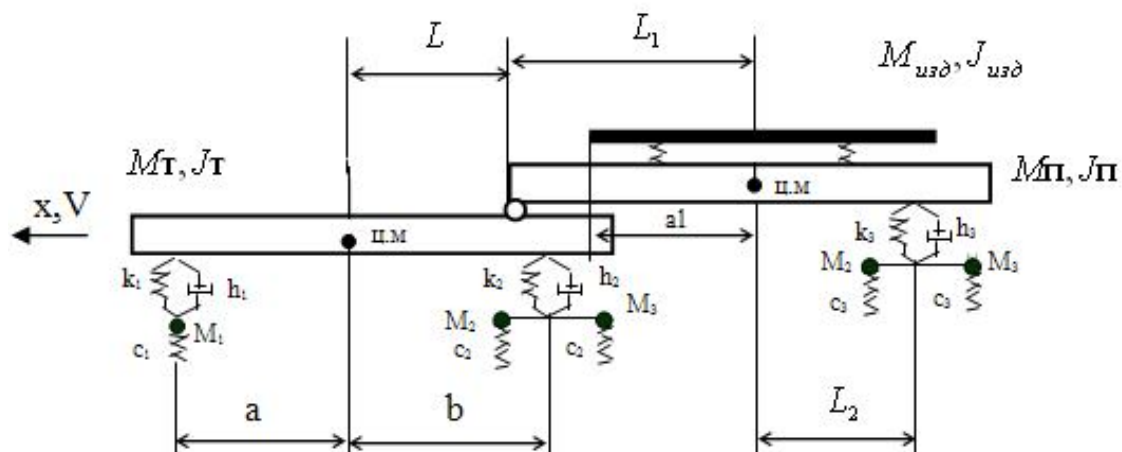


Рис. 1. Расчетная схема автопоезда

Дорожное покрытие «грунтовая дорога» моделируется с помощью функции «дорога» (road). В работе выбран тип «составная дорога», состоящий из двух участков: плоский участок и участок с микропрофилем. Второй участок моделирует синусоидальное препятствие:

$$y = 0,5 h \sin \frac{2\pi x}{a},$$

где  $h = 0,15$  – рекомендуемая расчетная высота препятствия для типа «грунтовая дорога», м;  
 $a = 7,3$  – расстояние между подвесками тягача и полуприцепа, м.

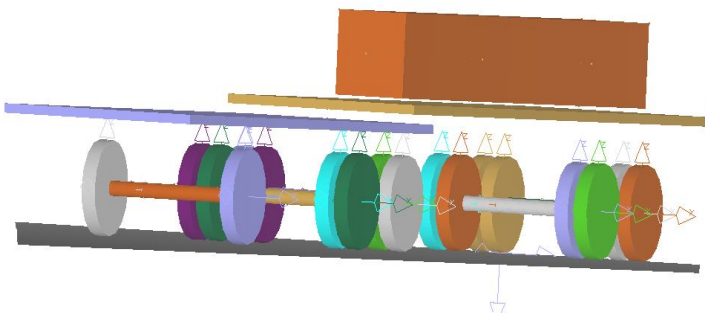
Массово-инерционные характеристики для большинства звеньев модели задаются при построении геометрии (масса указывается в явном виде, моменты инерции рассчитываются автоматически). И только для звеньев, где центр масс не совпадает с геометрическим центром, масса самого геометрического объекта задается минимальной (программный комплекс не позволяет рассчитывать объекты с нулевой массой) и указывается тензор инерции.

К активным силам относятся внешние силовые воздействия на механическую систему, а также упругие и демпфирующие элементы, соединяющие отдельные части ММС. В качестве таких элементов выступают рессоры, шины, элементы крепления изделия к кузову. Эти свойства моделируются путем задания силовых элементов (force) между частями механической системы. В работе используются силовые элементы типа поступательная пружина с коэффициентом жесткости и шина [2].

Кинематические связи задаются с помощью шарниров (joint). В работе использовались шарниры типа «пользовательский шарнир». Данный шарнир представляет собой кинематическую пару, в которой соединяемые звенья имеют заданные пользователем степени свободы.

В соответствии со сформированной концепцией модели была построена геометрическая модель автопоезда (рис. 2).





**Рис. 2.** Геометрическая модель автопоезда

В работе для описания динамической модели используются следующие типы объектов: звено (body), шарнир (joint), силовой элемент (force), датчик (sensor), гравитационное притяжение (gravity), программное движение (motion). Последний объект задает условия движения автопоезда с определенной скоростью (в модели 30 км/ч).

Под исследованием механической системы понимается выполнение расчетов по сформированной математической модели. Были получены значения ускорений в расчетных точках на изделии по различным направлениям, а также частотные спектры.

Таким образом, решена задача моделирования динамики транспортирования изделия на транспортных средствах. Сравнение результатов моделирования и натурных испытаний показало, что составленная модель достаточно точно описывает процесс транспортировки изделия с точки зрения отклика груза на дорожные неровности. В развитии работы планируется корректировка модели и исследование поведение модели при других типах дорожного покрытия согласно рекомендациям.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Динамика системы дорога-шина-автомобиль-водитель / Под ред. А. А. Хачатурова / М., «Машиностроение», 1976. – 535 с.
2. Работа автомобильной шины / Под ред. В. И. Кнорозова / М., «Транспорт», 1976. – 238 с.

*А. Н. Уфимцев, М. В. Гомонай\**

(Лицей №17 г. Химки, \*ФГБВОУ ВО «Академия гражданской защиты МЧС России»)

#### **РАЗРАБОТКА И ПРИМЕНЕНИЕ МОБИЛЬНОГО АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНОГО МОСТА ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ ДВИЖЕНИЯ НА РАЗРУШЕННЫХ УЧАСТКАХ ДОРОГ**

При чрезвычайных ситуациях техногенного и природного характера происходят, как известно, разрушения инженерных построек, в том числе дорог и мостов. Так, например, наводнения на Дальнем Востоке в 2013г привели к разрушению многих участков дорог и мостов, что помешало аварийно-спасательным формированиям вовремя оказать помощь пострадавшим людям в зоне затопления. Использование местных материалов для восстановления дорог в данном случае затруднено или невозможно, так как кругом бездорожье. Применение существующих конструкций мостов может вызвать ряд трудностей при их установке [3,4], т.к. они имеют одну определенную длину, а разрушенные участки дорог имеют разную длину.

На наш взгляд целесообразным могло бы быть использование мобильного аварийно-спасательного моста [1,2]. Сущность разработки заключается в создании мобильного моста с изменяющимися характеристиками. Мост **6** выполнен решетчатой конструкции (рис.1) и снабжен выдвижными поворотными секциями **4** и **7**. Для перевозки моста используется шасси **2** на базе автомобиля КАМАЗ -1, причем на платформе шасси **2** установлены две выдвижные балки **9** с роликами **10**. Мост имеет поворотные площадки **3** и **5** для заезда и съезда автомобилей. Выдвижные секции снабжены аутригерами **8**. Порядок установки моста заключается в следующем: к разрушенному участку дороги подъезжает автомобиль с мостом. Мост может транспортироваться и вертолетом к месту разрушения. Перед установкой моста производят обследование участка и подготавливают береговые опоры. На рис.1 показана схема разгрузки моста. Мост выдвигает с помощью трособлочной системы, установленной на автомобиле.

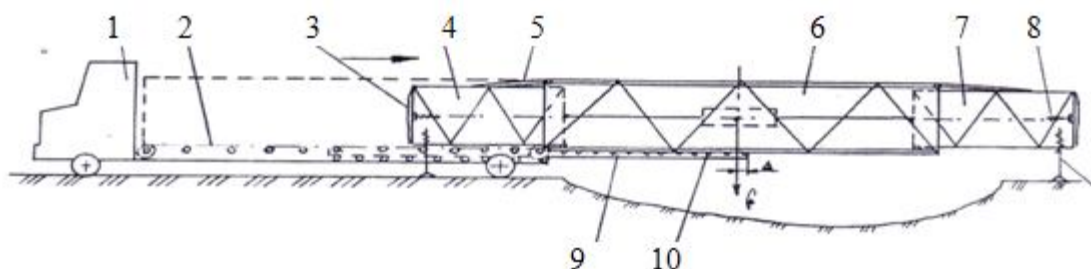


Рис. 1. Схема разгрузки моста

На рис.2 показано рабочее положение моста. В данном случае ширина перекрытия составляет 12 м.

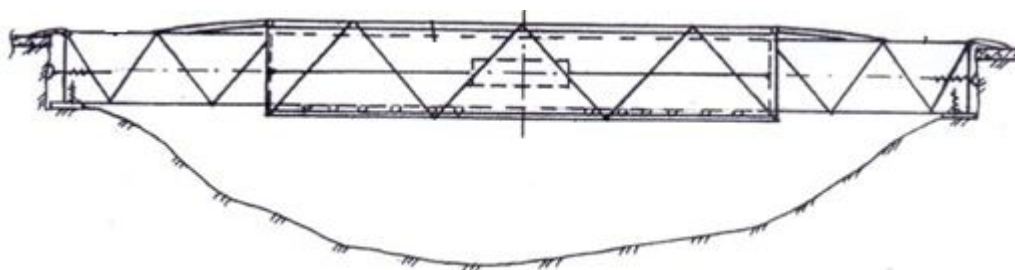


Рис. 2. Схема установки моста в месте разрушения дороги

На рис. 3 приведена схема установки моста на пересечении двух дорог (был разрушен путепровод). После установки моста автомобиль удаляется и мост готов к эксплуатации.

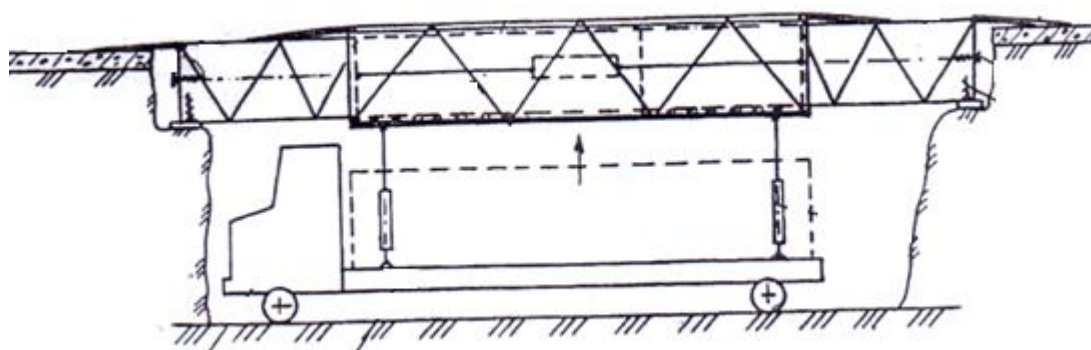
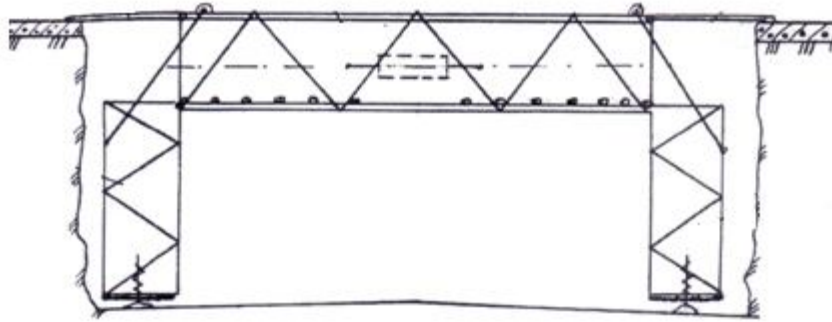


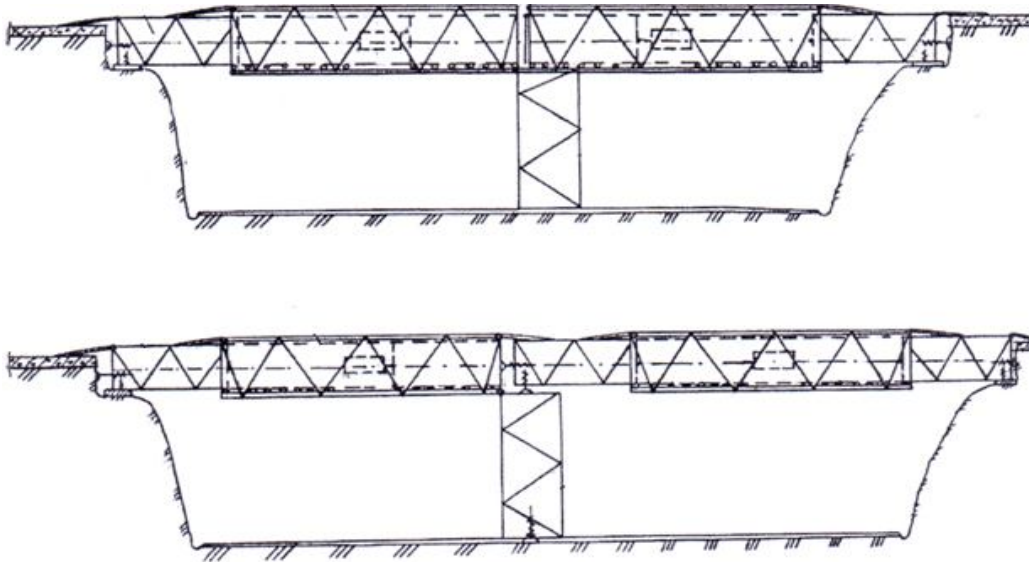
Рис. 3. Схема установки моста на пересечении двух дорог

В случае, когда разрушенные участки дорожного полотна не имеют устойчивую боковую часть и они не могут служить опорами, то выдвижные секции 4 и 7 моста могут служить опорами (рис. 4). Это может быть пересечение двух дорог или разрушен мост через реку.



**Рис. 4.** Вариант установки моста на двух опорах

На рис. 5 приведена схема перекрытия больших проемов с использованием двух мобильных мостов. В данном случае одна из выдвижных секций является опорой. Длина перекрытия в таком варианте составляет 18 м и 24 м.



**Рис. 5.** Схемы перекрытия разрушенного участка дороги с помощью двух мостов

Предложенная конструкция моста может иметь длину 6 м, 9 м, 12 м, а при комбинировании двух мостов длина может быть 15 м, 18 м, 24 м.

Таким образом, предложенная конструкция мостовой переправы является универсальной и может использоваться в разных ситуациях при наведении мостов, что особенно важно в чрезвычайных ситуациях. Новизна разработки защищена патентом на изобретение [2].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Патент на изобретение № 2553820. Мобильный аварийно-спасательный мост. Оpubл. 05.2015г. (авторы: Гомонай М.В., Уфимцев А.Н.)
2. Уфимцев А.Н. Мобильный аварийно-спасательный мост. Сб. материалов МНПК-2014г., АГЗ МЧС России., г.Химки, С92-93.

3. *Иванчев И.И., Топуров К.Х., Топилин А.Н., Иванченко Н.И.* Железнодорожные и автомобильные мосты. Изд-во АСВ, М-2008г, 280с.

4. *Саламахин П.М.* Проектирование мостовых и строительных конструкций. Из-во КноРус, М-2013, 416с.

**М. В. Гомонай, Ю. О. Беспалова**  
(ФГБВОУ ВО «Академия гражданской защиты МЧС России»)

### **К ВОПРОСУ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ПОЖАРНЫХ РУКАВОВ ПРИ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ В УСЛОВИЯХ ЧС**

В настоящее время выпускаются напорные рукава следующих типов:

- прорезиненные по ГОСТ 7877-75;
- латексированные по ТУ 17РСФСР 40-6851-77 и ТУ 75.080.05.026-89;
- с двухсторонним полимерным покрытием по ТУ17 РСФСР 40-11118-86;
- пластмассовые армированные по ТУ6-19-151-88;
- льняные по ГОСТ 472-75 и льноджутовые по ТУ17РСФСР 40-10257-82;

Рукава рассчитаны на рабочее давление 3,0 МПа.

Технические характеристики всасывающих и напорно-всасывающих рукавов представлены в табл.1.

*Таблица 1. Технические характеристики рукавов*

Наименование	Условный проход рукавов, мм		
	80	100	125
Максимальный радиус изгиба, мм	400	500	600
Внутренний диаметр, мм	75 <sub>-1,5</sub>	100 <sub>-1,5</sub>	125 <sub>-2,0</sub>
Рабочее давление всасывающих рукавов МПа (кг/см <sup>2</sup> )	Не менее 0,1 (1,0)		
Рабочее давление напорно-всасывающих рукавов. МПа (кг/см <sup>2</sup> )	Не менее 1,0 (10,0)		
Рабочая среда для всасывающих и напорно-всасывающих рукавов класса В	Вода техническая		
Работоспособность всасывающих и напорно-всасывающих рукавов при температуре окружающего воздуха. °С в районах:			
с холодным климатом	От минус 50 до плюс 70		
с умеренным климатом	От минус 35 до плюс 90		
с тропическим климатом	От минус 10 до плюс 90		

При эксплуатации напорных рукавов в зимнее время необходимо:

- забирать воду для подачи в напорные рукава из открытых водоисточников на больших глубинах, где ее температура несколько выше, чем у поверхности;
- подачу воды производить по одной магистральной линии, при этом насос должен работать на повышенных оборотах с не полностью открытым напорным патрубком, что позволяет несколько повысить температуру воды в напорных рукавах от трения ее о рабочее колесо и стенки корпуса насоса;

– во избежание замерзания воды в напорном рукаве необходимо убедиться в устойчивой работе центробежного насоса, сливая воду через второй напорный патрубок, к которому не присоединена напорная линия. Через 15-20с необходимо увеличить число оборотов вала насоса и плавно подавать воду в магистральную линию, одновременно закрывая запорную арматуру (клапан, задвижка) второго патрубка;

– во избежание замерзания воды в рукавных линиях при температуре минус 20 °С и ниже к разветвлению присоединяется максимум рабочих линий, увеличивается скорость подачи воды, а когда по условиям работы требуется на короткое время перекрыть пожарные стволы, то часть воды сбрасывается через свободный патрубок разветвления;

– после окончания тушения пожара необходимо воду немедленно слить из напорных рукавов. Вмерзшие в лед напорные рукава следует отогреть паром, горячим воздухом или применять компресс из кошмы, смачиваемой горячей водой.

Одной из проблем после завершения процесса тушения пожара является укладка на транспорт промерзших пожарных рукавов. Для чего рекомендуется перед складированием напорных рукавов места сгибов прогреть. В случае сплошного промерзания напорных рукавов сборку их следует проводить без сгибов и переломов, при этом перевозить их надо на грузовых автомобилях с прицепами или другим способом, не допуская механических повреждений, укладывая напорные рукава во всю длину [1-4].

С целью предохранения пожарных рукавов от изломов при их укладке на автомобиль в условиях низких температур авторами предложено производить на месте тушения пожара предварительную их сушку, используя для этого температуру выхлопных газов двигателя пожарного автомобиля.

Для чего были проведены экспериментальные исследования по определению температуры выхлопных газов на различных расстояниях от выхлопной трубы. Измерения проводились в зимнее время при температуре окружающей среды минус 5 минус 7°С. Температура газов измерялась керосиновым термометром марки СП-2. Полученные данные (средние значения) приведены в табл. 2. Для сравнения температуры выхлопных газов автомобилей приведены данные и для автомобиля ВАЗ-ЛАДА ПРИОРА.

Таблица 2. Температуры газов

Расстояние от выхлопной трубы автомобиля, см	Тип автомобиля	
	КАМАЗ -4310	КАМАЗ- 65117
0	60	70
5	-	65
10	44	50
20	38	34
30	32	28
40	18-20	10-12

Экспериментальные данные показывают, что температура выхлопных газов в пределах 38-50°С на расстоянии от выхлопной трубы 10-20 см приблизительно соответствует температуре в установке для сушки пожарных рукавов АИСТ-1 и АИСТ-2.

Для реализации данного способа авторами статьи разработана конструкция устройства для предварительной подсушки пожарных рукавов, позволяющая производить подсушку промерзших рукавов с одновременной их скаткой в катушки. Конструкция защищена заявкой на изобретение.

Окончательную сушку рукавов и их талькирование производят в стационарных условиях в специальных сушилках: башенных, камерных и др.

При отсутствии рукавных сушилок рукава следует сушить в помещениях с достаточно нагретым воздухом. При этом рукава раскладывают на решетчатых стеллажах, на расстоянии не менее 1 м от теплоизлучающих приборов, продолжительность сушки не должна превышать 24 часов.

Предложенное техническое решение позволяет повысить долговечность пожарных рукавов, уменьшить время на сбор и укладку рукавов после завершения процесса тушения пожара в условиях низких температур.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. <http://www.oborudow.ru/ru/content/ekspluataciya-pozharnyh-rukavov>.
2. <http://studopedia.org/3-8211.html/>.
3. Методическое руководство по организации и порядку эксплуатации пожарных рукавов. М-2008г, ВНИИПО МЧС России.
4. Установка для обработки пожарных рукавов. Патент на изобретение № 2416447. Оpubл.20.04.2011г.

*М. В. Гомонай, И. А. Попов*  
(ФГБВОУ ВО «Академия гражданской защиты МЧС России»)

#### АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ СПАСЕНИЯ ЛЮДЕЙ НА ВОДЕ

Ежедневно на территории Российской Федерации происходит ежедневно около 10 происшествий на водных объектах, связанных, в основном, с нарушением требований безопасности на водных объектах, например, рыбалка на тонком льду, купание в неустановленных местах и другие несчастные случаи, связанные с употреблением алкогольных напитков, наркотических и психотропных препаратов, а также связанных с управлением транспортных средств.

В связи с этим осуществляется мониторинг ситуаций на территориях водных объектов, проводится информирование населения по требованиям безопасности на водных объектах, в том числе и через средства массовой информации, разрабатывается нормативно правовая база в этой области, проводится научно- исследовательская работа по поиску наиболее эффективных средств спасения на воде. Данными задачами, а также проведением поисково-спасательных работ на водных объектах занимается государственная инспекция по маломерным судам (ГИМС) МЧС России.

Спасательные средства служат для оказания помощи терпящим бедствие на воде. Разделяются они на коллективные, служащие для спасения пассажиров и экипажа, имеющие запасы для жизнеобеспечения (спасательные шлюпки, спасательные плоты и плоты) и индивидуальные, предназначенные для спасения одного человека [1]. Все эти средства также используются при проведении поисково-спасательных работ на воде.

К коллективным средствам спасения относятся спасательные и дежурные шлюпки, жесткие и мягкие надувные спасательные плоты, плоты-каюты (спасательные отсеки) и капсулы. Все коллективные и индивидуальные спасательные средства окрашивают в оранжевый цвет и снабжают полосами из светоотражающего материала, что способствует их быстрейшему обнаружению в воде. Спасательные шлюпки полностью или частично закрытые, являются основными спасательными средствами. Шлюпки обеспечивают плавучесть в случае пробоины в любом месте ниже ватерлинии при полной загрузке. Они сохраняют плавучесть, когда залиты водой.



Спасательные плоты бывают жесткие и надувные. Плот должен выдерживать прыжки людей с высоты не менее 4,5 м. и находиться на плаву в течение 30 суток. Надувной спасательный плот имеет вместимость 10 чел. Жесткий плот сделан из легкого сплава и имеет вместимость также 10 чел.

К индивидуальным спасательным средствам относятся спасательные жилеты, круги, нагрудники, а также подручные средства спасения. Спасательные жилеты бывают надувные и с твердыми наполнителями, окрашиваются в оранжевый цвет. Спасательные круги изготавливаются из плавучего материала (пробка, пенополистирол и др.). Используются также и надувные круги. Спасательный нагрудник представляет собой пояс с карманами, заполненными пенопластовым или пробковым материалом. Используются также и надувные нагрудники. К подручным средствам спасения относятся спасательные концы Александра, багры, шесты, и другие приспособления. Спасательный конец Александра представляет собой плавучий линь, обычно из полипропилена, длиной около 30 м., с петлей диаметром около 40 см и двумя поплавками ярко-оранжевого цвета. На конце петли крепят груз массой 250-300 г, можно в виде хлопчатобумажного мешочка, набитого песком.

Спасатель забрасывает утопающему конец с петлей, оставляя противоположный конец себе. Благодаря плавучести полипропилена, линь держится на поверхности воды. Утопающий берётся за петлю руками или надевает её себе подмышки, после чего спасатель подтягивает его к судну или к берегу. Поплавки при этом дополнительно поддерживают человека на плаву, в некоторой степени являясь слабым подобием спасательного жилета.

Спасательный багор служит для извлечения пострадавшего из воды. Он состоит из шеста длиной 4-5 м., на конце которого укреплен железный оцинкованный крюк с нанизанными пробками или пенопластовыми шарами различного диаметра.

Спасательный шест длиной 5-8 м изготавливают из дерева, дюралюминиевых или других труб из легкого материала диаметром 4-7 см. На одном его конце (для рук пострадавшего) делают отверстие для петли из пенькового каната длиной 30-50 см, на другом – также через отверстие крепят пеньковый канат длиной до 40 м [2].

Также одним из средств спасения является спасательный надувной мост, позволяющий проводить спасательные работы на воде, болоте, а также в зимних условиях на замершей воде. Он обеспечивает высокую степень безопасности и является идеальным решением в любых обстоятельствах. Размер такого моста 5 метров или 10 метров, требуется большой объем воздуха, который равен 1600 л. и 3200 л. соответственно, он обладает плохой упругостью при проведении спасательных работ на воде [3].

Спасатели могут преодолевать водные преграды по стационарным, временным или навесным мостам, веревочным переправам, бревнам, камням, вброд, с помощью животных, вплавь, на плавсредствах. При передвижении по узким, скользким, незнакомым мосткам спасатели должны проверить их надежность путем осмотра и осторожного прохождения. При отсутствии перил устанавливаются временные веревочные или деревянные перила. Также есть надувные спасательные мосты, позволяющие переправляться через водные преграды [4].



**Рис. 1.** Виды спасательных надувных мостов

Главными недостатками указанных выше технических средств при проведении аварийно-спасательных работ на водных объектах являются значительное количество времени прибытия к месту проведения аварийно-спасательных работ, а также переправке через водные преграды спасателей и спасательного оборудования, их транспортировка к месту проведения аварийно-спасательных работ, обладание небольшой грузоподъемности данных средств. Существующие типы спасательных средств позволяют выполнить одну функцию – оказание помощи человеку, оказавшемуся в воде, причем надувные мосты имеют достаточно низкую устойчивость, применять их, например, для транспортировки людей через реку или ущелье нет такой возможности.

Нами предложен вариант спасательного надувного моста с расширенными технологическими возможностями: подача его к пострадавшему по воде или по льду; эвакуация пострадавших из районов бедствий и оперативное перемещение спасателей через реку или ущелье к месту проведения аварийно-спасательных работ при использовании специальных перил, установленных на конструкции моста; создана более устойчивая конструкция платформы нового спасательного надувного моста с увеличенной грузоподъемностью.

Таким образом, разработка решает ряд проблем при проведении аварийно-спасательных и поисково-спасательных работ на водных объектах и преодолению преград через водные объекты, ущелья, горные реки. Работа в этом направлении в настоящее время продолжается. По материалам разработки оформлена заявка на изобретение.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Общие правила для отдыхающих на водоемах [Электронный ресурс] URL. <http://urchs.aksayland.ru/obschiepravila> (дата обращения 4.03.2016г.)
2. Средства спасения на воде [Электронный ресурс] URL. <http://city01.ru/index.php?cPath=174> (дата обращения 8.03.2016г.)
3. Спасательный надувной мост [Электронный ресурс] URL. <http://www.e-eng.ru/catalog/pnev-m-savatech/com-serv/walkway/> (дата обращения 7.03.2016г.)
4. Интересные изобретения №14 - Спасательный мост [Электронный ресурс] URL. [http://m.pikabu.ru/story/interesnyie\\_izobreteniya\\_14\\_\\_spasatelnyiy\\_most\\_2551714](http://m.pikabu.ru/story/interesnyie_izobreteniya_14__spasatelnyiy_most_2551714) (дата обращения 8.03.2016г.)

*В. А. Грешников, А. Н. Корельский, А. В. Топоров*

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

#### **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ НА СТОЙКОСТЬ БЫСТРОРАЗЪЕМНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПОЖАРНЫХ РУКАВОВ К УДАРНЫМ НАГРУЗКАМ**

В настоящее время в нашей стране для соединения пожарных рукавов широко используются быстроразъемные соединения. Одним из наиболее распространенных типов быстроразъемных 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].

Повышение стойкости быстроразъемных соединений пожарных рукавов 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.

В ходе выполнения работы на образцы наносилось резиноподобное покрытие различной толщины. Образцы с нанесенным покрытием испытывались на ударную вязкость с использованием маятникового копра КМ -50. Результаты испытаний иллюстрируются графиком на рис. 1.

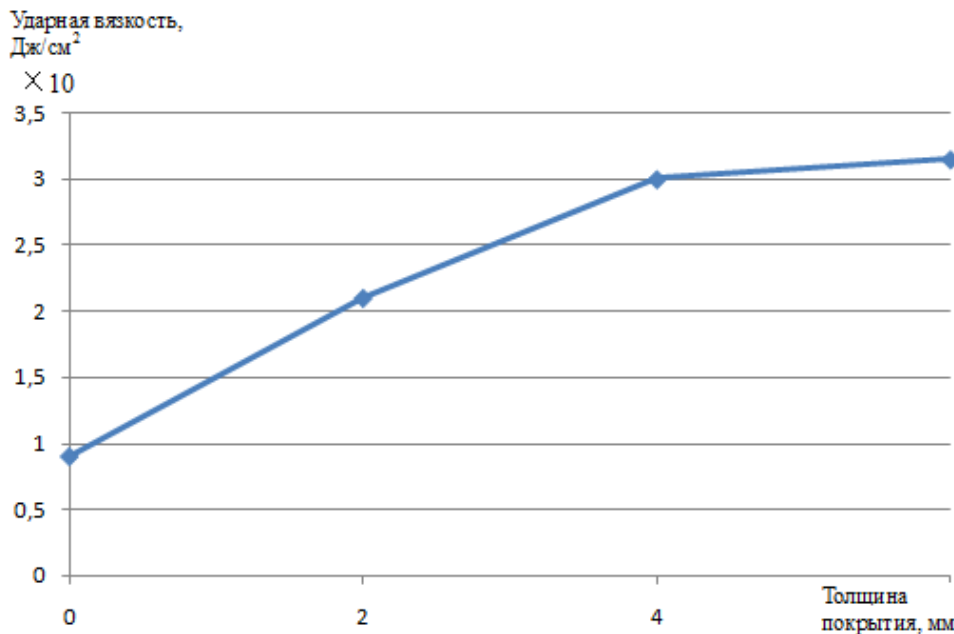


Рис. 1. Зависимость ударной вязкости от толщины резиноподобного покрытия

Из представленной зависимости видно, что увеличение толщины покрытия более 4 мм не приводит к увеличению значения сопротивляемости материала ударным нагрузкам. Поэтому, выполнять защитное покрытие большей толщины нецелесообразно.

Кроме нанесения резиноподобного покрытия на соединительные выступы наклевалась высокопрочная ткань в 1, 2, 3 слоя. Проведенные испытания показали увеличение ударной вязкости с 9 Дж/см<sup>2</sup> до 24,5 Дж/см<sup>2</sup>. При этом количество слоев ткани значения не имеет.

Таким образом, нанесение на соединительные элементы эластомерных материалов позволяет увеличить энергию разрушения детали. Толщина покрытия не должна превышать 4 мм.

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

*Л. В. Жуков, С. Г. Дубинин*

(ФГКВООУ ВО «Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева»)

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВОЙ ПОДГОТОВКИ МОТОРНОГО МАСЛА ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ

Около 60% вооружения военной специальной техники (ВВСТ) эксплуатируется в зоне сурового климата, где продолжительность морозного периода составляет 240–270 дней в году. Температура воздуха в такой зоне (Дальний восток, Крайний Север и т.д.) может опускаться до минус 50°C. Низкие температуры окружающей среды создают значительные трудности при пуске дизельных двигателей. Существующие методы подготовки дизельного двигателя к пуску в основном направлены на подогрев цилиндропоршневой группы двигателя, но не моторного масла, вследствие этого возникает масляное голодание в дальних шейках коленчатого вала, что ведет при пуске двигателя к повышенному износу в режиме граничной смазки [1]. Для решения этой задачи необходимо разработать методику и научно обосновать применение устройства тепловой подготовки моторного масла и подачи к парам трения. Для определения основных параметров тепловой подготовки (время, температура моторного масла, мощность нагревателя) применялась теория теплопроводности (теплопередачи) [2].

Процесс теплопередачи осуществляется только в том случае, когда температура в различных точках тела неодинакова. При этом в общем случае распространение тепла в теле и теплообмен между телами сопровождаются изменением температуры в пространстве и времени. Совокупность значений температуры  $t$  в данный момент времени  $\tau$  для всех точек пространства, характеризуемых координатами  $x, y, z$  называется *температурным полем* [3]

$$t = f(x, y, z, \tau). \quad (1)$$

Если соединить точки тела, имеющие одинаковую температуру, получим поверхность равных температур, называемую *изотермической*.

Предел отношения изменения температуры  $\Delta t$  к расстоянию между изотермами по нормали  $\Delta n$  называется *температурным градиентом*

$$\text{grad}t = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left( \frac{\Delta t}{\Delta n} \right) = \frac{\partial t}{\partial n}. \quad (2)$$

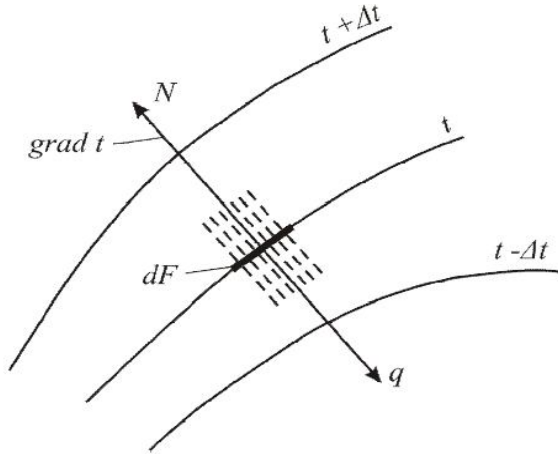
Температурный градиент является вектором, направленным по нормали к изотермической поверхности (рис. 1). За положительное направление этого вектора принимается направление в сторону возрастания температуры. По физическому смыслу температурный градиент выражает изменение температуры в градусах, приходящихся на единицу длины между изотермическими поверхностями по нормали.

Количество тепла  $Q$ , проходящее в единицу времени через изотермическую поверхность  $F$ , называется *тепловым потоком*. Тепловой поток, приходящийся на единицу поверхности, называется *плотностью теплового потока*  $q$ .

Скалярная величина вектора плотности теплового потока определяется по формуле

$$q = -\lambda \text{grad}t, \quad (3)$$

где  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности.



**Рис. 1.** Характеристики теплопроводности в двухмерном температурном поле

Уравнение (3) является математической формулировкой закона Фурье.

Полное количество тепла, проходящее за время  $\tau$  через изотермическую поверхность  $F$ , равно

$$Q(\tau) = - \int_0^{\tau} \int_0^F q(\tau) dF d\tau. \quad (4)$$

При разработке методики подготовки дизельного двигателя к пуску одним из важных параметров, влияющим на боевую готовность ВВСТ, является время подготовки дизельного двигателя к пуску, а точнее тепловой подготовки моторного масла.

Применяя теорию теплопроводности, рассмотрим нестационарный процесс подогрева нагревателем моторного масла.

Уравнение теплового баланса в общей форме имеет вид [4]:

$$dQ_{\text{общ}} = dQ_{\text{устр}} + dQ_{\text{ст}} + dQ_{\text{мм}}, \quad (5)$$

где  $dQ_{\text{устр}}$  – общее количество теплоты, вырабатываемое нагревательным элементом;  $dQ_{\text{ст}}$  – теплопотери от моторного масла к стенкам корпуса;  $dQ_{\text{мм}}$  – количество теплоты, идущее на нагрев моторного масла.

Количество теплоты выделенной за элементарно малый промежуток времени определяется мощностью нагревательного элемента и продолжительностью его работы:

$$dQ_{\text{устр}} = P_{\text{устр}} d\tau, \quad (6)$$

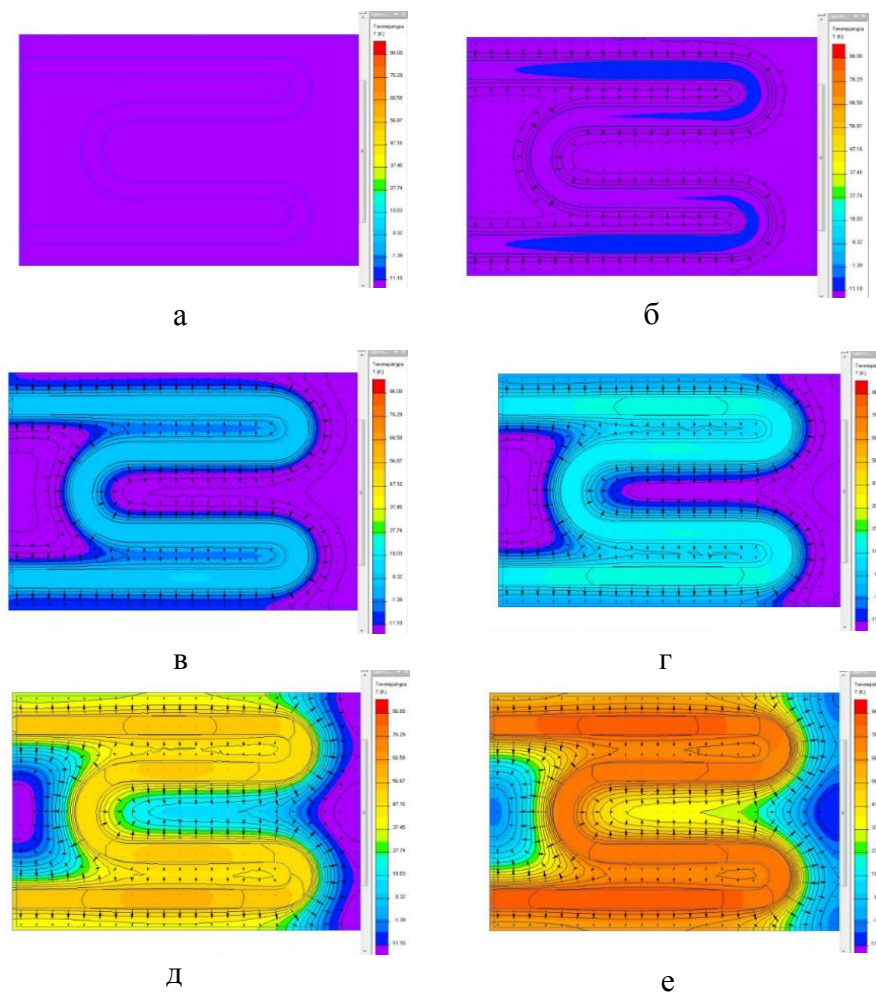
где  $P_{\text{устр}}$  – электрическая мощность нагревательного элемента;  $d\tau$  – промежуток времени работы нагревательного элемента.

Уравнение теплового баланса для системы трех тел (нагреватель - моторное масло - стенка корпуса) в дифференциальной форме примет следующий вид:

$$\begin{aligned} \frac{dt_1}{d\tau} &= \frac{P_{\text{устр}} - \alpha_{12}(t_1 - t_2)F_1}{C_1 M_1}, \\ \frac{dt_2}{d\tau} &= \frac{\alpha_{12}(t_1 - t_2)F_1 - \alpha_{23}(t_2 - t_3)F_2}{C_2 M_2}, \\ \frac{dt_3}{d\tau} &= \frac{\alpha_{23}(t_2 - t_3)F_2 - \alpha_{34}(t_3 - t_4)F_3}{C_3 M_3}. \end{aligned} \quad (7)$$

где  $C_1, C_2, C_3$  – удельная теплоемкость нагревательного элемента, моторного масла, стенок корпуса, Дж/кг·К;  $M_1, M_2, M_3$  – масса нагревательного элемента, моторного масла, корпуса, кг;  $\alpha_{12}, \alpha_{23}, \alpha_{34}$  – коэффициенты теплоотдачи от устройства к моторному маслу, от моторного масла к стенке корпуса, от стенки корпуса в окружающий воздух, Вт/(м<sup>2</sup> · К);  $F_1, F_2, F_3$  – площадь нагревательного элемента, моторного масла, корпуса, м<sup>2</sup>;  $dt_1, dt_2, dt_3$  – приращение температуры на нагревательном элементе, моторном масле, корпусе, К;  $t_2, t_3, t_4$  – температура нагревательного элемента, моторного масла, стенки корпуса устройства, окружающего воздуха, К.

При решении уравнений результаты (рис. 2) были получены с применением программы для имитационного моделирования Elcut 6.1. На рисунке изображено распространение теплового потока в зависимости от времени.



**Рис. 2.** Имитационная модель тепловой подготовки моторного масла нагревателем в двухмерном пространстве: а) 0 с; б) 60 с; в) 200 с; г) 300 с; д) 600с; е) 840 с

Как видно на рисунке 2в нагреватель вышел на номинальный режим работы через 200 с температура составила 0°С, далее температура экспоненциально возрастает со скоростью 4-6°С/мин и ко времени 840 с (14 мин) достигает 88°С (рис. 2е), что является рабочей температурой дизельного двигателя. Температура моторного масла на незначительном расстоянии от нагревателя (2 см) через 200 с изменяется со скоростью 4-8°С/мин (рис. 2д) и к концу тепловой подготовки достигает отметки 64°С (рис. 2е). Температура стенки корпуса меняется медленно и линейно вследствие низкой теплопередачи моторного масла со скоростью 2-5°С/мин (рис. 2г) и в общем итоге составляет 25°С, что является благоприятной (минимальной) температурой для образования масляной пленки на поверхности пар трения.

В целом же средняя температура моторного масла составила 60°C, а время тепловой подготовки 840 с (14 минут), что на 53% снижает время подготовки к пуску дизельного двигателя и почти настолько же повышает боевую готовность ВВСТ. Почему почти настолько же повышает? Да, потому что устройство тепловой подготовки работает совместно с предпусковым подогревателем, а ему тоже необходимо время для разогрева дизельного двигателя. Поэтому возможно снижение временного эффекта!

Таким образом, в результате проведенного теоретического анализа процесса теплопередачи была разработана математическая модель нагрева моторного масла и установлена закономерность между параметрами мощности нагревателя, продолжительностью разового нагрева, температурой окружающей среды. Получены результаты распределения температурных полей в моторном масле при разовом подогреве, а так же граничные значения для параметров устройства тепловой подготовки при проведении натурального эксперимента на двигателе КАМАЗ-740.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *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 (часть 2) – С. 262-266.
2. *Жуков Л.В.* Обоснование конструкции нагревательного элемента устройства для облегченного пуска двигателя военной и специальной техники при эксплуатации в особых условиях / *Надежность и долговечность машин и механизмов: сборник материалов VI Всероссийской научно-практической конференции*. – Иваново: ИПС МЧС РФ, 2015. – С. 32-36.
3. *Шестаков В.Н., Шестаков А.Н.* Методы теории теплопроводности в транспортном строительстве: учебное пособие. – Омск: СибАДИ, 2011. – 72 с.
4. *Кочергин С.В.* Разработка и обоснование параметров устройства электроподогрева моторного масла с саморегулированием мощности в ДВС. – Тамбов: дис. канд. техн. наук, 2003. – 190 с.

***Л. В. Жуков, С. Г. Дубинин***

(ФГКВООУ ВО «Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева»)

## **МЕТОДИКА ПОДГОТОВКИ К ПУСКУ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВООРУЖЕНИЯ И ВОЕННОЙ СПЕЦИАЛЬНОЙ ТЕХНИКИ В УСЛОВИЯХ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР**

Эксплуатация вооружения и военной специальной техники (ВВСТ) в условиях низких температур затруднена, так как современные методы и средства не в полной мере позволяют произвести подготовку к пуску дизельного двигателя, что идет в разрез с требованиями руководящих документов. Для решения этой задачи необходимо разработать и научно обосновать методику подготовки к пуску двигателя в условиях низких температур.

Исходя из условий обеспечения надежного электростартерного пуска дизельного двигателя, рассматриваемых в работе [1], можно сформулировать основные направления улучшения пуска дизельного двигателя в условиях низких температур:

- повышение крутящего момента стартера;
- уменьшение момента сопротивления проворачиванию коленчатого вала;
- улучшение условий начала рабочего процесса в камере сгорания.

Обзор существующих методов и средств подготовки к пуску дизельных двигателей по данным [2], с учетом опыта эксплуатации ВВСТ, позволяет сделать следующие выводы:

1. Применение пусковых устройств повышенной мощности увеличивает интенсивность изнашивания цилиндропоршневой группы дизельного двигателя на режиме холодного пуска, так как данные устройства не обеспечивают необходимого теплового режима работы.

2. Пуск холодного двигателя может привести к значительным износам пар трения, поэтому средства улучшения пусковых качеств должны сочетаться с подготовкой дизельного двигателя к пуску.

3. Для получения оптимальных пусковых показателей дизельного двигателя необходимо сочетать различные средства и методы подготовки к пуску (утепление узлов и агрегатов, топливоподогрев, электроподогрев и т.д.).

4. Для оптимизации теплового состояния дизельного двигателя на всех режимах его работы эффективным является применение электронных устройств.

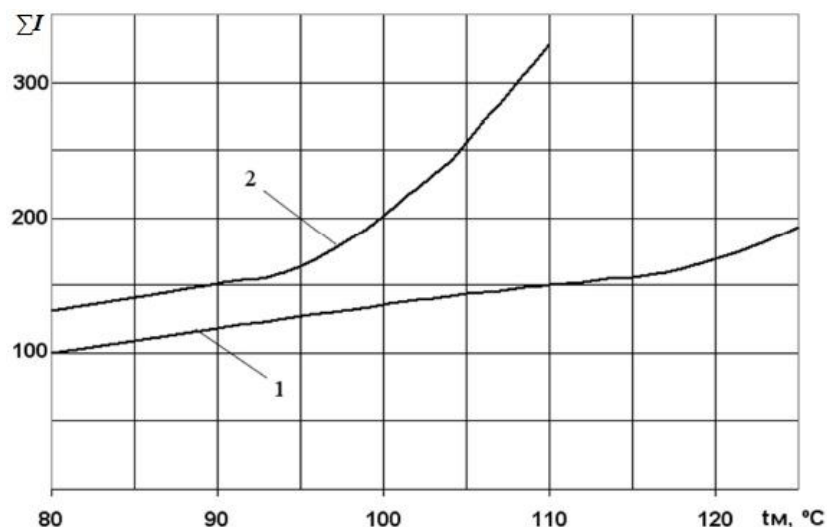
Анализ факторов воздействия низких температур на надежность пуска и ресурс дизельных двигателей показал, что существенное влияние на увеличение износов пар трения при пуске, а также на общую надежность пуска, оказывает запаздывание поступления моторного масла к парам трения дизельного двигателя. Особую актуальность данная проблема приобретает при эксплуатации высокофорсированных дизельных двигателей. В таких двигателях даже незначительное отклонение в условиях работы основных узлов трения (давление и температура моторного масла и т.д.) может привести к аварийным износам и повреждениям деталей [3]

Исходя из предложения о линейном характере связи между интенсивностью изнашивания  $\Sigma I$  сопряжения и коэффициентом трения  $f$ , параметр износа можно выразить следующим образом:

$$\Sigma I = \int_0^{\alpha} f(\alpha) d\alpha. \quad (1)$$

где  $\Sigma I$  – интегральный показатель износа,  $f(\alpha)$  – коэффициент трения в сопряжении по углу поворота коленчатого вала  $\alpha$ .

По данным рис. 1 видно, что в интервале температур 80...100°C можно ожидать интенсивности изнашивания на 40...50%



**Рис. 1.** Зависимости интегрального показателя износа от температуры моторного масла в двигателе КАМАЗ-740: 1 –  $\Delta = 94$  мкм; 2 –  $\Delta = 200$  мкм [3]

Согласно Фогельполю, коэффициент трения можно приближенно определить из выражений:

$$\begin{aligned} f &= \pi S_0 \psi \Rightarrow S_0 > 1, \\ f &= \pi \sqrt{S_0} \psi \Rightarrow S_0 < 1, \end{aligned} \quad (2)$$

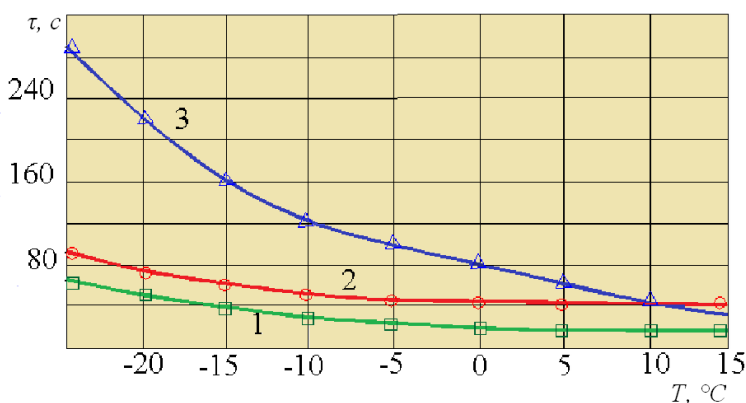
где  $S_0$  – безразмерное число Зоммерфельда;  $\psi$  – относительный зазор в сопряжении. Тогда условие надежной работы пары трения запишется в следующем виде:

$$\tau_{зан} < \frac{T_{кр} - T_0}{(C_1 \bar{P} \nu f - C_2 (T_{II} - T_C))}, \quad (3)$$

где  $\tau_{зан}$  – время запаздывания моторного масла («масляного голодания») к парам трения;  $C_1$  и  $C_2$  – постоянные коэффициенты, характеризующие свойства материалов поверхности и особенности работы пары трения;  $\bar{P}$  – давление;  $\nu$  – скорость скольжения;  $f$  – коэффициент трения;  $T_{II}$  – текущее значение температуры поверхности;  $T_C$  – температура окружающей среды;  $T_0$  – начальная температура поверхности;  $T_{кр}$  – критическая температура поверхности.

При значительном времени запаздывания  $\tau_{зан}$  поступления моторного масла, температуры поверхностей трения могут достигать критических значений  $T_{кр}$ . Это приводит к нарушению равновесия между адсорбцией и десорбцией молекул граничных слоев. в результате граничная смазочная пленка разрушается. Происходит рост доли металлического контакта, схватывание обнажившихся участков металла, ведущее к резкому увеличению коэффициента трения и интенсивному адгезионному изнашиванию.

Задержка поступления моторного масла к деталям двигателя зависит от конструкции системы смазки, температуры и вязкости моторного масла, производительности масляного насоса и других факторов. Стабильное поступление моторного масла в коренные подшипники коленчатого вала двигателя КАМАЗ-740 при температуре моторного масла от плюс 15°C до минус 20°C обеспечивается в среднем через 20...40 с после пуска при минимальном давлении в системе смазки (рис. 2). Недостаточное поступление моторного масла в двигатель ухудшает теплоотвод и защиту поверхностей от непосредственного контакта, может привести к повреждению поверхностей трения (разрушение поверхностей, аварийный износ, задиры, проворот вкладышей и др.) [4].



**Рис. 2.** Зависимость времени запаздывания моторного масла к подшипникам коленчатого вала в период пуска-прогрева двигателя КамАЗ-740 от температуры моторного масла: 1 – до min 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



Таким образом, перегрев пар трения во время холодного пуска-прогрева, связанный, как правило, с недостаточным расходом моторного масла, приводит к интенсификации износа пар трения, если брать во внимание значения интегральный показатель износа (см. рис. 1). Увеличение температурного режима на каждые  $10^{\circ}\text{C}$  приводит к росту интенсивности изнашивания в среднем на 10...15%. Следовательно, для снижения показателя износа пар трения и уменьшения момента сопротивления проворачиванию коленчатого вала необходимо разработать методику подготовки к пуску дизельного двигателя, реализованную через устройство тепловой подготовки и подачи моторного масла (ТП и ПММ), работающего совместно с предпусковым подогревателем.

Исходя из вышесказанного, нами предложена разработанная методика подготовки к пуску дизельного двигателя адаптированного к работе предпускового подогревателя, которая предусматривает проведение следующих операций:<sup>1</sup>

- при включении *клавиши I* (положение «I») на панели пульта начинает работу предпусковой подогреватель и загорается светодиодный индикатор;
- при включении *клавиши H* (положение «H») начинает работу нагревательный элемент устройства ТП и ПММ о чем сигнализирует светодиодный индикатор на пульте управления и сигнальная лампа (красная) на лицевой стороне информационной водительской панели;
- *ручка «терморегулятора»* осуществляет регулирование температуры нагрева охлаждающей жидкости на выходе из предпускового подогревателя (от  $30$  до  $90^{\circ}\text{C}$ );
- *клавиша П* служит для включения (положение «I») и выключения (положение «0») помпы при неработающем предпусковом подогревателе.

Далее операции производятся в *полуавтоматическом режиме*. После нагрева моторного масла, находящегося в устройстве, до температуры  $80-90^{\circ}\text{C}$  срабатывает датчик температуры и размыкает электрическую цепь питания нагревателя<sup>2</sup>.

Датчик температуры моторного масла устройства вмонтирован в корпус устройства и соединен последовательно с контактом нагревательного элемента. Далее срабатывает реле времени, открывается электрический клапан и запускается электрический масляный насос, о чем сигнализирует сигнальная лампа (желтая) 2 на лицевой стороне информационной водительской панели. Время работы реле 20-30 секунд. По истечении указанного времени реле времени размыкает электрическую цепь питания электрического масляного насоса. Работа устройства ТП и ПММ прекращается, о чем сигнализирует сигнальная лампа (зеленая) 3 на лицевой стороне информационной водительской панели.

Время работы устройства ТП и ПММ и предпускового подогревателя регламентируется нормативно-техническими документами по технической эксплуатации ВВСТ в соответствующих природно-климатических условиях и зонах и не должна превышать 30 минут.

Пуск двигателя производится по факту после прекращения работы предпускового подогревателя или после достижения температуры охлаждающей жидкости  $70-80^{\circ}\text{C}$ . Поступление новой порции моторного масла в устройство осуществляется после пуска двигателя в момент, когда электрический клапан открыт. Уровень моторного масла контролируется датчиком поплавкового типа, который установлен на крышке устройства ТП и ПММ. При срабатывании этого датчика электрический клапан отключается от источника питания и закрывает канал в маслопроводе.

<sup>1</sup> Управление устройством ТП и ПММ и предпусковым подогревателем, для облегчения производства операций, предлагается унифицировать в один пульт управления предпусковым подогревателем, а моторное масло с самого устройства подводить через маслопровод к грязеулавливающему каналу дальних шеек коленчатого вала дизельного двигателя.

<sup>2</sup> Для справки: время работы нагревательного элемента устройства ТП и ПММ при внешней температуре окружающей среды до минус  $30...35^{\circ}\text{C}$  составляет 11-16 минут (стендовый эксперимент 21 ЦНИИ г. Бронницы - протокол испытаний №1 и 2 от 28.05.2015)



Таким образом, внедрение данной методики, реализованной через применение устройства ТП и ПММ и предпускового подогревателя, позволит снизить износ пар трения на режиме пуска-прогрева дизельного двигателя за счет снижения времени запаздывания моторного масла к дальним шейкам коленчатого вала и комплексного прогрева дизельного двигателя.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Альмеев Р.И.* Улучшение пуска двигателей при низких температурах/ Проблемы экономичности и эксплуатации двигателей внутреннего сгорания: Материалы семинара (Межгосуд. науч.-технич. семинар, 2009 г., Саратов) – Саратов: ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2010. – С. 3-5.

2. *Жигadlo А.П.* Повышение эксплуатационных качеств автомобильных двигателей путем применения ленточных электроподогревателей моторного масла/ Дис. канд. техн. наук. – Оренбург: 2001. – 126 с.

3. *Ларин П.Г., Ерофеев М.Н., Кравченко И.Н., Жуков Л.В.* Методика определения оптимальных сроков службы машин с применением автоматизированной системы управления/ Современные проблемы науки и образования: электронный журнал. – М.: Российская академия естествознания, 2014. – № 1.

4. *Жуков Л.В.* Обоснование конструкции нагревательного элемента устройства для облегченного пуска двигателя военной и специальной техники при эксплуатации в особых условиях/ Надежность и долговечность машин и механизмов: сборник материалов VI Всероссийской научно-практической конференции. – Иваново: ИПС МЧС РФ, 2015. – С. 32-36.

**К. С. Иванов, А. В. Широухов, Н. А. Мороз**  
(ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России»)

## ПОКАЗАТЕЛИ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ УЗЛОВ И АГРЕГАТОВ МАШИН

В настоящее время предъявляются высокие требования к узлам и агрегатам машин в области их надежности. Для того чтобы оценить надежность какого-либо объекта, необходимо знать его техническое состояние. Процесс определения с известной точностью технического состояния объекта считается техническим диагностированием. Результатом такого диагностирования должно быть заключение о техническом состоянии объекта с указанием, если это необходимо, места, вида и причины дефекта.

Совокупность средств, объекта и исполнителей, осуществляющих диагностирование, называется системой технического диагностирования. Правила, по которым должно осуществляться диагностирование, называют алгоритмом технического диагностирования.

Эффективность технического диагностирования определяется следующими показателями [1]:

1. Вероятностью ошибки диагностирования, под которой понимают вероятность  $P_{ij}$  совместного наступления двух событий: объект диагностирования находится в техническом состоянии  $i$ , а в результате диагностирования признано, что он находится в техническом состоянии  $j$ . Если  $i = j$ , то  $P_{ij}$  является вероятностью правильного определения технического состояния  $i$  объекта.

2. Апостериорной вероятностью ошибки диагностирования, которой называют  $P_{ij}^A$  нахождения объекта диагностирования в состоянии  $i$  при условии, что получен результат диагностирования, по которому объект находится в состоянии  $j$ . Если  $i = j$ , то  $P_{ij}^A$  является апостериорной вероятностью правильного определения технического состояния объекта.

3. Вероятностью правильного диагностирования, т.е. полной вероятностью  $D$  того, что система диагностирования определяет то техническое состояние, в котором действительно находится объект диагностирования.

4. Средней оперативной продолжительностью диагностирования  $\tau_{\partial}$ .

5. Средней стоимостью диагностирования  $C_{\partial}$ .

6. Средней оперативной трудоемкостью диагностирования  $S_{\partial}$ .

7. Глубиной поиска дефекта, т.е. указанием составных частей объекта или их участков, с точностью до которых определяется место дефекта.

Следует сразу объяснить, что далеко не все машины, аппараты или приборы, выпускаемые промышленностью, могут быть подвергнуты диагностированию. Для осуществления диагностирования необходимо, чтобы контролируемый объект был контролепригодным.

Контролепригодность изделий характеризуется следующими показателями:

- коэффициентом полноты проверки исправности;
- коэффициентом глубины поиска дефекта;
- длиной теста диагностирования
- средним временем подготовки объекта к диагностированию заданным числом специалистов;
- средней трудоемкостью подготовки изделий к диагностированию;
- коэффициентом избыточности объекта, т.е. относительной массой или объемом составных частей объекта, не участвующих в диагностировании;
- коэффициентом унификации устройств сопряжения объекта со средствами диагностирования;
- коэффициентом трудоемкости подготовки объекта к диагностированию;
- коэффициентом использования специальных средств диагностирования;
- уровнем контролепригодности при дифференциальных и комплексных оценках.

Результат диагностирования зависит не только от состояния объекта, но и от требований, предъявляемых объекту при диагностировании, а они определяются назначением объекта. Поэтому при диагностировании, прежде всего, необходимо выявить диагностические параметры, по значениям которых должен определяться или оцениваться результат диагностирования. Таких параметров может быть произвольное количество, однако необходимо учитывать, что с увеличением количества диагностических параметров, возрастают трудоемкость диагностирования и сложность средств диагностирования. Поэтому обычно число параметров диагностирования выбирают от двух до шести.

Результат диагностирования зависит от погрешностей средств диагностирования, а вероятность ошибки диагностирования зависит от вероятностей появления различных технических состояний объекта диагностирования. Поэтому для проведения расчета показателей диагностирования необходимо знать вероятность появления тех или иных технических состояний и среднюю стоимость диагностирования.

Если состояние объекта диагностирования определяется совокупностью  $n$  независимых диагностических параметров и средство диагностирования определяет  $2^n$  состояния объекта, то вероятность  $P_{ij}$  вычисляют по формуле[2]:

$$P_{ij} = P_i^0 \sum_{l=1}^k P_l^c \prod_{y=1}^n f_{ijvl} , \quad (1)$$

где:  $f_{ijvl} = P_v - a_{vl}$ , если в состоянии  $i$  и  $j$  объекта, диагностический параметр  $v$  находится в поле допуска при условии, что средство диагностирования находится в состоянии  $l$ ;

$f_{ijvl} = a_{vl}$ , если в состоянии  $i$  объекта диагностический параметр  $v$  находится в поле допуска, а в состоянии  $j$ , он выходит за пределы поля допуска;

$f_{ijvl} = \beta_{vl}$ , если в состоянии  $i$  объекта  $v$  находится вне поля допуска, а в состоянии  $j$  этот параметр входит в поле допуска;

$f_{ijvl} = 1 - P_v - \beta_{vl}$ , если в состояниях  $i$  или  $j$  параметр  $v$  находится вне поля допуска;

$P_v$  – априорная вероятность нахождения параметра  $v$  в пределах поля допуска;

$a_{vl}$  – вероятность совместного наступления двух событий;

$\beta_{vl}$  – вероятность совместного наступления двух событий, параметр  $v$  находится вне поля допуска, а считается, что находится в его пределах.

Для систем диагностирования, предназначенных только для проверки работоспособности объекта, возможны два состояния: объект работоспособен и объект неработоспособен:  $m = 2$ . При этом значения индексов  $i$  и  $j$  соответствуют следующим состояниям объекта:  $i = 1$  – работоспособное и  $i = 2$  – неработоспособное. Для такой системы возможны два вида ошибок:  $i = 1, j = 2$ , т.е. объект неработоспособен, а признан работоспособным, и  $i = 2, j = 1$ , т.е. объект работоспособен, а признан неработоспособным. Этим случаям соответствуют вероятности  $P_{12}, P_{21}$ , которые рассчитывают по формулам:

$$P_{12} = P_1^0 \sum_{l=1}^k P_l^c P_{21l}^y = \sum_{l=1}^k P_l^c P_{2l}^a P_{12l}^b$$

$$P_{21} = P_2^0 \sum_{l=1}^k P_l^c P_{12l}^y = \sum_{l=1}^k P_l^c P_{1l}^a P_{21l}^b$$

где:  $P_1^0$  – априорная вероятность нахождения объекта в работоспособном состоянии;

$P_2^0$  – то же, для объекта диагностирования в неработоспособном состоянии; все остальные символы представляют собой условные вероятности при средстве диагностирования, находящемся в состоянии  $l$ :

$P_{21l}^y$  – признание работоспособного объекта неработоспособным;

$P_{12l}^y$  – признание неработоспособного объекта работоспособным;

$P_{2l}^a$  – признание объекта неработоспособным;

$P_{1l}^a$  – то же, работоспособным;

$P_{12l}^b$  – нахождения объекта диагностирования в работоспособном состоянии при получении результата диагностирования «объект находится в неработоспособном состоянии»;

$P_{21l}^b$  – нахождения объекта диагностирования в неработоспособном состоянии при результате диагностирования «объект работоспособен».

В тех случаях, когда состояние объекта определяется совокупностью  $n$  независимых диагностических параметров, вероятности ошибок  $P_{12}, P_{21}$  вычисляются по формулам

$$P_{12} = \sum_{l=1}^k P_l^c \left[ \prod_{v=1}^n P_v - \prod_{v=1}^n (P_v - a_{vl}) \right]$$

$$P_{21} = \sum_{l=1}^k P_l^c \left[ \prod_{v=1}^n (P_v - a_{vl} + \beta_{vl}) - \prod_{v=1}^n (P_v - a_{vl}) \right]$$

Возможен случай, когда средство диагностирования может находиться в одном из трех состояний:  $i = 1$  - работоспособность при правильной индикации своего состояния;  $i = 2$  - неработоспособность при индикации работоспособности средства измерения и работоспособности объекта в любом его состоянии;  $i = 3$  - неработоспособность при индикации работоспособности средства измерения и неработоспособности объекта при любом его состоянии. В этом случае вероятности ошибок вычисляют по формулам:

$$P_{12} = P_1^0 P_l^c P_{21l}^y + P_1^0 P_3^c = P_1^c P_{2l}^a P_{12l}^b + P_3^c P_{123}^b$$

$$P_{21} = P_2^0 P_l^c P_{12l}^y + P_2^0 P_2^c = P_1^c P_{1l}^a P_{21l}^b + P_2^c P_{212}^b$$

Если при тех же возможных состояниях средства диагностирования состояние объекта диагностирования определяется совокупностью  $n$  независимых диагностических параметров, то вероятности ошибок рассчитывают по формулам:

$$P_{12} = P_1^c \left[ \prod_{v=1}^n P_y - \prod_{v=1}^n (P_y - a_{v1}) \right] + P_3^c \prod_{v=1}^n P_y$$

$$P_{21} = \sum_{l=1}^k P_l^c \left[ \prod_{v=1}^n (P_y - a_{vl} + \beta_{vl}) - \prod_{v=1}^n (P_v - a_{vl}) \right] + P_2^c \left( 1 - \prod_{v=1}^n P_y \right)$$

Таким образом, разработка алгоритма диагностирования является одним из важнейших этапов создания автоматических контролирующих установок. При решении этой задачи нужно знать все свойства и параметры объекта диагностирования, необходимые для выбора диагностических параметров, характеристики средств диагностирования, которые можно использовать.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Карташова Л.Н.* Достоверность измерений и критерии качества испытаний приборов. М.: Издательство стандартов, 1967.
2. *Воронцов Л.Н., Корнодорф С.Ф.* Приборы автоматического контроля размеров в машиностроении. Учебное пособие для вузов - М: Машиностроение, 1988.
3. *Якушев А.И., Воронцов Л.Н., Федотов Н.М.* Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения. М.: Машиностроение, 1986.

**Ю. Б. Казаков, Н. А. Морозов, С. А. Нестеров**

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

#### ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ И РАСЧЕТА МАГНИТОЖИДКОСТНЫХ ДЕМПИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ

Многие виды промышленных машин и механизмов работают в тяжёлых условиях, осложняемых наличием вибрации разной амплитуды и частоты. Это в полной мере касается пожарной техники: насосного оборудования, автомобилей, средств пожаротушения, используемых в населённых пунктах и в условиях природных катастроф. Для защиты них от вибраций применяют демпфирующие устройства различных видов.

Широкое распространение получили гидравлические демпферы, диссипация энергии в которых происходит при движении жидкости через различные каналы и перепускные клапаны. Потери напора при течении жидкой среды в каналах и перепускных клапанах определяют вид силовой характеристики амортизатора. Течение жидкости происходит за счёт давления, создаваемого при возвратно-поступательном движении поршня в цилиндрическом корпусе. При этом компрессионные кольца, перекрывающие зазор между поршнем и корпусом, должны удерживать большой перепад давления. Компрессионные кольца за время эксплуатации изнашиваются и теряют свои рабочие свойства, что приводит к выходу амортизатора из строя. Управление силовой характеристикой гидравлических демпферов производится сложной механической системой, изменяющей размер дроселирующих отверстий и значения давления в жидкости, необходимого для открытия перепускных клапанов.

Эффективно применение в демпферах магнитореологической жидкости (МРЖ), которая обладает одновременно текучестью и магнитными свойствами и позволяет создавать управляемые демпфирующие устройства. МРЖ – это коллоидный раствор, способный менять свою структуру и вязкость под воздействием магнитного поля. Создание динамических виброгасителей с возможностью дистанционного регулирования их силовых характеристик и эффективности демпфирования в процессе гашения колебаний при помощи связи с автоматическими системами и следящими устройствами является преимуществом магнитожидкостных демпферов (МЖД) [1,2]. Получение стабильных рабочих характеристик МЖД возможно при высокой седиментационной устойчивости в гравитационных и градиентных магнитных полях жидкой среда, что определяет выбор МРЖ.

В МЖД можно упростить и разнообразить конструктивные исполнения, активнее влиять на формирование силовой характеристики и вязкостную диссипацию энергии колебания за счёт использования зазора между поршнем и корпусом демпфера. Обычно применяют магнитную жидкость на основе твёрдой фазы большого размера. Чаще всего – это карбонильное железо с диаметром частиц до 50 мкм. Такая магнитореологическая суспензия (МРС) позволяет получить значительные изменения вязкости суспензии в слабых магнитных полях. Недостатком МРС является возможность объединения частиц твёрдой фазы в крупные агрегаты, особенно в градиентных магнитных полях, и изменение свойств рабочей среды. Рабочие характеристики таких МЖД могут быть нестабильны.

Устойчивость МРЖ очень высока, что обеспечивается дисперсностью твёрдой фазы до наноразмеров 10 – 20 нм. Магнитные свойства и диапазон изменения вязкости снижаются, но при этом можно гарантировать стабильность рабочих характеристик МЖД, что часто является важным требованием эксплуатации.

Особенностью МЖД является возможность эффективного использования щелевого зазора между поршнем и корпусом демпфера, что совсем не используется в гидравлических демпферах.

Вязкость МРЖ  $\eta$  растёт по мере увеличения значений индукции магнитного поля  $B$  в рабочем зазоре и градиента сдвигового течения  $\gamma$  на 0,2 – 0,3 от вязкости жидкой среды при отсутствии магнитного поля, что видно по кривым рис. 1, на котором показаны магнитореологические характеристики, касательное напряжение  $\tau$  в среде от скорости сдвигового течения  $\gamma$ . Здесь обозначены согласно теории псевдопластичных сред динамическое напряжение  $\tau_d$  при развитом течении и напряжение в структурированной среде  $\tau_0$  в начале разрушения. Даже малое изменение вязкости позволяет заметно влиять на силовую характеристику МЖД из-за большой площади поршня сравнительно с площадью щелевого зазора. Однако расчёт вязкостных потерь сопряжён со значительными трудностями, так как значения напряжённости магнитного поля в разных областях зазора отличаются в несколько раз, что вызывает изменение вязкости МРЖ при её течении в рабочем зазоре. Связано это с конструкцией поршня в виде П-образной магнитной системы с двумя полюсами, образующими кольцевые щелевые рабочие зазоры с поперечным магнитным полем, и катушкой между ними [2].

Можно локализовать три области зазора: под полюсом – с практически постоянным значением напряжённости магнитного поля; у границы полюса – с резким изменением неё и между полюсами над катушкой – где значение напряжённости магнитного поля постоянно. Для каждой области следует определить средние значения напряженности магнитного поля по специальным расчётным коэффициентам, зависящим от силы магнитного поля и геометрии системы. Такой подход позволяет получить оценку силовой характеристики МЖД, вязкостных потерь в нём и средней скорости течения МРЖ в зазоре системы.

Кривая распределения скорости течения жидкости в зазоре будет одинакова во всех областях зазора независимо от значения магнитного поля в них. При этом максимальная и средняя скорости течения определяются скоростью движения поршня относительно корпуса и эквивалентным сопротивлением течению жидкой среды всего рабочего зазора, являющееся совместным сопротивлением всех локальных областей зазора.

Течение МРЖ в поле существенно отличается от течения обычных жидкостей [3], что необходимо учитывать при определении поля скоростей и расхода среды. Характер течения МРЖ в поперечном магнитном поле показано на рис. 2.

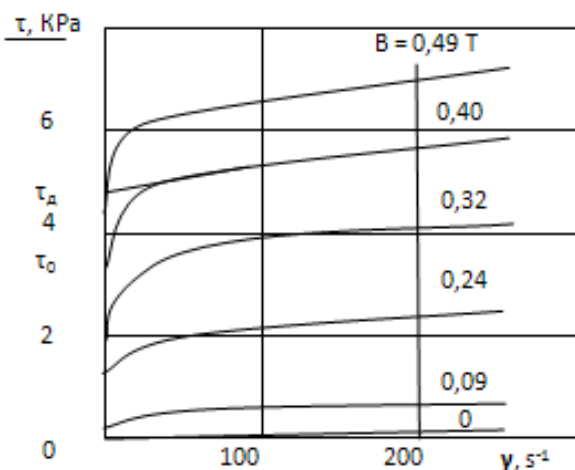


Рис. 1. Реологические характеристики МРЖ

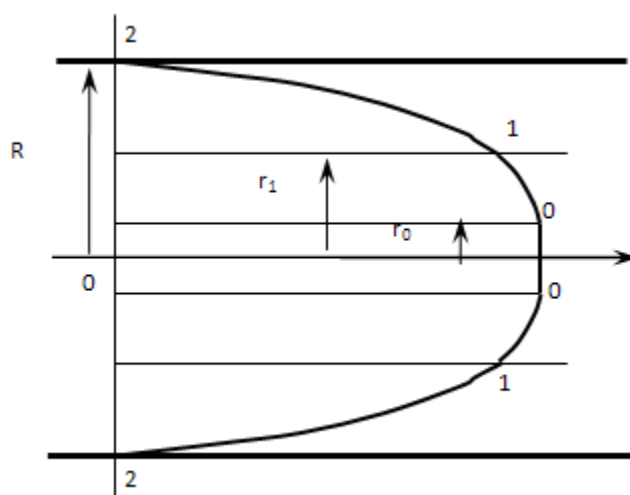


Рис. 2. Схема течения жидкости с изменяющейся динамической вязкостью

На участке **0-0** скорость течения постоянна, образуется стержневое тело течения, где малые скорости сдвига не могут разрушить образованные диполь-дипольным магнитным взаимодействием частиц структуры в коллоидной системе. Структуры ещё и усилены внешним магнитным полем. На участке **0-1** по обе стороны от оси течения скорость сдвига слоев мала. Поле скоростей зависит от большой динамической вязкости, которая соответствует наличию в жидкости значительного количества неразрушенных агрегатов в виде цепочечных структур, которые ориентируются внешним магнитным полем.

На участке **1-2** по обе стороны от оси течения скорость сдвига слоев велика, все агрегаты разрушены. Динамическая вязкость равна вязкости двухфазной коллоидной системы с учетом тормозящего действия внешнего магнитного поля. Начальная скорость течения на участке **0-1** определяется максимальной скоростью течения жидкости на участке **1-2**, а скорость среды на участке **0-0** равна максимальной скорости на участке **0-1**.

Падения напора в областях зазора под полюсами и между ними будут отличаться друг от друга пропорционально средним значениям вязкости МРЖ на этих участках. В свою очередь вязкость МРЖ зависит не только от свойств жидкости носителя, но и от концентрации нанодисперсной твёрдой фазы, значения магнитной индукции поля в зазоре и градиента сдвига поверхностей зазора.

При проектировании и расчёте МЖД необходим взаимосвязанный анализ нескольких физических полей, что предполагает использование взаимосвязанного конечно-элементного моделирования электромагнитного, гидродинамического и температурного полей. Возвратно-поступательное движение поршня, его колебательный характер, создаёт дополнительные трудности, что вызывает изменение градиента сдвига и реологических свойств МРЖ за время одного хода поршня.

Практически во всех случаях область диссипации энергии в МЖД представляет собой чередующиеся участки с наличием и отсутствием магнитного поля (полюса и межполюсные пространства). Сложность расчета силовой характеристики состоит в том, что профиль скорости потока и вязкость жидкости на каждом из участков могут быть различны и определяться свойствами МЖ. Предложенный порядок расчета силовой характеристики МЖД представлен на рис. 3 [3].

Перед началом расчета необходимо задать геометрические параметры рабочей зоны МЖД, свойства МЖ и необходимую силу сопротивления демпфера. По результатам расчета получают скорость движения поршня и перепад давления при данной силе сопротивления. Из предположения о равномерном падении напора по длине поршня находят перепад давления на полюсе предварительный. С учетом свойств МРЖ определяют параметры профиля течения и расход среды  $Q_{\Sigma}$  с учётом разных профилей течения под полюсом и в межполюсном пространстве. Далее находят значение перепада давления на поршне уточненное и сравнивают его с принятым ранее.

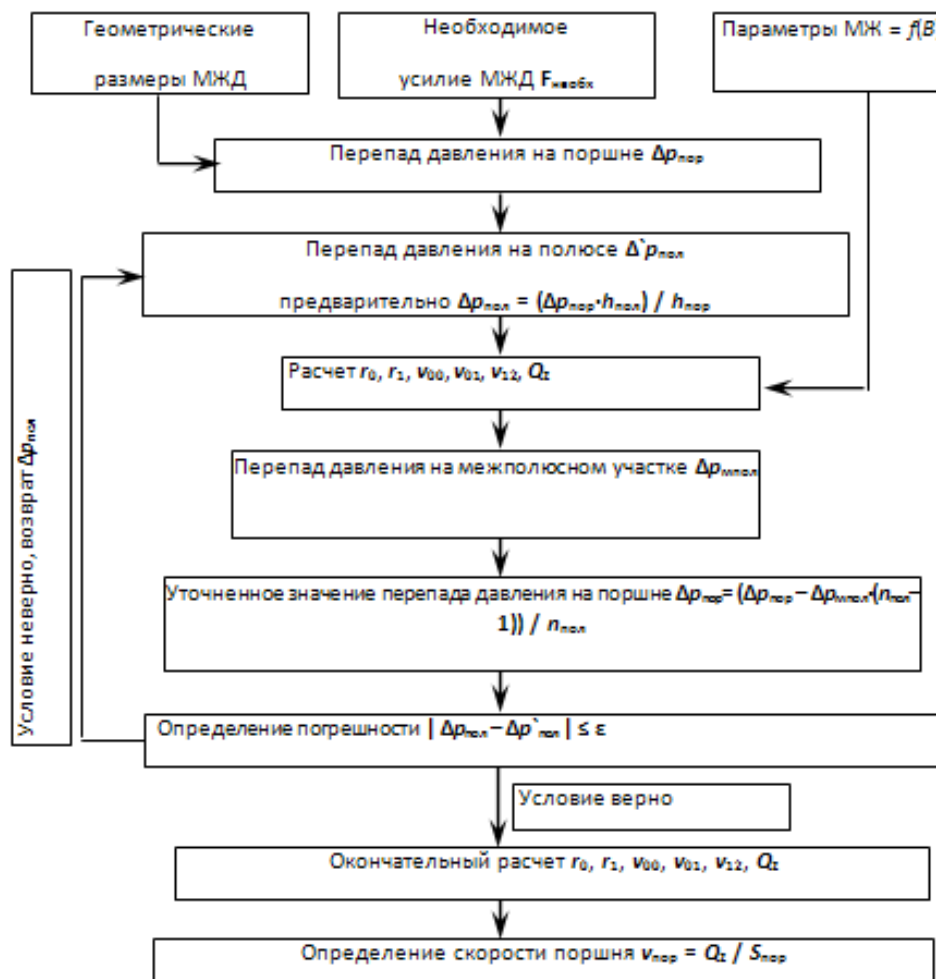


Рис. 3. Порядок расчета силовой характеристики магнитожидкостного демпфера

Если разница меньше заданной величины, то проводят расчет параметров течения, расхода среды и скорости движения поршня. Если разница между принятым ранее и расчётным значением больше заданной величины, то новое значение падения давления на поршне возвращается в начало цикла и расчет повторяется. По приведённому алгоритму проведены расчёты силовых характеристик демпфера с МРЖ, согласующиеся с представлениями о происходящих в демпфере процессах.

Применение магнитореологических жидкостей позволяет разрабатывать магнитожидкостные демпферы, в которых возможно управляемое регулирование силовой характеристики и энергии вязкостной диссипации в процессе гашения колебаний.

Разработана методика расчёта характеристик магнитожидкостного демпфера, которая позволяет рассчитывать силовую характеристику демпфера. Методика может быть использована при разработке новых типов магнитожидкостных демпферов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Морозов Н.А.*, Нанодисперсные магнитные жидкости в технике и технологиях / Н.А. Морозов, Ю.Б. Казаков ФГБОУВПО «Иван. гос. энерг. ун-т им. В.И. Ленина». – Иваново, 2011. – 264 с.
2. *Морозов Н.А.* Типовые конструкции демпферов на основе нанодисперсных магнитных жидкостей / Н.А. Морозов, С.А.Нестеров //15-я Международная Плесская конференция по нанодисперсным магнитным жидкостям. 4 – 7 сентября, Плёт, Россия: сб. научных трудов. – Иваново, 2012. – С. 307 – 314.
3. *Казаков Ю.Б.* Расчетный анализ силовой характеристики электромеханического магнитожидкостного демпфера / Ю.Б. Казаков, Н.А. Морозов, С.А.Нестеров // Вестник ИГЭУ. – 2012. – Вып. 6. – С. 17–22.

***В. А. Калинин, А. В. Топоров***

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

#### **ПРИМЕНЕНИЕ САМОДВИЖУЩИХСЯ ШАССИ ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВКИ ПОЖАРНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ВООРУЖЕНИЯ**

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. 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 данной работе предлагаю разработать сверхмалую пожарную машину на базе тележки строительной с приводом. Поскольку данный вид транспорта имеет хорошую проходимость на немвозможно вывозить пожарно-техническое оборудование. Такая сверхмалая



пожарная установка может быть востребована в дачных кооперативах, а так же в удаленных районах, где применение полноценных пожарных автомобилей экономически не оправдано, а перемещение пожарно – технического вооружения вручную затруднено.

Базовым шасси для изготовления подобных устройств может послужить Zallys R6 4-колесная грузовая тележка (рис. 1) с электрическим приводом предназначенная для работы в труднопроходимой местности, в частности на песке или илистой почве [1, 2]. Снабжена двумя двигателями. По ровной поверхности R6 может перевозить груз весом до 1000 кг, ее тяговое усилие достигает 12000 кг. Рама выполнена из стали и покрыта краской для наружного применения. Тележка может быть дополнена разными кузовами, которые легко менять. Оба двигателя снабжены электромагнитным тормозом, который блокирует колеса, предотвращая случайное скольжение полностью нагруженной тележки даже на поверхности с уклоном 30%. Зубчатая передача помещена в масляную ванну, что исключает необходимость технического обслуживания.

Предлагаемую сверхмалую пожарную машину предполагается построить на базе стандартного самоходного шасси и оснастить мотопомпой, рукавами для забора воды из водоема, рукавами для подачи воды к месту возгорания, стволами, трехходовым разветвлением и шанцевым инструментом для разбора конструкций. В другом варианте оснащения возможно на это шасси установить порошковый огнетушитель массой 100 кг, цистерну, огнетушитель углекислотный, запас рукавов и стволы.

Такой подход позволит осуществлять транспортировку значительного количества пожарно – технического вооружения без использования специальных полногабаритных пожарных автомобилей, тем самым обеспечив наибольшую эффективность работы при минимальных затратах.

## ЛИТЕРАТУРА

1. <http://svexc.ru/>
2. <http://www.youtube.com/watch?v=iJmeQQYRl2Y>.

*И. А. Калинин, В. В. Киселев*

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

## ОСНОВНЫЕ ПРИЧИНЫ ВЫХОДА ИЗ СТРОЯ ДЕТАЛЕЙ ТОРМОЗНЫХ СИСТЕМ ПОЖАРНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Система торможения любого автомобиля – это основная система, ответственная за надежное и безопасное движение на дороге. Минимальный сбой данной системы может привести к фатальному результату, а поэтому требует немедленному устранению.



а)



б)

**Рис. 1.** Zallys R6 4-самодвижущееся шасси с грузовой платформой (а) и без нее (б), оснащенная электрическим приводом

При движении автомобиль выделяет кинетическую энергию, при торможении автомобиля она превращается в тепловую. Преобразователем энергии служит тормозная система. Следовательно, тормозная система работает тем лучше, чем быстрее будет выходить тепловая энергия. При перегреве тормозных колодок, их составляющие вещества постепенно исчезают и качество работы тормозной системы ухудшается. То же наблюдается и при перегреве тормозной жидкости. При её перегреве тормоза становятся мягкими, и вероятность внезапного отказа увеличивается в разы. Тормозной диск тоже со временем может выйти из строя, если будет перегреваться. Надёжность работы всей тормозной системы напрямую зависит от температуры тормозных дисков. Исходя из этого, видно, что насколько качественней запчасть тормозной системы, настолько безопасней эксплуатация автомобиля.

Современная рабочая тормозная система пожарного автомобиля – гидравлическая, т.е. усилие от нажатия на педаль тормоза на тормозную колодку передается жидкостью, в данном случае тормозной жидкостью. От качества тормозной жидкости (плотность, наличие микрочастиц износа уплотнителей тормозных цилиндров, наличие воды и продуктов химического распада в результате старения тормозной жидкости) напрямую зависит эффективность торможения. При проведении технического обслуживания пожарной техники рекомендуется производить операцию замены тормозной жидкости 1 раз в год.

При нажатии на педаль тормоза усилие через шток передается на поршень главного тормозного цилиндра, поршень выдавливает тормозную жидкость в тормозные трубки и шланги, жидкость давит на поршень рабочего тормозного цилиндра, который, в свою очередь, прижимает тормозную колодку к тормозному диску или барабану. В этой цепочке важнейшее значение имеет герметичность системы. Иначе сначала в систему попадет воздух, что резко снизит работоспособность тормозов, а затем произойдет утечка тормозной жидкости, что приведет к невозможности торможения.



**Рис. 1.** Неисправный рабочий тормозной цилиндр

На основе анализа данных основными причинами выхода из строя рабочей тормозной системы пожарных автомобилей – это слабое или одновременное действие тормозов, плохое растормаживание или заклинивание колодок тормозных механизмов.

Слабое действие тормозов обнаруживается по возрастанию тормозного пути. У пожарных автомобилей полной массой более 12 тонн (КамАЗ, Урал) при торможении со скорости 40 км/ч тормозной путь не должен превышать 17,7 м, а у автомобилей полной массой от 3,5 до 12 т (ЗиЛ) - 18,4 м. Тормозной след, от левых и правых колес должен быть одинаковой длины. Причиной слабого действия тормозов может быть не герметичность тормозного привода, попадание воздуха в систему гидравлического привода или недостаточное количество тормозной жидкости, нарушение регулировки тормозных механизмов, износ или замасливание накладок или тормозных барабанов, недостаточное количество сжатого воздуха в пневматическом приводе из-за его утечки, неисправности компрессора или регулятора давления, замерзание конденсата в пневмосистеме.

Негерметичность гидравлического привода обнаруживается по подтеканию жидкости в соединениях, негерметичность пневматического привода по падению давления воздуха в пневмосистеме при неработающем двигателе. На пожарных автомобилях на базе КамАЗ работоспособность и герметичность контуров проверяют по показанию манометра, установленного в кабине и контрольного манометра, подсоединяемого поочередно к клапанам контрольного вывода контуров привода. На автомобилях Урал и ЗиЛ герметичность привода оценивается по падению давления в системе, которое не должно превышать 50 кПа за 30 минут по показанию манометра, установленного в кабине.

Места, утечки определяются на слух или с помощью мыльного раствора. Негерметичность привода устраняется подтягиванием креплений, заменой деталей.

Неодновременное действие тормозов обнаруживается по заносу автомобиля при торможении. Причиной этого может быть нарушение регулировки тормозных механизмов, засорение трубопроводов или замерзания в них конденсата, замасливание отдельных колодок.

Плохое растормаживание или заклинивание колес происходит вследствие поломки стержней, пружин, обрыва накладок, разбухания манжет и заклиниванию поршней колесных цилиндров.

В зависимости от причины неисправность устраняется регулировкой тормозных механизмов, заменой поломанных пружин, переклепкой накладок, ремонтом колесного цилиндра.

Современные автомобили оборудованы достаточно надежными тормозными системами, однако надежность их работы обуславливается прежде всего компетентностью водительского состава и своевременностью проведения необходимых диагностических и ремонтных работ. В состав тормозной системы не должны входить детали или эксплуатационные материалы, отработавшие ресурс или имеющие критический износ.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Гаркунов Д.Н.* Триботехника (износ и безызносность). – М.: «Издательство МСХА», 2001. – 616 с.
2. *Шестопалов С. К.* Устройство, техническое обслуживание и ремонт грузовых автомобилей. – М.: Издательский центр «Академия», 2005 – 544 с.

***Н. С. Карев, П. В. Пучков***

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

## КОРРОЗИОННОЕ РАЗРУШЕНИЯ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

Коррозия машин – разрушение металлических частей машины (механизма и др.) под воздействием агрессивной окружающей среды, вследствие нерационального выбора конструкционного материала для изготовления механизма и небрежной эксплуатации.

В системе МЧС используется большое количество дорогостоящей специализированной техники, которая подвержена неблагоприятному воздействию окружающей среды. По статистике 25% поломок пожарной и аварийно-спасательной техники происходит по вине коррозионных процессов. Некоторые детали автомобиля (механизма) поврежденные коррозионными процессами можно заменить, отремонтировать, а другие, такие как кузов или рама – зачастую становятся непригодными для дальнейшей эксплуатации. Известно, что борьба с коррозией и её последствиями требует финансовых затрат, поэтому продление срока службы металлических частей машин и механизмов является актуальной проблемой на сегодняшний день.

Средний срок службы автомобиля составляет около 15 – 20 лет (зависит от многих факторов). Срок службы автомобиля резко снижается при его эксплуатации в неблагоприятных условиях, при неправильном хранении и обслуживании. Чаще всего автомобиль выходит из строя из-за коррозионных разрушений (коррозии) его деталей: кузова, трубопроводов, элементов тормозных систем, рам и других важных узлов. (см. рис.1).



**Рис. 1.** Коррозия металлических деталей автомобиля

В легковых автомобилях и автобусах быстрее всего подвергается коррозии кузов. В грузовых – кабина, рама и другие детали и элементы конструкций. Кузов, кабина, рама подвергаются чаще всего чисто коррозионному износу, а трансмиссия, двигатель – коррозионно-механическому и механическому разрушению (износу).

Коррозию автомобиля, по условиям протекания, можно подразделить на следующие виды коррозии:

- коррозию в неэлектролитах (масляная и топливная системы);
- газовую (разрушение выпускной трубы, глушителя, на фасках тарелок выпускных клапанов в камерах сгорания);
- в электролитах (в местах застоя влаги);
- контактную (места контакта металлов с разным электродным потенциалом);
- атмосферная (при хранении, транспортировки и эксплуатации автомобиля);
- щелевая (в зазорах и узких щелях);
- структурная (в местах с неоднородностью состава металла, например, после сварки);
- в условиях трения (наблюдается в узлах трения, где есть коррозионная среда);
- под напряжением (на поверхностях, которые находятся под напряжением);

Атмосферной коррозии подвержены все транспортные средства, эксплуатируемые на открытом воздухе. Поверхности кузова автомобиля (гусеничной техники и т.д) при эксплуатации неизбежно подвергаются увлажнению и загрязнению, что является первопричиной возникновения и развития коррозионных процессов.

Причиной коррозии служит термодинамическая неустойчивость конструкционных материалов к воздействию веществ, находящихся в контактирующей с ними среде. Любая металлическая поверхность автомобиля является электрохимически неоднородной (некоторые контактирующие фазы имеют разные электродные потенциалы). Поверхность с меньшим значением электродного потенциала (при контакте с электролитом) становится анодной, а с большим – катодной. Каждая пара неоднородных участков образует короткозамкнутый гальванический элемент. Таких работающих гальванических элементов на поверхности автомобиля очень много. При этом идет разрушение только анодных участков. В настоящее время известно более тридцати пяти факторов, влияющих на скорость атмосферной коррозии, основными из которых являются: степень увлажнения металла, состояние поверхности конструкции (пористость, загрязненность), химический состав атмосферы (наличие гигроскопических и агрессивных продуктов) и т.д.

Очень опасными для автомобиля являются различного рода зазоры, трещины лакокрасочного покрытия, швы контактной сварки кузова и т.п. В них скапливается и застаивается влага. Развивается щелевая коррозия. Кислород, который находится в щели, очень быстро вступает в химическую реакцию с металлом кузова. В итоге, образуются зоны обедненные



кислородом (анод) и с нормальным его доступом (катод). Возникает гальванический элемент. Поэтому очень важно, чтобы целостность лакокрасочного слоя, защищающего кузов автомобиля от негативного воздействия окружающей среды не была нарушена. Также установлено, что коррозии стальных деталей автомобиля способствует наличие в составе углеродистой стали такой постоянной и вредной примеси как сера. Поэтому для изготовления деталей машин следует использовать высококачественную углеродистую сталь с низким содержанием серы  $S \leq 0,03\%$ .

Помимо атмосферной коррозии, автомобиль может подвергаться и химической высокотемпературной коррозии. Ярким примером химической высокотемпературной коррозии является разрушение выпускного тракта двигателя под воздействием отработавших газов. (см. рис. 2) Также газовая химическая коррозия автомобиля может наблюдаться и в его топливной системе, если в топливных жидкостях присутствуют примеси сероводорода, меркаптанов, элементарной серы и т.д. При этом корродируют металлические вкладыши подшипников.



**Рис. 2.** Резонатор автомобиля, разрушенный вследствие газовой коррозии

Следует отметить, что процесс коррозии невозможно остановить полностью, его можно только замедлить. Коррозионные процессы наносят огромный материальный ущерб экономикам всех стран и приводят к медленному разрушению машин, механизмов и металлоконструкций. Основной целью решения проблемы коррозии машин и механизмов является продление сроков эксплуатации различных машин до их морального износа. Защита от коррозии в целом представляет комплекс мероприятий, направленных на предотвращение и ингибирование коррозионных процессов, сохранение и поддержание работоспособности узлов и агрегатов машин, оборудования и сооружений в требуемый период эксплуатации.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Иванов А.В., Пучков П.В., Тимофеева С.В.* Причины коррозионного разрушения деталей пожарной и аварийно-спасательной техники Сборник материалов III Межвузовского научно-практического семинара «Надёжность и долговечность машин и механизмов» (25 апреля 2012 года)/ Сост. В.В. Киселёв. – Иваново: ООНИ ЭКО ИВИ ГПС МЧС России, 2012. – с. 77-80.

2. *Пучков П.В., Акулов А.Е., Паранин И.С.* Протекторная защита от коррозии сварных швов пенобаков пожарных автоцистерн. Современные технологии обеспечения гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций: сб. ст. по материалам всерос. науч.-практ. конф. с междунар.уч., 19 апр.2013 г. / ФГБОУ ВПО Воронежский институт ГПС МЧС России. —Воронеж, 2013. с.92 – 94.

**Б. Р. Киселев**

(ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет»)

## ЗАДАЧИ СОВРЕМЕННОГО РЕДУКТОРОСТРОЕНИЯ

К сожалению, редукторная наука последние три десятилетия была инертна и далека от стремительных преобразований. Поэтому редукторы сделаны, как под копирку, на основе применения примитивных зубчатых технологий, господствовавших еще во времена СССР.

Все эти конструкции предусматривают изготовление зубьев колес по 8 - 9-й степени точности, из-под фрезы, без требуемой термообработки и последующих чистовых операций – шлифование зубьев, продольной и профильной их модификации. В конструкциях всех этих редукторов предусмотрены подшипники с максимальным ресурсом эксплуатации 5 тысяч часов. Современный редукторный мир применяет подшипники с ресурсом 50 тысяч часов, то есть в 10 раз больше! Такие подшипники изготавливает, например, шведская интернациональная машиностроительная компания — SKF (ведущий мировой производитель подшипников, инструментов и приборов для монтажа, демонтажа, эксплуатации и диагностики технического состояния, уплотнений, систем смазки и смазочных материалов). Устаревшие модели редукторов уже далеко не всегда соответствуют современным требованиям и во многом уступают зарубежным редукторам. Зачастую, не смотря на относительную дешевизну отечественных приводов, использовать их невыгодно. Состояние Российской редукторной отрасли сегодня катастрофическое, так как конкуренция США, Канады, Японии, европейских редукторных производителей весьма высокая и выдержать многим предприятиям такую ситуацию тяжело.

В сложившейся ситуации при выборе редуктора Российский потребитель отдает предпочтение на 36% фирмам Германии, на 29% Италии, а также Китая, Англии, Турции, Испании, так как заказ отечественного производства составляет приблизительно четвертую часть - 25%. Мало того, редукторный «синдром Китая» в России и в Европе нарастает стремительными темпами. Сегодня ни для кого не секрет, что есть случаи, когда «произведено в Европе» на самом деле – «произведено в Китае», так как сегодня уже никто китайские редукторы не может отличить от европейских производителей [1].

В связи с этим поставлена государственная и общественная задача огромной важности производства российских редукторов и мотор-редукторов, не только не уступающих, но и превосходящих зарубежные. Причем речь идет о качественном изготовлении передач и редукторов, создании передач с особыми конструктивно-эксплуатационными свойствами, а также использовании эффективных смазочных материалов. А для того чтобы получить такие редукторы, необходимы научные передовые разработки, исследования, нестандартные технические решения, испытания, результаты которых должны быть доведены до внедрения в производство.

Надо с удовлетворением констатировать, что на сегодняшний день поставленная задача по развитию редукторостроения и триботехнических решений повышения эффективности работы механических передач успешно решается. Российские производители редукторостроения развивают свою деятельность сразу в нескольких направлениях, главные из которых: расширение номенклатуры выпускаемых изделий с учетом того, что предлагают зарубежные фирмы, а также новых типов редукторов; модернизация типовых моделей; совершенствование механических передач; применение современных решений материаловедения; повышение качества продукции за счет строгого соблюдения технологических операций и разных способов контроля. В модернизации стандартных редукторов одним из основных является принцип конструктивной преемственности. Это значит, что конструкции модернизированных редукторов (мотор-редукторов) построены на базе прежних, ранее применявшихся изделий или предусматривают сохранение всех присоединительных размеров, что позволяет потребителям без каких-либо дополнительных затрат перейти к использованию усовершенствованных конструкций. Что касается триботехнических задач для повышения надежности работы редукторов, то во многом они связаны с применением смазочных материалов (СМ) [2]. В связи с этим на рынке СМ с каждым годом появляются новые виды присадок к маслам как отечественных, так и зарубежных производителей известных фирм «Optimol», «Tribol», «Castrol», «Shell», «Petro Fina», «ZIC», «Xado», «Chevron», «Mitsubishi», «Ltd», «Lubricants», «Mobil», «Lukoil», «Славнефть», «Роснефть», «Газпромнефть» и др.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Парубец, В.И.* Борьба и искать! Найти и не сдаваться! / В.И. Парубец. Интервью Ген. директора НТЦ Редуктор, посвященное 20-летию предприятия НТЦ «Редуктор» - <http://www.reduktorntc.ru>.

2. *Гаркунов, Д.Н. Триботехника* / Д.Н. Гаркунов, Э.Л. Мельников, В.С. Гаврилюк. - М.: КНОРУС, 2015. - 408 с.

**Б. Р. Киселев**

(ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет»)

**МОДЕРНИЗАЦИЯ И НОВЫЕ КОНСТРУКЦИИ ЧЕРВЯЧНЫХ РЕДУКТОРОВ**

Развитие современного редукторостроения связано с внедрением новых механизмов, которые обеспечивают надежность эксплуатации, связанную с продлением срока работы, что является мощным технико-экономическим фактором. В связи с этим червячные передачи и редукторы должны обеспечивать высокие требования прочности, жесткости, теплостойкости, вибростойкости и износостойкости. Последнее во многом зависит от условий смазки и смазочных материалов в червячной паре трения.

Актуальной задачей эксплуатации червячных редукторов является реальное повышение ресурса. В основе решения - идеи модернизации, т.е. значительного усовершенствования конструктивных и технологических параметров типовых конструкций редукторов, а также решения триботехнических задач.

Прогресс редукторостроения заключается и в научно-техническом сотрудничестве между российскими (НТЦ «Редуктор», Санкт-Петербург; НТЦ «Приводная техника», Москва; ОАО «Редуктор», Ижевск) и западными производителями: испанские, бельгийские и итальянские редукторные фирмы.

В основе сотрудничества соблюдение паритета – совместные исследования, разработка, изготовление и сборка продукции. Таким примером является серия редукторов ES совместного производства (НТЦ «Редуктор», Санкт-Петербург, испанская фирма «Pujo! Muntalá» и бельгийская «Watteeuw»), гарантия до 10 лет [1]. Например, Английская фирма «David Brown» более 50 лет сохраняет мировое лидерство в этой области. Её червячные редукторы и передачи, к.п.д. которых был доведён до 95%, повсеместно вытеснили глобоидные и гипоидные редукторы и передачи. Успех этой фирмы и преимущества их червячных редукторов не случайны. Они базировались на глубочайших научных знаниях и «ноу-хау».

Передовыми предприятиями России в современном производстве редукторов являются НТЦ «Редуктор», НТЦ «Приводная техника». Важнейшие конструктивно-технологические отличия червячных редукторов, производимых НТЦ «Редуктор» (г. Санкт-Петербург), состоят в том, что при выборе исходных геометрических параметров, расчётах, проектировании и изготовлении червячных передач учитываются принципиально новые свойства зацепления, которые разработаны специалистами и защищены патентами [2 и др.]. В разработках НТЦ «Редуктор» имеются новые концепции о модификации сопряженных поверхностей витка червяка и зубьев колеса для повышения эксплуатационных показателей и надёжности производимой продукции. Важным фактором надёжности является точность изготовления передачи и редуктора, которая достигается на 2–3 степени выше, чем у других производителей. Благодаря уточнённым прочностным расчётам червячных передач, интегрально учитывающему свойства локальных зон зацепления, внесены коррективы в исходные поверхности, в том числе углов профиля. Изготавли-

ваются червячные передачи с повышенной заходностью червяков  $Z_1 = 3, 4, 5$  и более, а также многозаходные червяки с эффектом самоторможения. Если все в России, да и за рубежом, предлагают червячные редукторы с межосевым расстоянием  $a_w \leq$  до 160 мм, то НТЦ «Редуктор» расширил эти диапазоны вплоть до 630 мм. НТЦ «Редуктор» предлагает на порядок более экономичные цилиндрическо-червячные редукторы и мотор-редукторы ЦЧ-100, ЦЧ-125, ЦЧ-160, МЦЧ-100, МЦЧ-125, МЦЧ-160. Аналогично планетарно-червячные редукторы и мотор-редукторы ПЧ-100, ПЧ-25, ПЧ-160. Они пользуются повышенным спросом.

Существенно расширил номенклатуру выпускаемой приводной техники Санкт-Петербургское ОАО «Завод Редуктор». Предприятием внедрена в серийное производство широкая гамма червячных одноступенчатых и двухступенчатых редукторов и мотор-редукторов.

НТЦ «Приводная техника» (г. Москва), учитывая потребности клиентов, не так давно пополнил свой ассортимент новой серией червячных редукторов и мотор-редукторов 7Ч. В конструкции редукторов серии 7Ч удалось за счет оптимального подбора параметров червяка повысить к.п.д. в среднем на 5 – 10%. Простые в эксплуатации червячные редукторы и мотор-редукторы серии 7Ч/7Ч2 (7МЧ/7МЧ2) предназначены для машин с повторно-кратковременным и непрерывным режимами работы. Редукторы выпускаются в 30 вариантах исполнения, в т. ч. с двухсторонним выходным валом, что особенно удобно для использования в подъемно-транспортных машинах.

ОАО «Электромеханика» (г. Санкт-Петербург) занимается проектированием и поставкой редукторов для передачи мощности от 1,5 до 220 кВт с передаточным числом до 150 в вертикальном и горизонтальном исполнении. Оборудование, разработанное специалистами этого предприятия, успешно конкурирует по качественным характеристикам с аналогичной продукцией фирм «Hansen», «Sumitomo» и др.

ОАО «Редуктор» (г. Барыш, Ульяновская обл.) специализируется на выпуске одно- и двухступенчатых червячных редукторов. Сегодня завод изготавливает все типоразмеры редукторов, предусматривая шесть вариантов расположения червячной пары в пространстве, пять вариантов крепления редуктора и восемь вариантов сборки. Предприятие расширило типоразмерный ряд редукторов, и сегодня он включает модели Ч-40, 1Ч-63А, 5Ч-80, 5Ч-100, 5Ч-125, 1Ч-160, 5Ч2-125 и 1Ч2-16.

Ижевский редукторный завод (ОАО «Редуктор») выпускает червячные редукторы Ч-80, Ч-100, Ч-125, 1Ч-63А, 1Ч-160, Ч2-160. Все модели способны передавать как постоянную, так и переменную нагрузку в одностороннем направлении и реверсивно. Завод освоил восемь вариантов сборки. Редукторы могут работать при шести различных расположениях червячной пары в пространстве. Частота вращения входного вала не более 1800 об/мин. Все корпуса выпускаемых червячных редукторов имеют оребрения, улучшающие теплоотвод. Для охлаждения редукторов на червячном валу установлен вентилятор. ОАО «Редуктор» (Ижевск) встал на путь сотрудничества с итальянскими редукторостроителями в области производства редукторов на основе червячных передач.

Многие другие отечественные заводы выпускают червячные редуктора. Некоторые редуктора представлены на рис. 1.

Наиболее известными зарубежными фирмами редукторостроения являются «Gudel», «Flender», «Wittenstein Alpha GmbH», «Henschel – Werke», «Getriebebau» (Германия), «Motovario», «S.T.M.», «Motive» (Италия), «Radicon david brown» (Великобритания), «Winsmith» (США), «TOS ZNOJMO» (Чехия) и др. Широко используются в машиностроении России редуктора из Европы: Motovario, KEB, Nord, INNOVARI, IRWO, NRV, Atek, S, SL, STM, Unibloc, MI, XC, XF, MU, Varvel, SEW, LENZE, NORD, Bonfiglioli и др., для приводной и подъемной техники, винтовых домкратов TLS, H, X, K, малогабаритные UZP, прецизионные червячные редукторы производят фирмы «Gudel», «Alpha» – высокоточные редукторы V- Drive (рис. 2) и др.



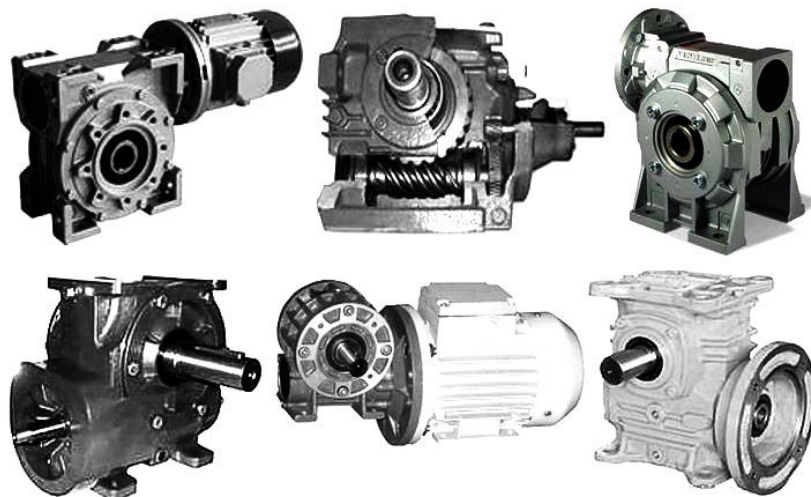


Рис. 1. Новые серии червячных редукторов



Рис. 2. Редукторы европейских фирм

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Шалобаев, Е.В. Модернизированные редукторы отечественного производства /Е.В. Шалобаев // *Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии.* – 2010. - № 6-2 (284). - С.105-111.
2. Пат. № 802678 SU, МПК F16H/16. Червячная передача с локализованным пятном контакта / В.И. Парубец; опубл. 07.02.1981. – Бюл. №5 (51) – 5 с.

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

#### ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ

Широкое распространение в различных отраслях промышленности получили мельницы центробежного действия [1-3]. Положительными факторами применения таких измельчителей 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.

Одним из важнейших факторов, обуславливающих эффективность измельчения в мельницах центробежного 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.

Важным этапом для оптимизации проведения процесса измельчения в мельницах центробежного действия является расчет необходимого количества ударных (отбойных) элементов.

Определение необходимого количества ударных элементов проводим исходя из условия отсутствия проскока частиц измельчаемого материала.

Введем следующие обозначения (рис. 1:  $O$  – центр ротора,  $R_1$  и  $R_2$  – расстояние от центра ротора до середины соответственно плоского радиального элемента и ударного элемента ( $m$ ),  $b_1$  и  $b_2$  – длина соответственно плоского радиального элемента и ударного элемента ( $m$ ),  $DE = L$  – минимальное расстояние между двумя ударными элементами ( $m$ ).

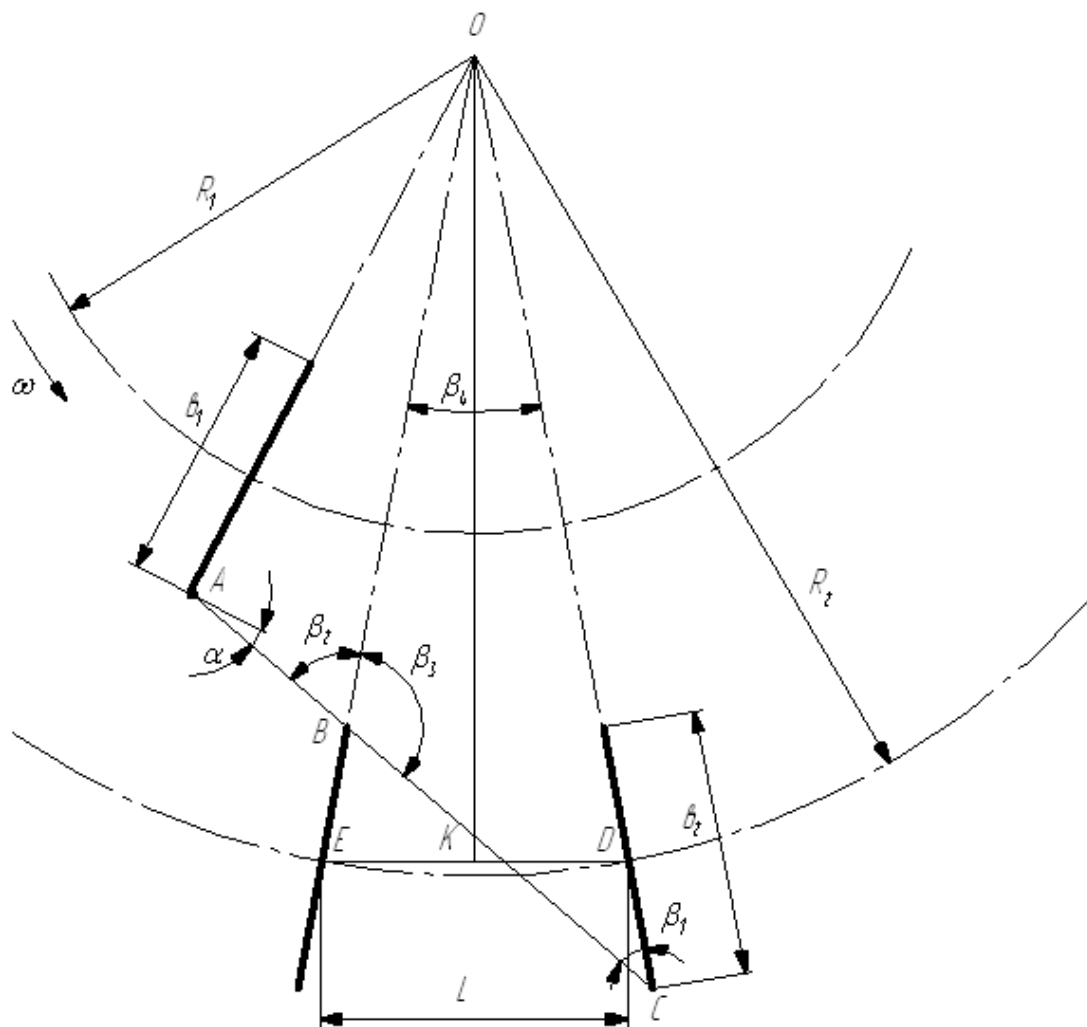


Рис. 1. Схема к определению количества ударных элементов

Для определения величины расстояния между ударными элементами  $DE$  рассмотрим  $\triangle ODE$ . Так как  $\triangle ODE$  равнобедренный, то  $OK$  является его высотой, биссектрисой и медианой.

Из  $\triangle ODK$  определяем величину катета  $DK$ :

$$DK = R_2 \cdot \sin \frac{\beta_4}{2}, \quad (1)$$

где  $\beta_4$  – угол между боковыми гранями ударных элементов, град.

В выражении (1) неизвестной величиной является угол  $\beta_4$ , который можно определить из  $\triangle OBC$ :

$$\beta_4 = 180^\circ - \beta_1 - \beta_3, \quad (2)$$

где  $\beta_1$  – угол при основании треугольника  $\triangle OBC$  (угол атаки), град.

$$\beta_3 = 180^\circ - \beta_2 \quad (3)$$

$$\beta_4 = 180^\circ - \beta_1 - (180^\circ - \beta_2) = \beta_2 - \beta_1 \quad (4)$$

Углы  $\beta_2$  и  $\beta_1$  можно определить из  $\triangle AOB$  и  $\triangle AOC$ . По теореме синусов:

$$\frac{R_2 - \frac{b_2}{2}}{\sin(90^\circ + \alpha)} = \frac{R_1 + \frac{b_1}{2}}{\sin \beta_2} \quad (5)$$

где  $\alpha$  – угол вылета частицы, град.

$$\beta_2 = \arcsin \frac{(R_1 + \frac{b_1}{2}) \cos \alpha}{R_2 - \frac{b_2}{2}} \quad (6)$$

Аналогично

$$\frac{R_2 + \frac{b_2}{2}}{\sin(90^\circ + \alpha)} = \frac{R_1 + \frac{b_1}{2}}{\sin \beta_1} \quad (7)$$

$$\beta_1 = \arcsin \frac{(R_1 + \frac{b_1}{2}) \cos \alpha}{R_2 + \frac{b_2}{2}} \quad (8)$$

Подставляя значения  $\beta_2$  и  $\beta_1$  в уравнение (4), получим:

$$\beta_4 = \arcsin \frac{(R_1 + \frac{b_1}{2}) \cos \alpha}{R_2 - \frac{b_2}{2}} - \arcsin \frac{(R_1 + \frac{b_1}{2}) \cos \alpha}{R_2 + \frac{b_2}{2}} \quad (9)$$

Минимальное расстояние между двумя ударными элементами определяем по уравнению:

$$\begin{aligned} L = DE = 2DK = 2R_2 \sin \frac{\beta_4}{2} = \\ = 2R_2 \sin \frac{\arcsin \frac{(R_1 + \frac{b_1}{2}) \cos \alpha}{R_2 - \frac{b_2}{2}} - \arcsin \frac{(R_1 + \frac{b_1}{2}) \cos \alpha}{R_2 + \frac{b_2}{2}}}{2} \end{aligned} \quad (10)$$

Количество ударных элементов в центробежном измельчителе определим:

$$Z_{\text{уд}} = \frac{\theta}{\beta_4}, \quad (11)$$

где  $\theta$  – угол охвата ударными элементами, град.

На основании теоретических расчетов и проведенных исследований разработан измельчитель сыпучих материалов [4].

В результате экспериментальных исследований получены математические модели процесса измельчения дисперсных материалов в разработанном измельчителе центробежного действия в зависимости от исследуемых факторов.

Таким образом, разработан измельчитель с низкой энергоёмкостью рабочего процесса, расчет необходимого количества ударных элементов центробежных измельчителей позволяет повысить эффективность процесса измельчения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Лапшин В.Б., Колобов М.Ю., Колобова В.В., Рязанцева А.В. Применение дзединтегратора в различных технологиях // Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология. – Иваново, 2004. – Т. 47, вып. 8. – С. 71-75.
2. 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.
3. Колобов М.Ю., Сахаров С.Е., Сахарова С.Г. Технология приготовления комбикормов // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. – Иваново, 2013. – № 1. – С. 71-75.
4. Патент № 130881, МПК В 02 С 13/02. Измельчитель сыпучих материалов / Колобов М.Ю., Сахарова С.Г., Сахаров С.Е.; заявитель и патентообладатель ИГХТУ. – № 2013109277/13; заявл. 01.03.2013; опубл. 10.08.2013, Бюл. № 22. – 2 с.

*А. Б. Колобов, Ф. Б. Огурцов*

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

## АЛГОРИТМЫ ДИАГНОСТИКИ ДЕФЕКТОВ РОТОРНЫХ МАШИН ПО СПЕКТРАМ ВИБРАЦИИ

Основными задачами вибродиагностики являются контроль работоспособности и определение вида дефекта. Контроль работоспособности предполагает проверку соответствия значений вибрации нормативным требованиям, а диагностика выполняется, если запас работоспособности снизился или объект имеет ограниченную работоспособность [1]. В этом случае производится определение вида дефекта или совокупности дефектов, приведших к снижению запаса работоспособности, и оценка глубины развития дефекта [3].

Поскольку выполнение диагностики во многом субъективно (человеческий фактор), то целью данной работы является разработка полных и объективных алгоритмов диагностики дефектов, с последующей их реализацией в виде программного продукта. Апробация разработанных алгоритмов произведена на центробежном вентиляторе с консольным расположением рабочего колеса и прямым приводом от электродвигателя 5АИ160S6 мощностью 11 кВт и частотой вращения  $970 \text{ мин}^{-1}$ , работающем в режиме дымососа.

В алгоритмах в качестве исходной информации используются: временной сигнал (дамп) виброскорости, прямой спектр и спектр огибающей виброскорости [2], полученные на подшипниковом узле электродвигателя, ближайшем к рабочему колесу по трем ортогональным направлениям (В, Г, О) измерения. Кроме того используются результаты измерений в тангенциальном направлении на корпусе электродвигателя и на опорах агрегата электродвигатель-вентилятор.

Поскольку алгоритмы основаны как на количественном, так и качественном анализе изменения частотных составляющих спектров, то ниже приведены базовые информационные частоты вибрации агрегата, рассчитанные по [3]:  $f_o = 16,17 \text{ Гц}$  – частота вращения (оборотная частота) ротора;  $f_n = 259 \text{ Гц}$  и  $f_{лн} = 130 \text{ Гц}$  – лопаточные частоты, соответственно вентилятора и направляющего аппарата;  $f_{zc} = 582 \text{ Гц}$  и  $f_{zp} = 420 \text{ Гц}$  – зубцовые (пазовые) частоты, соответственно статора и ротора электродвигателя;  $f_a = 11 \text{ Гц}$  – частота автоколебаний вентилятора;  $f_u = 50 \text{ Гц}$  – частота напряжения в сети.

Технологический алгоритм диагностики дисбаланса (неуравновешенности) рабочего колеса приведен на рис. 1.

На рис. 1  $V_e(f_o)$  и  $V_e(f_i)$  – величина СКЗ виброскорости частотных компонентов спектров;  $\varphi_V$  и  $\varphi_\Gamma$  – фазы виброскорости в направлениях измерения (В – вертикальном и Г – горизонтальном поперечном).

Алгоритм диагностики ослабления жесткости опорной системы агрегата приведен на рис. 2. Диагностируются две группы дефектов:

- структурное нарушение жесткости (ослабление крепления к фундаменту, осадка и дефекты фундамента, деформация и коробление рамы или станины, структурные зазоры, «мягкая лапа»;
- ослабление жесткости посадки элементов – ослабление посадок деталей на роторе, повышенные зазоры в сопряжениях, т.е. дефекты с нелинейностями типа «люфт».

Для данных типов дефектов характерны следующие признаки:

- дампы виброскорости и виброускорения нестационарны и нестабильны от измерения к измерению; схожи по виду на подшипнике и в месте крепления, где уровень вибрации выше;
- в спектре много кратнооборотных гармоник  $k f_0$  ( $k = 1, \dots, 12$ ), амплитуды которых уменьшаются по мере увеличения их порядка;

– имеется значимая шумовая составляющая, гармоники лопаточных частот  $k1f_l$  и  $k1f_n$  ( $k1 = 1, 2, 3, \dots$ ), а также достаточно много модуляционных гармоник оборотной частоты ( $m = 1, 2, 3, \dots$ )

$$kf_0 \pm \frac{1}{m} f_0$$

– имеются дробные гармоники с кратностью ( $k = 1, 5; 2, 5; \dots$ ) и субгармоники.

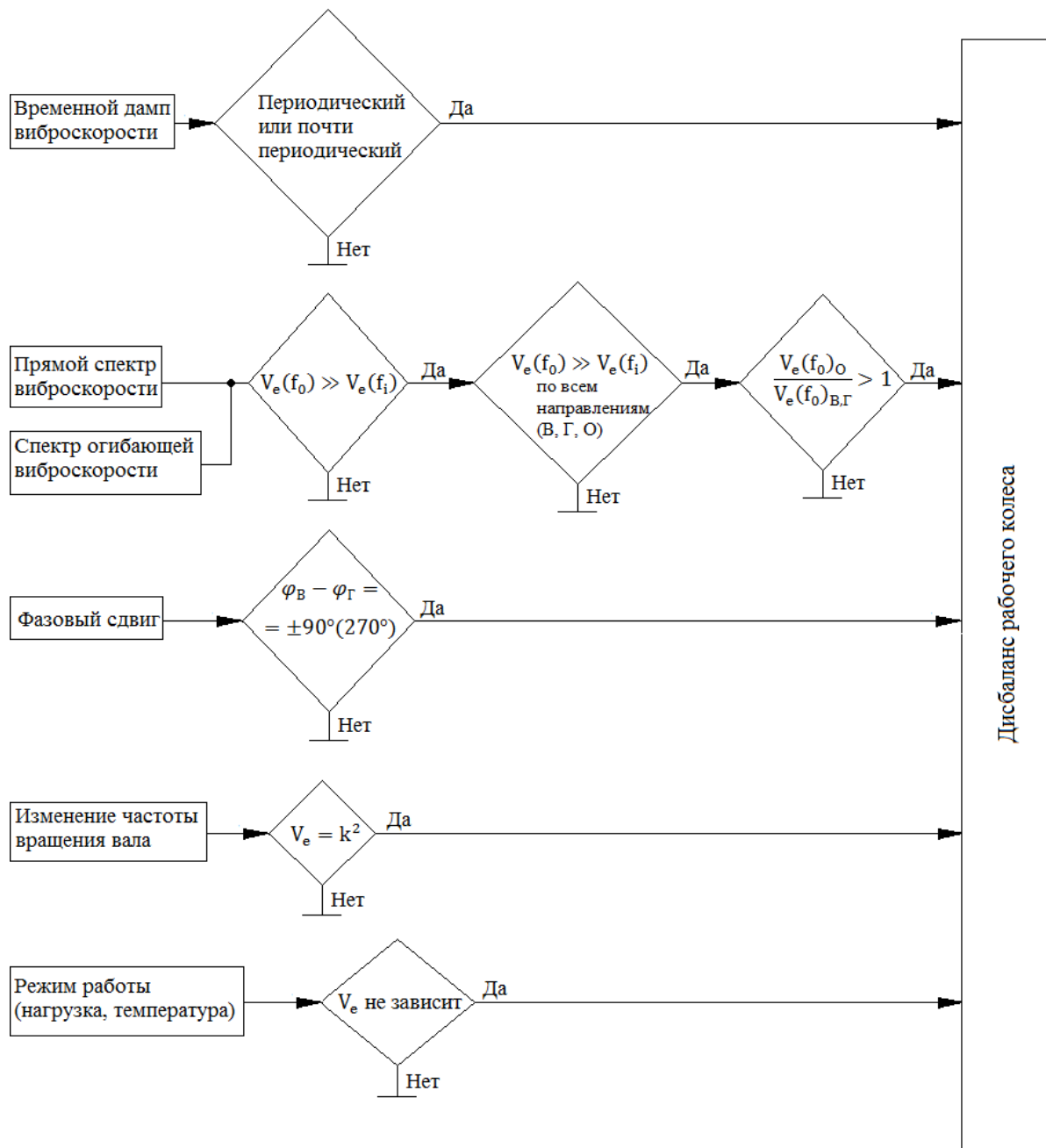


Рис. 1. Алгоритм диагностики дисбаланса рабочего колеса

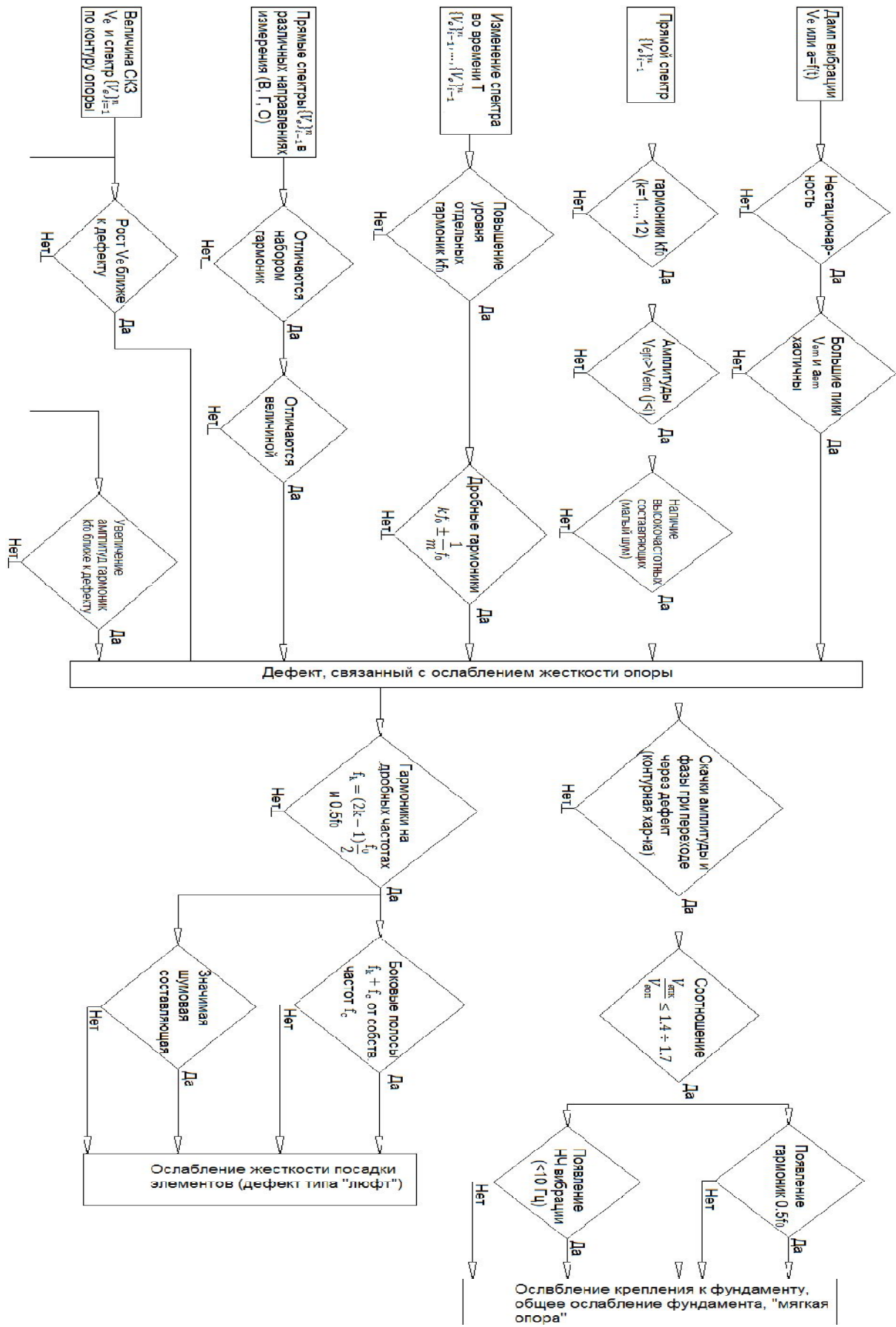


Рис. 2. Алгоритм диагностики ослабления жесткости опорной системы агрегата

Обобщенный алгоритм диагностики дефектов вентилятора представлен на рис. 3.

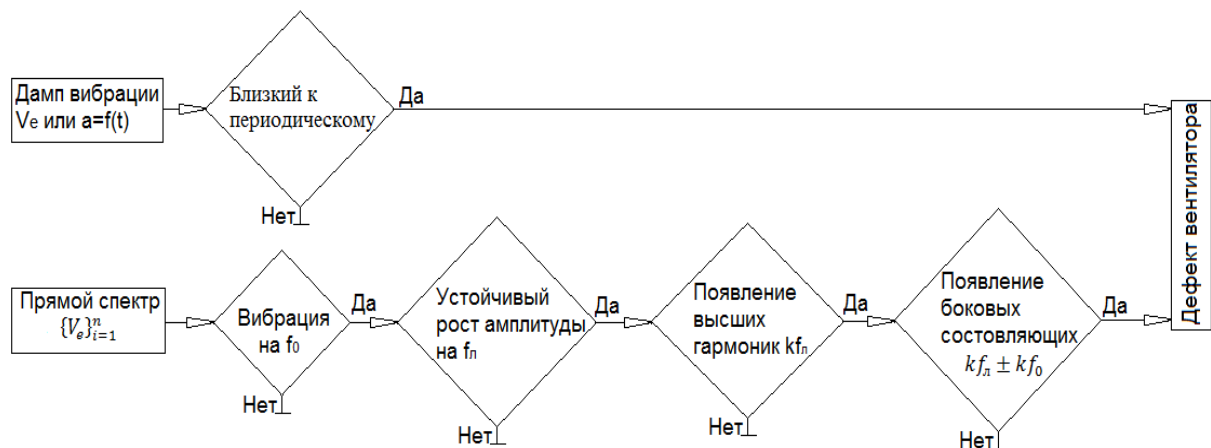


Рис. 3. Обобщенный алгоритм диагностики дефектов вентилятора

Под конечным результатом – «дефект вентилятора» понимаются (с последующим уточнением диагноза, что на рис. 3 не приведено): аэродинамическая неуравновешенность и дефекты рабочего колеса, неоднородность потока, автоколебания. Одним из признаков дефектов является как появление в прямом спектре гармоник  $k f_n$  ( $k = 1, 2, 3, \dots$ ), так и наличие боковых составляющих  $k f_n$ , вызванных модуляцией гармониками оборотной частоты  $k f_o$  ( $k_1 = 1, 2, 3, \dots$ ).

Обобщенный алгоритм диагностики основных дефектов асинхронного электродвигателя представлен на рис. 4 (разделение дефектов на дефекты ротора, статора, динамический и статический эксцентриситеты и др. на рис. 4 не приведено). Как показывает практика, при диагностике электродвигателя эффективен широкополосный анализ прямого спектра и дополнительно узкополосный анализ в области пазовых частот.

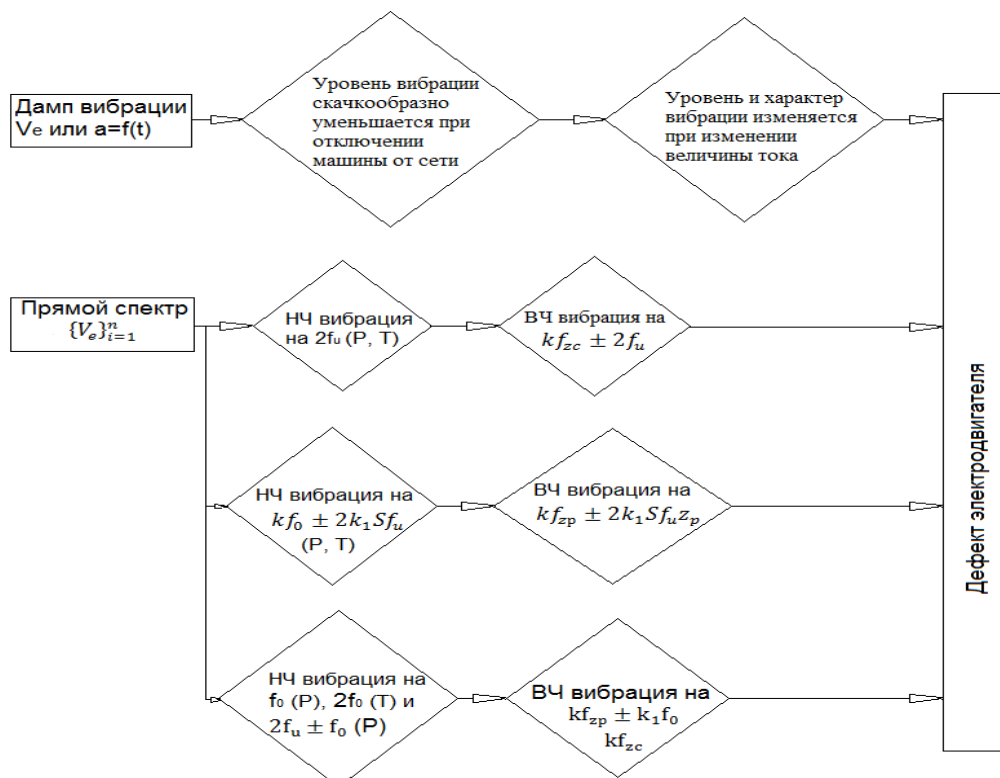


Рис. 4. Обобщенный алгоритм диагностики основных дефектов асинхронного электродвигателя



Следующим этапом работы является программная реализация представленных алгоритмов, адаптированная под форматы вывода данных (дампы/спектры) из серийных виброанализаторов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Клюев, В.В.* Неразрушающий контроль: Справочник. В 7 т. Т.7. Вибродиагностика / В.В.Клюев и [др.]. – М.: Машиностроение, 2007. – 732 с.
2. *Колобов, А.Б.* Измерение и спектральный анализ вибрации для вибродиагностики: учеб. пособие / А.Б.Колобов; ГОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет им. В.И.Ленина». – Иваново, 2010. – 104 с.
3. *Колобов, А.Б.* Основы теории и практики вибродиагностики: учеб. пособие / А.Б.Колобов; Федеральное агентство по образованию; ФГОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет им. В.И.Ленина». – Иваново, 2014. – 248 с.

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

#### **О ПЕРСПЕКТИВЕ АВТОНОМНЫХ АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ НА ПЛАВУЧИХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВАХ**

Среди техногенных источников чрезвычайных ситуаций наибольшую опасность представляют радиационные катастрофы, крупнейшими из которых являются аварии на Чернобыльской АЭС и Фукусиме - 1. На сегодняшний день безопасность атомной энергетики выходит за национальные границы, она становится проблемой всего мирового сообщества. Само существование человеческой цивилизации оказывается заложником надежной и безаварийной работы ядерных технологий.

В исследованиях выделяют следующие причины радиационных аварий и катастроф [1-4]:

- пренебрежение обеспечением ядерной и радиационной безопасности;
- неправильные действия (ошибки персонала);
- недостатки проектирования, а также существующих технологий и конструкций ядерных энергетических установок;
- несовершенство научно-методической базы и программно-аппаратных средств;
- несовершенство (отсутствие) государственной (международной) системы оперативного управления радиационными рисками.

Остро стоит вопрос о том, какие предупредительные меры помогут избежать подобных катастроф в будущем.

Согласно [5] к 2030 г. ожидается значительное увеличение использования атомной энергии (на 35-100%), отмечается значительное усиление интереса к технологическим разработкам реакторов малой и средней мощности (МСР).

Можно выделить следующие технологические преимущества разрабатываемых МСР:

- упрощенный проект и компактность, что позволяет существенно снизить размер радиационной части и облегчает эксплуатацию;
- улучшенная безопасность, обеспечиваемая уменьшением количества ядерного топлива и специальной конструкцией, что способствует снижению частоты и масштабов аварий;
- повышенная надежность, которая достигается минимизацией числа активных компонентов, необходимых для эксплуатации и технического обслуживания установки; оснаще-

нием современным оборудованием и широким использованием автоматики; применением передовых методов диагностики и прогнозирования, использованием услуг высококвалифицированных и хорошо обученных операторов;

- возможность размещения в непосредственной близости от потребителя;
- простота снятия с эксплуатации;
- минимальный объем строительного-монтажных работ, что ведет к сокращению стоимости строительства.

Главным проектом серии мобильных транспортабельных реакторов малой мощности можно назвать плавучую атомную теплоэлектростанцию «Академик Ломоносов» (рис. 1).

Согласно современной терминологии под плавучей атомной теплоэлектростанцией (ПАТЭС) понимается комплекс, состоящий из плавучего энергоблока (ПЭБ), гидротехнических сооружений и береговой инфраструктуры. На плавучем энергоблоке сосредотачивают все процессы выработки электрической и тепловой энергии из ядерного топлива. Строительство наиболее трудоемкой и технологически сложной части атомной станции – ПЭБ и ее испытания ведутся в условиях судостроительного предприятия, что позволяет сократить сроки и повысить качество выполнения работ. Работы на береговой площадке могут вестись параллельно со строительством ПЭБ.



Рис. 1. «Академик Ломоносов»

Впервые плавучие реакторы гражданского назначения использовались в США для обеспечения энергией Панамского канала (судно Sturgis, 1966-1976) и американской исследовательской базы в Антарктике (1962-1972).

ПЭБ «Академик Ломоносов» войдет в состав первой в мире плавучей атомной электростанции малой мощности, состоящей из гладкопалубного несамоходного судна с двумя реакторными установками КЛТ-40С, созданными на базе паропроизводящих установок атомных ледоколов типов «Арктика» и «Таймыр», хорошо зарекомендовавших себя в ходе многолетней эксплуатации. ПАТЭС может использоваться для получения электрической и тепловой энергии, а также для опреснения морской воды.

Длина судна – 144 метра, ширина – 30 метров. Водоизмещение – 21,5 тысячи тонн. Корпус ПЭБ выполнен в виде понтона с заостренной носовой оконечностью. Высокая непотопляемость обеспечивается делением на 10 водонепроницаемых отсеков.

Генеральным проектировщиком ПАТЭС является ЗАО «Атомэнерго», ОАО ЦКБ «Айсберг» – проектировщик плавучего энергоблока, получившего номер 20870, АО «ОКБМ Африкантов» – комплектный поставщик реакторных установок. Изготовление судна в настоящее время ведется на ООО «Балтийский завод – Судостроение». Завершение строительства ПЭБ запланировано на сентябрь 2016 г. Затем ПЭБ будет отбуксирован на площадку ПАТЭС, где пройдет испытания в составе станции.

«Академик Ломоносов» станет заменой Билибинской АЭС и Чаунской ТЭЦ в Певеке на Чукотке.

ПЭБ может подключаться к действующим сетям и вырабатывать около 70 МВт электрической и 140 Гкал/час тепловой мощности, что позволяет поддерживать нужды городка населением около 100-150 тыс. человек.

На ПЭБ проекта 20870 предусмотрено размещение перегрузочного комплекса, хранилища отработавших тепловыделяющих сборок (ОТВС) и твердых радиоактивных отходов (ТРО). Перегрузки производятся один раз в 2,5-3 года. Через 10-12 лет ПЭБ транспортирует-

ся на судостроительный завод для среднего ремонта. Там производится выгрузка старого топлива и загрузка нового. Срок эксплуатации ПЭБ составит около 40 лет, после чего старый энергоблок будет заменен новым и возвращен на специализированное технологическое предприятие для утилизации. Как в процессе, так и после окончания работы плавучей ПАТЭС на месте ее эксплуатации не остается никаких экологически опасных веществ и материалов (принцип «зеленой лужайки»).

Ремонт станции и перегрузка топлива будут выполняться на специализированных предприятиях технологического обслуживания атомных судов, располагающих необходимым оборудованием и квалифицированным персоналом.

Работа станции в прибрежных районах мирового океана ставит вопрос об их устойчивости к экстремальным природным воздействиям, таким как цунами, смерчи и т.п. АО «ОКБМ Африкантов» располагает комплексом технологий для изготовления атомной энергоустановки таким образом, чтобы она выдерживала любой заданный в проекте уровень динамических нагрузок. Это подтверждено практикой: реакторные установки атомного подводного крейсера «Курск», созданные специалистами ОКБМ, не только выдержали мощный взрыв, но и автономно обеспечили вывод реактора из работы, поддержание его в безопасном состоянии. Даже продолжительное пребывание разрушенного корабля под водой не привело к выходу радиоактивности в окружающую среду.

Уровень безопасности ПАТЭС полностью отвечает международным требованиям, предъявляемым к подобной технике. Корпус судна и оборудование способны выдержать сильные удары волн, столкновения с сооружениями на побережье или с другими суднами.

Очевидно, что результаты эксплуатации ПЭБ «Академик Ломоносов» повлияют на решение о продолжении строительства ПАТЭС и могут выявить новые вопросы, требующие решения. Однако на сегодняшний день одной из главных проблем является стоимость и уже сейчас имеет смысл проанализировать пути совершенствования плавучих энергоблоков.

Одним из основных путей улучшения технико-экономических показателей ПАТЭС предлагается отказ от размещения на ПЭБ перегрузочного оборудования и хранилища ОТВС и ТРО. В этом случае необходимо использовать плавтехбазу – специализированное судно, предназначенное для перегрузки активных зон и приема жидких радиоактивных отходов и ТРО с ПЭБ. Такой вариант может быть интересен при создании плавтехбазы для обслуживания нескольких ПЭБ [6].

При использовании на ПЭБ новой реакторной установки, например РУ РИТМ-200, разработанной для строящегося универсального атомного ледокола, появляется возможность совместить перезарядку реакторов с нахождением ПЭБ на заводе. [6].

Предлагается также убрать жилой блок, что, однако слабо скажется на водоизмещении судна.

Еще одно направление сокращения стоимости ПЭБ заключается в осуществлении серийного строительства, что на сегодняшний день ограничивается отсутствием мощностей для сооружения значительного количества подобных судов на территории России.

Референтная модель ПАТЭС должна открыть перспективы для коренной модернизации энергетической инфраструктуры удаленных регионов России на базе атомной энергетики; повысить энергетическую безопасность районов Арктики; снизить объемы северного завоза и обеспечить разработки месторождений полезных ископаемых в районах крайнего Севера. Рынок для судов типа «Академик Ломоносов» достаточно велик. Россия на Чукотке должна продемонстрировать надежность и эффективность плавающих энергетических комплексов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Римский-Корсаков А.А.* Две аварии // Атомная стратегия-XXI, апрель 2011, №53, с.20-21.

2. Тихонов М.Н., Муратов О.Э. Человеческий фактор в условиях чрезвычайных ситуаций и аварий на атомных станциях // Энергия: экономика, техника, экология, 2010, №5, с.14-20.

3. Алексахин Р.М., Булдаков Л.А., Губанов В.А. и др. Крупные радиационные аварии: последствия и защитные меры / Под общ. ред. Л.А.Ильина и В.А.Губанова. - М.: ИздАТ, 2001. – 752с.

4. Рылов М.И., Тихонов М.Н. Уроки Чернобыля и Фукусимы: культура и концепция безопасности на объектах использования атомной энергии // Жизнь, безопасность, экология, 2013, №1-3, с. 186 – 195.

5. Хадид Субки М., Хидайатола Х., Сусяди С., Коши Т. Проектные и технологические разработки для реакторов малой и средней мощности – перспективы и проблемы внедрения // Атомные станции малой мощности: новое направление развития энергетики: Т.2. - М.: Академ-Принт, 2015, с.14-35.

6. Макеев Г.А. Создание плавучих энергетических блоков: современное состояние и варианты будущих проектов // Атомные станции малой мощности: новое направление развития энергетики: Т.2. - М.: Академ-Принт, 2015, с. 130-138.

**В. Ф. Кушляев<sup>\*</sup>, О. В. Кушляева<sup>\*\*</sup>, В. А. Леонов<sup>\*\*\*</sup>**  
 (\* ФГБВОУ ВО «Академия гражданской защиты МЧС России»,  
<sup>\*\*</sup>АО «Машлес», <sup>\*\*\*</sup>ООО «ЕЗСМ «Континент»)

## **ОБОСНОВАНИЕ НОРМ НАДЕЖНОСТИ НАВЕСНОГО ГИДРОМАНИПУЛЯТОРА АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ ПОВЫШЕННОЙ ПРОХОДИМОСТИ**

Эффективность использования и качество функционирования специальных гусеничных машин повышенной проходимости определяются уровнем их работоспособности и надежности. Качество машин оценивается с помощью показателей: назначения, надежности, технологичности, эргономичности, стандартизации и унификации, а также патентно-правовых. Для обеспечения надежности машин необходимо проведение комплекса конструкторских, технологических и эксплуатационных мероприятий на всех стадиях создания и использования машины.

Конструирование машины, обоснование технологии ее изготовления, разработка и оптимизация эксплуатационно-технологические свойства должны обеспечить максимально эффективную работоспособность и качество машины. Работоспособность - состояние машины, при котором в данный момент времени ее основные параметры находятся в пределах, установленных требованиями нормативно-технической документации и необходимых для выполнения ее функциональных задач. Или работоспособность машины – это ее способность нормально выполнять заданные функции. Надежность является одним из основных свойств, которое во многом определяет качество машины.

Для определения норм надежности следует пользоваться определенной номенклатурой показателей надежности характеризующих безотказность, ремонтпригодность, долговечность. Для транспортно-технологических машин рекомендуются показатели: гамма-процентный ресурс; средний ресурс; срок службы; коэффициент готовности; наработка на отказ; коэффициент технического использования и оперативной готовности.

Расчет норм надежности рекомендуется вести по обеспечению работоспособности машины, как правило, на период до первого капитального ремонта. Для машин, у которых отсутствует деление ремонтов по видам, нормы надежности следует рассчитывать до первого планового ремонта или на весь срок службы до списания.

При оценке показателей работоспособности и надежности машин пользуются системой критериев, позволяющих получить характеристику, отражающую основные свойства машины, проявляющиеся при эксплуатации и определить влияние этих свойств на время и качество выполнения функций, возлагаемых на машину.

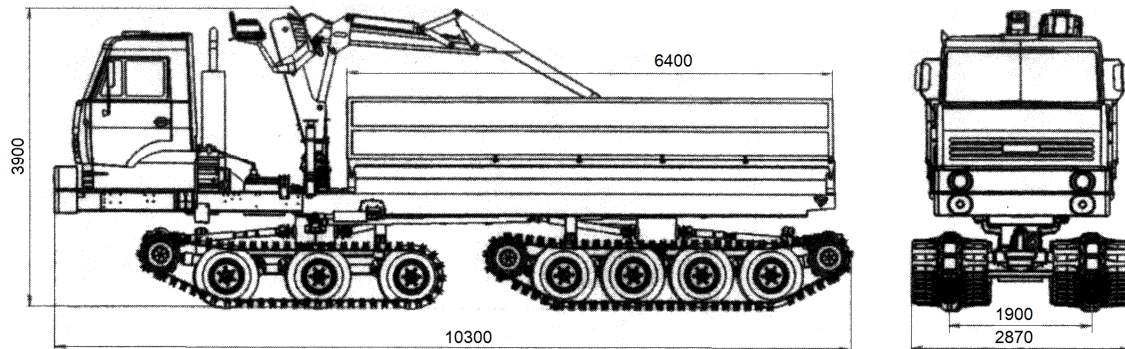
Обоснование норм надежности навесного гидроманипулятора аварийно-спасательной машины с грузовым моментом 50 – 70 кНм выполняется на стадии разработки технического задания на экспериментальный образец [1,2,4,5,6].

1. Исходные данные. В качестве исходных данных рассматриваются конструкции и технические характеристики двух машин завода ООО «ЕЗСМ «Континент» и гидроманипулятора СФ-65 Соломбальского машиностроительного завода:

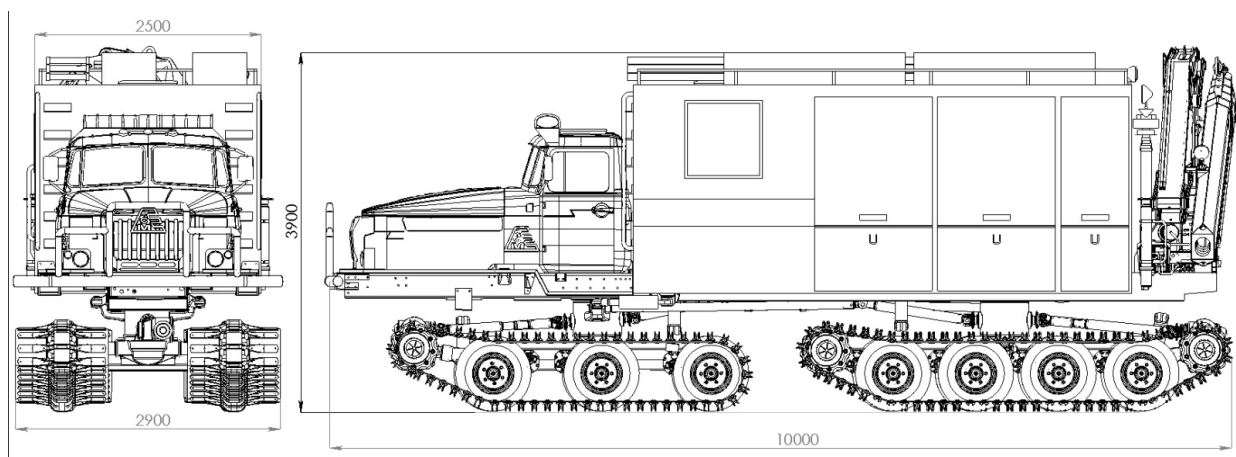
Образец транспортно-технологической машины ТСК-6400-Ф75 на двухзвенном 4-гусеничном шасси с гидроманипулятором и грейферным (клешевым) захватом (рис. 1).

Эскизный образец аварийно-спасательной машины АСМ-20-06 на двухзвенном 4-гусеничном шасси с гидроманипулятором (рис. 2).

Макетный образец аварийно-спасательной машины АСМ-20-06 на двухзвенном 4-гусеничном шасси с гидроманипулятором (рис. 3).



**Рис. 1.** Транспортно-технологическая машина ТСК-6400-Ф75 на двухзвенном 4-гусеничном шасси с гидроманипулятором и грейферным (клешевым) захватом



**Рис. 2.** Эскизный образец аварийно-спасательной машины АСМ-20-06 на двухзвенном 4-гусеничном шасси с гидроманипулятором



**Рис. 3.** Макетный образец аварийно-спасательной машины АСМ-20-06 на двухзвенном 4-гусеничном шасси с гидроманипулятором

Транспортно-технологическая машина ТСК-6400-Ф75 (ТТМ) предназначена для зачистки морского побережья от мусора, погрузки и перевозки различных сыпучих грузов, продуктов питания, строительных и промышленных грузов в упаковке, в контейнерах по грунтовым, временным, заснеженным дорогам, в отсутствие дорог, в том числе в условиях Крайнего Севера. Кузов машины может опрокидываться в заднюю сторону и в боковую. На грузовой платформе могут устанавливаться аварийно – спасательный, грузовой, технический, медицинский, пассажирский, штабной и другие модули. При этом назначение машин, их функциональные возможности будут иметь соответствующее различие.

Несколько машин ТСК-6400-Ф75 изготовлено и находятся в эксплуатации в районах Крайнего Севера и Арктики.

Аварийно-спасательная машина АСМ-20-06 (АСМ) предназначена для проведения оперативных спасательных работ при возникновении аварий, техногенных и природных катастроф, чрезвычайных ситуаций в условиях бездорожья, временных и сезонных дорог, в тяжелых природно-климатических условиях.

На машину АСМ-20-06 разработана полная техническая документация на изготовление опытного образца.

*Таблица 1. Основные технические характеристики машин*

№ п/п	Наименование показателей	Значения	
1	Модель машины	ТСК-6400-Ф75	АСМ-20-06
2	Назначение машины	ТТМ	АСМ
3	Шасси	Двухзвенное ТСК	Двухзвенное ТС
4	Двигатель, тип, мощность, кВт (л.с).	Дизельный, ЯМЗ-238М2- 6, 176 (240)	
5	Масса машины с грузом, т	16 410	22 500



№ п/п	Наименование показателей	Значения	
6	Грузоподъемность, т	8 000	10 000
7	Среднее удельное давление на грунт, кПа	21,2 (0,22)	21,2 (0,22)
8	Максимальная скорость движения с полной нагрузкой, км/ч	30	30
9	Максимальный преодолеваемый подъем, град.	30	30
10	Глубина преодолеваемого брода, м	1,8	1,8
11	Число мест для боевого расчета (включая водителя), чел.	3 (6)	9
12	Электрогенератор	ГС-250-20/4	
12.1	Номинальная мощность, кВт - Напряжение, В	20 – 400 / 230	
13	Грузоподъемный манипулятор	гидравлический	
13.1	Максимальный грузовой момент, кНм (т.м.)	62,5(6,37)	51 (5,12)
13.2	Вылет манипулятора, м	7,1	6,78
13.4	Максимальная высота подъема груза, м	8,4	8
13.5	Угол поворота, град.	415°	410°

Таблица 2. Основные технические характеристики гидроманипулятора СФ-65

№ п/п	Наименование показателей	Значения
1	Подъемный момент при вылете 7,1 м, кНм (т.м.)	62,5(6,37)
2	Грузоподъемность при макс, вылете, кН(т)	6,35(0,65)
3	Вылет, м наибольший / наименьший	7,1 / 0,7
4	Ход удлинителя рукояти, мм	1050
5	Угол поворота манипулятора в горизонтальной плоскости, градус	0 - 415
6	Максимальный крутящий момент механизма поворота, кНм	16
7	Габаритные размеры манипулятора в транспортном положении, м	
	Длина / Ширина / Высота	4,300 / 2,495 / 2,500
8	Конструктивная масса манипулятора (без рабочего органа и механизма поворота рабочего органа), т	1,65
9	Масса манипулятора с рабочим органом, механизмом поворота рабочего органа, комплектом изделий для монтажа манипулятора, т	2,1
10	Номинальное давление рабочей жидкости в гидросистеме, МПа	17
11	Тип основного рабочего органа	Грейферный захват
12	Угол поворота рабочего органа	Не ограничен

Расчет нормируемых показателей надежности.

Расчет норм надежности навесного манипулятора выполнен в соответствии с «Временным практическим руководством по нормированию, подтверждению и обеспечению надежности машиностроительной продукции», ВНИИНМАШ, М., 1985 г. и РД 22-160-86 «Нормативы ремонтпригодности оборудования, применяемого в лесной промышленности», М., 1987 г. [2,3,4,5,6].

Стадия - техническое задание на проектирование опытного образца.

1. В номенклатуру показателей надежности входят:

1.1. Средний ресурс до первого капитального ремонта, час. машинного времени -  $T_0$

1.2. Установленный ресурс до первого капремонта – Тур

1.3. Средняя наработка на отказ -  $P_0$

1.4. Установленная наработка на отказ – Рун

1.5. Удельная суммарная трудоемкость текущего ремонта -  $\tau_{гр}$

1.6. Удельная суммарная трудоемкость технического обслуживания -  $\tau_{то}$

1.7. Среднее время восстановления.

2. Для выполнения расчетов принимаем:

Срок службы манипулятора до списания - 6 лет.

Сменность работы - 2.

Количество капитальных ремонтов - 1.

Число межремонтных циклов  $K = 2$ .

Коэффициент сокращения межремонтных циклов  $C = 0,8$ .

3. Средний ресурс до капитального ремонта:

$$T_0 = \frac{T_{см} \cdot 365 \cdot 24 \cdot K_{иг} \cdot K_{ид} \cdot K_{ис}}{1,6} = 8061 \text{ час. маш. времени.}$$

4. Коэффициент использования в течение года.

$$K_{иг} = \frac{205}{365} = 0,56$$

5. Коэффициент использования в течение суток.

$$K_{ид} = \frac{2,7}{24} = 0,58$$

6. Коэффициент использования в течение смены;

$$K_{ис} = \frac{7 \cdot 0,85}{7} = 0,85$$

$$T_0 = \frac{6 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 0,56 \cdot 0,58 \cdot 0,85}{1,6} = 8061 \text{ час. маш. времени.}$$

Принимаем  $T_0 = 8000$  час. машинного времени.

7. В соответствии с «Временным практическим руководством по нормированию, подтверждению и обеспечению надежности машиностроительной продукции», ВНИИНМАШ, М., 1986 г. по номограмме ( $\alpha$ ) для нормального закона распределения при коэффициенте  $\nu = 0,3$  и  $\gamma = 0,95$  находим соотношение средней наработки на отказ и установленной безотказной наработки [2,3,4,6].

$$P_{ун}/P_0 = 0,5$$

Установленная безотказная наработка на отказ  $P_{ун} = 0,5 P_0$ , где  $P_0$  - средняя наработка на отказ гидроманипулятора.

Средняя наработка на отказ навесного гидроманипулятора СФ - 65 Соломбальского машиностроительного завода составляет 150 часов машинного времени (110 час, по мотосчетчику).

По аналогии с СФ - 65 принимаем у проектируемого образца  $P_0 = 150$  часов машинного времени (110 час, по мотосчетчику).

Установленная безотказная наработка на отказ  $P_{ун} = 0,5 \cdot 150 = 75$  час. машинного времени.

8. По номограмме для закона распределения Вейбулла при коэффициенте  $\nu = 0,3$  и  $\gamma = 0,95$  находим соотношение  $T_{ур} / T_p = 0,5$ .

Установленный ресурс до капитального ремонта будет

$$T_{ур} = 0,5 \cdot T_0 = 8000 \cdot 0,5 = 4000 \text{ час. машинного времени.}$$

Принимаем  $T_{ур} = 4000$  час. машинного времени.

9. Периодичность технических уходов представлена в табл.3 и выбрана аналогично периодичности технических уходов гидроманипуляторов СФ - 65 и ЛВ-185.



Таблица 3

Виды технического обслуживания и ремонта	Периодичность выполнения ТО (часах машинного времени)	Число ТО и ремонтов до первого капитального ремонта	Продолжительность ТО, ч. удельная продолжительность тех. рем. ч.		Трудоемкость ТО, чел.-ч, удельная трудоемкость тех. рем., чел.-ч, машинного времени	
			одного вида	суммарное время года	одного вида	суммарная трудоемкость вида
ЕО	ежемесячно	1230	0,2	246	0,3	369
ТО-1	80	75	1,5	122,5	2,5	187,5
ТО-2	320	19	2,0	38	3,5	66,5
ТО-3	1280	5	3,5	17,5	4,0	20
СО	2 раза в год с очередным ТО	7	1,0	7 / 421	2,5	17,5 / 661
ТР	по потребности	-	1,65 чел.ч на 100 маш.ч.	132	4 чел. 320 ч. на 100 ч. машинного времени наработки	
КР	8000	-				

Суммарные простои:

В техобслуживании  $\sum t_{ТО} = 421$  час. машинного времени.

В текущем ремонте  $\sum t_{ТР} = 132$  час. машинного времени.

Суммарная трудоемкость:

В техобслуживании  $\sum t_{ТО} = 661$  чел. – ч.

В текущем ремонте  $\sum t_{ТР} = 320$  чел. – ч.

10. Удельная суммарная трудоемкость текущего ремонта определяется:

$$T_{тр} = \frac{\text{суммарная трудоемкость ТР}}{8000} = \frac{320}{8000} = 0,04 \text{ чел.-ч. час. машинного времени}$$

11. Удельная суммарная трудоемкость технического обслуживания определяется:

$$T_{тр} = \frac{\text{суммарная трудоемкость ТО}}{8000} = \frac{661}{8000} = 0,08 \text{ чел.ч. час. маш. времени}$$

12. Среднее время восстановления  $t_{в}$  определяется:

$$t_{в} = \frac{P_0 (1 - K_{г})}{K_{г}},$$

где  $P_0$  - средняя наработка на отказ;

$K_{г}$  - коэффициент готовности.

$$K_{г} = \frac{T_0}{T_0 + \sum t_{ТР}} = \frac{8000}{8000 + 132} = 0,984. \quad t_{в} = \frac{150 (1 - 0,984)}{0,984} = 2,47$$

Принимаем  $t_{в} = 2,5$  часа.

Результаты расчета норм надежности гидроманипулятора аварийно-спасательной машины сведены в табл. 4.

Таблица 4. Нормируемые показатели надежности гидроманипулятора

№	Наименование показателей	Значение показателей
1	Средний ресурс до первого капитального ремонта, ч, машинного времени	не менее 8000
2	Установленный ресурс до первого капитального ремонта, ч, машинного времени	не менее 4000
3	Средняя наработка на отказ, ч, машинного времени	не менее 150
4	Установленная безотказная наработка, ч, машинного времени	не менее 75
5	Удельная суммарная трудоемкость технического обслуживания, чел.ч. / ч. машинного времени	не более 0,08
6	Удельная суммарная трудоемкость текущего ремонта, чел.ч. / ч. машинного времени	не более 0,04
7	Среднее время восстановления, ч	не более 2,5

**Выводы:**

1. Кафедрой «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов» Академии гражданской защиты МЧС России разработана совместно с ООО «ЕЗСМ «Континент» и АО «Машлес» методика обоснования норм надежности технологического оборудования АСМ. С помощью данной методики выполнено обоснование норм надежности гидроманипулятора АСМ для условий Арктики.

2. Для повышения работоспособности и надежности при создании ТТМ и АСМ для выполнения работы в экстремальных условиях Арктики поддерживается применение агрегатно-модульного принципа компоновки шасси и технологического оборудования и использование унифицированных узлов и систем отечественных машин.

3. Ряд машин завода ООО «ЕЗСМ «Континент» в настоящее время проходят эксплуатационную оценку в условиях низких температур, бездорожья, глубокого снежного покрова, пересеченной местности Арктики (погрузочно-транспортная машина, контейнеровоз, пожарная машина, автотопливозаправщик и др.).

## ЛИТЕРАТУРА

- ГОСТ 27.301 – 95 Надежность в технике. Расчет надежности. Основные положения. Минск, 1995. 12 с.
- Временное практическое руководство по нормированию, подтверждению и обеспечению надежности машиностроительной продукции. ВНИИНМАШ, 1986 г.
- РТМ 1311-4-73. Лесозаготовительные машины и оборудование. Расчет и назначение норм надежности на стадии проектирования. ЦНИИМЭ, ОНТИ, Химки, 1974.
- РТМ 22-14-75. Методика расчета надежности машин при проектировании. ЦНИИ-ТЭстроймаш, М., 1975.
- РД 50—204—87. Методические указания. Надежность в технике. Сбор и обработка информации о надежности изделий в эксплуатации. Основные положения.
- Кушляев В.Ф. К вопросу создания гусеничных машин повышенной проходимости для экстремальных условий эксплуатации//Кушляев В.Ф., Леонов В.А., Аграновский А.А., Малышев В.А., Гомонай М.В. «Пожарная и аварийная безопасность». Материалы IX научно-практической конференции. ФГБОУ ВПО Ивановский институт ГПС МЧС России. Иваново. 2014. С. 354 – 358.
- Кушляев В.Ф. «Транспортно-технологические машины повышенной проходимости и применение их в условиях Арктики//Кушляев В.Ф., Леонов В.А., Аграновский А.А., Малышев В.А., Гомонай М.В. Научно-технический журнал «Строительные и дорожные машины», 2014, № 12. С.12-15.

*К. В. Курганов, А. А. Околотин, В. В. Сухов, Е. П. Милосердов*  
(ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина»)

## МЕТОДИКИ И АЛГОРИТМЫ РАСЧЕТА КОНЦЕНТРИРУЮЩИХ СИСТЕМ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Принципы работы СЭС башенного типа основаны на получения водяного пара с использованием солнечной радиации. В центре станции стоит башня высотой от 18 до 24 метров (в зависимости от мощности и некоторых других параметров высота может быть больше либо меньше), на вершине которой находится резервуар с водой. Этот резервуар покрашен в чёрный цвет для поглощения теплового излучения. Также в этой башне находится насосная группа, доставляющая пар на турбогенератор, который находится вне башни. По кругу от башни на некотором расстоянии располагаются гелиостаты.



**Рис. 1.** Солнечная электростанция башенного типа

Гелиостат — это зеркало площадью в несколько квадратных метров, закреплённое на опоре и подключённое к общей системе позиционирования. То есть, в зависимости от положения солнца, зеркало будет менять свою ориентацию в пространстве. Основная и самая трудная задача - это позиционирование всех зеркал станции так, чтобы в любой момент времени все отраженные лучи от них попали на резервуар. При проектировании систем гелиостатов для солнечной электростанции важной проблемой является позиционирование и поворот гелиостатов, таким образом, чтобы наибольшее количество солнечных лучей попадали на резервуар с водой. Теоретически, можно отказаться от поворота зеркал, но тогда будет наблюдаться серьезная потеря солнечной энергии. Однако используя поворотные механизмы гелиостатов, также стоит учитывать затраты энергии на поворот зеркал. Но эти затраты можно компенсировать, путем использования рациональных алгоритмов их поворота, чтобы извлечь максимальную мощность от солнечного излучения. Чтобы определить наилучшую ориентацию произвольного гелиостата предлагается следующий алгоритм нахождения вектора падающего луча.

По известным азимуту и углу к горизонту солнца найдем координаты вектора падающего луча.



$$A = (a_x ; a_y ; a_z)$$

$\alpha$  - азимут;

$\beta$  - угол к горизонту.

Тогда  $a_x = \cos \beta * \cos \alpha$ ,  $a_y = \cos \beta * \sin \alpha$ ,  $a_z = \sin \beta$

Очень просто определить, куда отразится луч света, зная вектор падающего луча и вектор нормали отражающей поверхности.

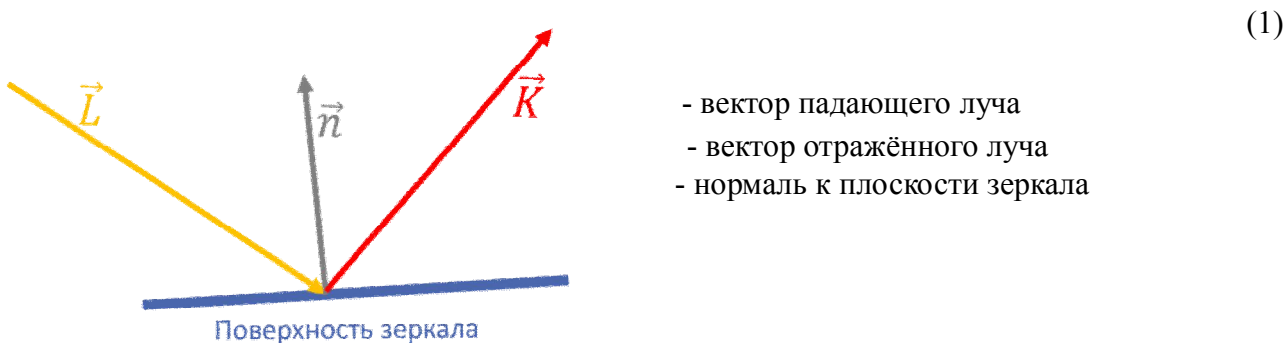


Рис. 2. Построение вектора отраженного луча

Для определения нормали гелиостата, чтобы он направлял солнечную энергию на башню надо знать положение зеркала относительно центральной вышки станции, высоту цистерны над землей и точные координаты солнца, которые можно рассчитать для любого момента времени любого дня года.

Также важной задачей является проверка правильности направления зеркала. Используя такой алгоритм, можно определять требует ли позиция гелиостата корректировки.

$$\vec{K} = \vec{K}' * \begin{pmatrix} x_i & y_i & z_i \\ x_j & y_j & z_j \\ x_k & y_k & z_k \end{pmatrix} \tag{3}$$

$$\vec{L} = \vec{L}' * \begin{pmatrix} x_i & y_i & z_i \\ x_j & y_j & z_j \\ x_k & y_k & z_k \end{pmatrix} \tag{2}$$

$$\vec{K}' = \vec{L}' * \begin{pmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{pmatrix} \tag{4}$$

- вектор падающего луча в новой системе координат связанной с плоскостью зеркала
- вектор отражённого луча в новой системе координат

(3)- матрица перехода из новой системы координат в старую

(4) - матрица поворота вектора на угол 180 градусов относительно оси ОУ

Авторами разработана программа, моделирующая работу гелиостатических систем солнечных электростанций. В программе предусмотрена возможность произвольно располагать гелиостаты относительно центральной вышки, указывать их количество, задавать координаты расположения станции, дату и время наблюдения. Производится визуализация отражения лучей. Весь процесс можно наблюдать в режиме реального времени, солнце будет двигаться по соответствующим траекториям в зависимости от времени года. Также непосредственно во время моделирования имеется возможность рассчитывать текущую мощность станции и наблюдать за её изменением с движением солнца (рис. 3).

Предусмотрена возможность быстрого добавления колец из множества зеркал, равномерно расположенных вокруг вышки. Такая структура станции идеально подходит для низкоширотных зон (рис. 4).

Зеркала можно ставить не только по окружности, но и в форме амфитеатра, что даёт большую эффективность в северных широтах (рис. 5).

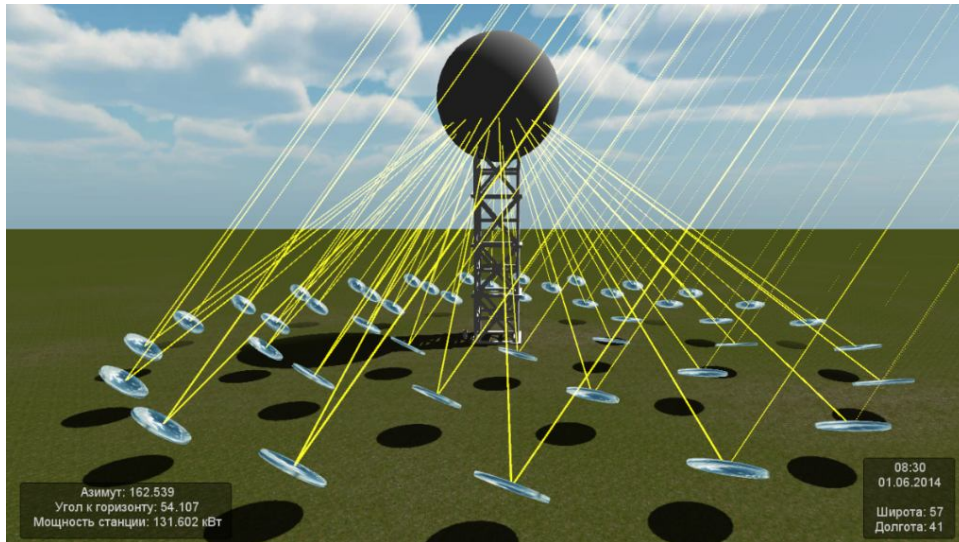


Рис. 3. Визуализация положения гелиостатов

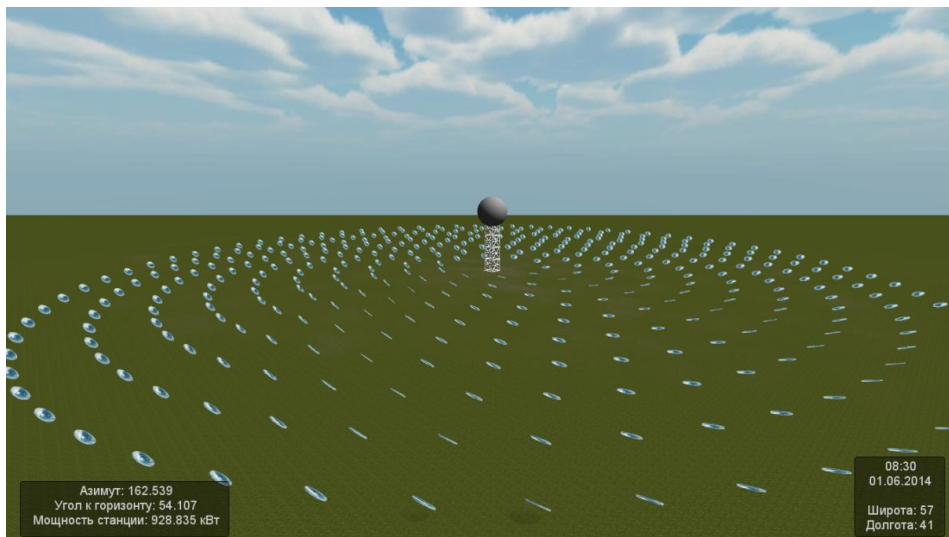


Рис. 4. Расположение гелиостатов в низкоширотных зонах

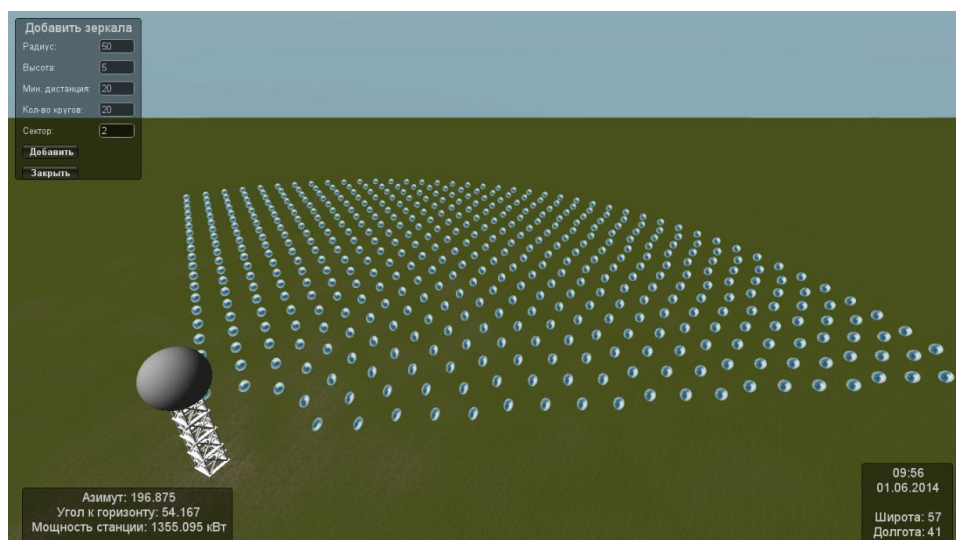


Рис. 5. Расположение гелиостатов в высоких широтах

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Безруких П.П.* и др. Ресурсы и эффективность использования возобновляемых источников энергии в России. - СПб.: Наука, 2002. – С. 19-54.
2. *Пивоварова З.И., Стадник В.В.* Климатические характеристики солнечной радиации как источника энергии на территории СССР. Научно-справочное пособие. Л.: Гидрометеоиздат, 1988. - 292 с.

**Л. В. Лукиенко, К. В. Гальченко, С. Ю. Волков**

(ФГБОУ ВПО ТГПУ им. Л.Н. Толстого, ФГБОУ ВПО НИ(Ф) РХТУ им. Д.И. Менделеева, ООО «НИАП»)

### **ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВА КРУПНОМОДУЛЬНЫХ ТЯЖЕЛО НАГРУЖЕННЫХ ЗУБЧАТО-РЕЕЧНЫХ ПЕРЕДАЧ**

Для перемещения тяжело нагруженных ответственных технологических машин находят применение крупномодульные (от 31,85 мм до 47, 746 мм) зубчатые колёса. При их изготовлении возникают немалые проблемы, связанные с недостатком оборудования. Одним из практически реализуемых решений является переход на технологичный радиусный профиль зацепления (двигатели зубчато-реечных систем перемещения очистных комбайнов) и применение станков с числовым программным управлением. Для работы механизмов перемещения тяжело нагруженных технологических машин, кроме колеса необходима рейка, жёстко закреплённая на неподвижных направляющих. Обкатываясь по рейке, колесо перемещает рабочую машину в необходимом направлении.

При проектировании реечных тяговых органов для перемещения тяжело нагруженных технологических машин конструкторам приходится решать сложную многофакторную задачу, при решении которой вопрос технологичности изготовления зачастую уходит на второй план. Между тем, именно этот вопрос играет первостепенную роль при организации производства разработанной конструкции. Поэтому, целью работы было провести качественную оценку конструктивных вариантов зубчато-реечных двигателей тяжело нагруженных технологических машин с точки зрения технологичности их изготовления и разработка рекомендаций по применению наиболее технологичного способа изготовления.

Рейка РКД (шаг зацепления 138 мм, угол зацепления  $8^0$ ) представляет собой полосу проката толщиной 60 мм из стали 35ХГСА, из которой плазменной резкой сформирована секция зубчатой рейки длиной 1500 мм, оснащённая по краям крепёжными отверстиями. Из секций рейки монтируют реечный став посредством последовательного соединения с помощью П-образных проушин, закреплённых на навесном оборудовании скребкового конвейера.

Фиксация звеньев реечного става от осевого смещения в ходе эксплуатации осуществляется посредством пальцевых фиксаторов, снабжёнными шплинтами. Таким образом, затраты на механическую обработку зубчатого модуля звена рейки РКД минимальны.

Особенностью стали 35ХГСА, которая достаточно хорошо обрабатывается резанием, является повышенная чувствительность к концентраторам напряжения: детали из этих сталей работают надёжно только в том случае, если приняты все меры к уменьшению концентраторов напряжения, водородной хрупкости, устранению склонности к замедленному разрушению. Второй её особенностью является зависимость предела выносливости от предела прочности, причём, с повышением предела прочности уменьшается предел выносливости высокопрочных сталей.



Изготовление реечного звена осуществляется методом плазменной резки из полосы соответствующего размера, позволяющей получить одновременным раскромом за один ход плазмоторна несколько заготовок звеньев, при незначительных потерях отходов в основном в виде расплавленного металла.

Применение плазменной резки при высокой плотности и мощности излучения позволяет обеспечить высокопроизводительную интенсивную технологию резки путём нагрева металла до точки плавления и его выдувания из зоны резания, что позволяет получать высокое качество поверхности реза. Причем ширина реза составляет порядка 2 мм, практически не зависит от рода металла и уменьшается с увеличением скорости резки. После вырезки заготовка подвергается улучшению когда структура состоит из продуктов распада мартенсита, что дает эффект сочетания высших прочностных и пластичных свойств металла рейки, а, следовательно, её высокие эксплуатационные показатели.

Рейка ЗБСП (шаг зацепления 100 мм, диаметр цевок 50 мм), состоит из двухполосной направляющей угловой конструкции специального профиля, которая при работе воспринимает силу тяжести перемещаемой технологической машины. В вертикальных бортах этих направляющих выполнен ряд отверстий с шагом 100 мм, в которых закрепляются сваркой полуавтоматической в среде углекислого газа цилиндрические цевки рейки. Нижний пояс, рассматриваемой угловой конструкции усилен полосой металла по всей длине рейки для восприятия усилия подачи очистного комбайна закреплённой на корпусе сваркой. Кроме того, короткая полка угловой направляющей подвергается с рабочей стороны плазменной закалке на глубину 1-2 мм до HRC 70-40 при  $R_z$  320. Цилиндрические отверстия, выполненные по краям направляющей угловой конструкции, предназначены для соединения секций между собой при сборе реечного става.

Общая длина реечного става, сформированного из цевочных реек 2УКПК (шаг зацепления 100 мм, диаметр цевок 50 мм, материал цевок – сталь 40Х), предназначенных для перемещения тяжёлых очистных комбайнов, формируется из отдельных звеньев, скреплённых между собой замком специальной конструкции, который закреплён на навесном оборудовании скребкового конвейера. Звено рейки 2УКПК изготовлено из двух полос, соединённых между собой в две параллельные направляющие, расстояние между которыми и параллельность обеспечивается мерными по длине и короткими по ширине пластинами, а жесткость наружной направляющей – продольной пластиной приваренной перпендикулярно по нижнему поясу и снабженной двумя ребрами жесткости в виде треугольных косынок. Противоположная (внутренняя) направляющая усилена гнутым профилем в виде тупого уголка, одной стороной приваренного непосредственно к направляющей. Пальцы рейки установлены в гнезда направляющих и зафиксированы сваркой.

Для соединения звеньев в общую рейку сконструирован замок («рычаг»), снабженный двумя пальцами закреплёнными в направляющих и двумя отверстиями, для связи со стыкуемыми звеньями. Внутренняя часть замка имеет пластину жесткости, снабженную четырьмя ребрами с отверстиями для центровки с отклонением от соосности не более 0.5 мм. Противоположная, наружная полка замка снабжена полосой жесткости в два раза больше толщины и имеющей сложную фигуру контура, к которой с внешней стороны приварена одна центрирующая втулка, также достаточно сложной формы и закрепляемая сваркой в строго определённом положении относительно базовой детали. Пальцы замка представляют собой ступенчатый валик с буртами для фиксации направляющих и связанных с ними сваркой.

Для реек ЗБСП и 2УКПК, где используется электродуговая сварка в защитных газах и ручная электродуговая покрытым электродом, имеет место наличие достаточно широкой зоны термического влияния сварного шва. Это способствует появлению сварочных деформаций и напряжений во время процесса производства самих работ, и, что особенно существенно, после полного остывания соединения. Кроме того, температурные поля оказывают непосредственное влияние на металлургические процессы при сварке, что сказывается на прочности. Поэтому сварку высокопрочных сталей следует сопровождать предварительным, со-

путствующим и последующим подогревом свариваемых деталей для получения более надёжного соединения столь ответственной конструкции рейки. Говоря об изготовлении каркасной сварной металлоконструкции не следует забывать о том, что при её сборке необходимо обеспечивать симметрию и взаимные перпендикулярность и параллельность полок и стенок, прижатие деталей друг к другу и последующие закрепление прихватами, а затем контрольную операцию и только потом окончательную сварку всей конструкции. Для фиксации заготовок при сборке сварных коробчатых конструкций приходится использовать сборочные кондукторы специального назначения.

При производстве реек ЗБСП и 2УКПК требуется изготовление нескольких специальных конструкций кондукторов и стапелей, что существенным образом удорожает стоимость конечного продукта и снижает его технологичность.

Как известно, показатели качества, характеризующие точность машины, обеспечиваются соответствующими показателями точности отдельных деталей, входящих в сборочные единицы. Надёжность и долговечность машин обеспечиваются такими показателями прочности отдельных деталей, как твердость рабочих поверхностей, их износостойкость, изгибная прочность, а также конструктивная форма и их размеры. Прочность детали в первую очередь зависит от материала, из которого она изготовлена. Все точностные и прочностные показатели качества продукции должны быть обеспечены соответствующей технологией.

Главными источниками погрешностей при изготовлении зубчатого колеса и рейки являются следующие: неодинаковые линейные размеры и объемы различных частей деталей, что особенно важно при использовании тепловых технологических процессов; недостаточная надёжность колеса и рейки, приводящая к прогибам под действием внешних сил и термической обработки; фазовые превращения структуры при термическом воздействии – изменение удельного объема сердечника детали; изменение удельного объема поверхностного слоя при образовании закалочных структур; погрешности размеров и формы деталей после механической обработки; напряжённое состояние материала детали: глубина и степень механического наклёпа; полная или частичная релаксация остаточных напряжений, возникающих в ходе заготовительных операций (прокатка, ковка, штамповка).

Рассмотрим конструктивные особенности и технологию изготовления детали цевочного узла именно с вышеперечисленных позиций. Начнём со звена рейки. Конструкция предполагает использование для изготовления реечного звена стали 30 ХГСА. В качестве исходной заготовки предложим листовую материал, толщиной 60 мм, полученного в виде горячекатанного проката обычной точности в нормализованном состоянии с твёрдостью 280-321 НВ.

Сталь 30ХГСА относится к улучшенным среднелегированным сталям, обладающая достаточно высокой прокаливаемостью и поэтому после изготовления рейки детали должны быть подвержены улучшению с целью получения структуры зернистого сорбита с твёрдостью порядка 280-321 НВ, что нельзя гарантировать, применяя в качестве заменителя конструкционные стали 45 и 30Г.

Наибольшая точность размеров соответствует девятому качеству. Наличие шлицевого внутреннего контура ступицы и эвольвентного зуба венца несколько снижает технологичность конструкций, так как изготовление этих поверхностей требует применение малопроизводительных долбежных операций. Коэффициент использования материала составляет порядка 68-70%, что можно считать приемлемым для условий мелкосерийного производства.

Несколько снижает технологичность изготовления приводного колеса необходимость проведения цементации всей детали и последующей её термической обработки для получения твердости поверхности зуба и шлицев порядка HRC 57-63. Указанный вид термической обработки несущественно влияет на изменение шероховатости исполнительных поверхностей детали и не требует последующей отделочной механической обработки.



Таким образом, сравнивая технологию изготовления речного звена и приводного колеса с изготовлением аналогичных деталей [1] можно с удовлетворением отметить явные преимущества описанной нами технологии.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *В.П. Кондрахин, В.В. Косарев, Н.И. Стадник.* Электрические механизмы перемещения очистных комбайнов. – Донецк: Технопарк ДонНТУ УНИТЕХ, 2010. – 257 с.
2. *Горбатов П.А.* Горные машины для подземной добычи угля. Донецк: Норд Компьютер, 2006. – 669 с.
3. *Геллер Б.М., Лукиенко В.Г., Семёнов Ю.Н.* Бесцепные системы подачи очистных комбайнов – М.: Недра, 1988. – 152 с.
4. *Мирошниченко О.А.* Технологическое обеспечение элементов колёсно-речных движителей: дис. ... ДонНТУ, Донецк, 2010.
5. 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. – 220с.

*А. А. Лысенко, В. Е. Иванов, П. В. Пучков*

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

#### **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ДЛЯ ПРИСОЕДИНЕНИЯ ВСАСЫВАЮЩЕГО РУКАВА К ПАТРУБКУ НАСОСА**

В ивановской области в 2015 году произошло 512 пожаров. В настоящее время проводятся мероприятия, способствующие уменьшению количества пожаров, благодаря проведению профилактических мероприятий, а так же регулярному проведению практических занятий личным составом пожарных частей. В Ивановской области на 16,7% уменьшилось количество пожаров — в сравнении с аналогичным периодом прошлого года зарегистрировано 512 инцидентов (против 610 в 2014-м году).

Своевременное прибытие к месту пожара и включение в работу пожарных насосов, механизмов и агрегатов основных и специальных пожарных машин зависит от многих факторов: дорожной обстановки при следовании на пожар, наличия водоисточников и удобства подъезда к ним, квалификации личного состава караула.

Быстрое и качественное выполнение поставленной задачи во многом зависит от профессионального мастерства каждого пожарного и водителя, их умения ориентироваться в сложившейся обстановке, знания расположения водоисточников, от правильного управления специальными агрегатами и пожарным оборудованием находящимся на автомобиле. Практический опыт работы бойцов пожарной охраны свидетельствует, что соблюдение строго определенной последовательности при работе со специальным оборудованием пожарных автомобилей делает эту работу более целесообразной и надежной. Для этого в гарнизонах пожарной охраны проводят различные, ежедневные, лекционные и практические занятия с личным составом караулов. По прибытию к месту пожара пожарные автоцистерны, как правило, устанавливают как можно ближе к очагу горения, но так, чтобы тепловой поток не оказал воздействие на автомобиль. Насосно-рукавные автомобили по прибытию к месту пожара устанавливаются на водоисточники — пожарный гидрант или открытый водоем.

Очень часто из-за отсутствия в сельской местности пожарных гидрантов, производится установка пожарных автоцистерн на водоисточник и подача воды осуществляется из открытого водоема. Для уменьшения времени установки АЦ на открытый водоисточник предлагается на этапе присоединения всасывающего рукава к всасывающему патрубку насоса выполняемой двумя пожарными, сократить их количество до одного, путем усовершенствования одного из узлов всасывающего рукава (рис. 1).

Установка пожарного автомобиля на открытый водоем зависит от места расположения пожарного центробежного насоса. При переднем расположении пожарного насоса и среднем расположении его с выводом всасывающих патрубков в переднюю часть автомобиля подъезд к водоисточнику осуществляется передним ходом. При заднем расположении насоса - задним ходом. Во всех случаях при подъезде к водоисточнику необходимо выбирать удобное и безопасное для подъезда место. В случае установки пожарного автомобиля на пирс контроль положения автомобиля на нем и маневрирование должно контролироваться и корректироваться командиром отделения или опытным пожарным.



**Рис. 1.** Втулка на всасывающем рукаве

Очень важное значение для надежной работы пожарного насоса имеет высота всасывания и условия прокладки всасывающих рукавов. Необходимо выбрать такое место установки пожарной автоцистерны или насосно-рукавного автомобиля, чтобы высота всасывания не превышала 7 м, а условия прокладки всасывающих рукавов исключали их резкие перегибы.

Установка пожарной автоцистерны на водоем осуществляется расчетом из двух человек (водитель и пожарный) водитель устанавливает пожарный автомобиль к водоисточнику в указанное место. Водитель с пожарным достают из пеналов последовательно один за другим всасывающие рукава, кладут их на землю – один рукав у насоса, второй – за первым, в сторону водоема. Водитель снимает заглушку с всасывающего патрубка насоса. Пожарный достает из отсека всасывающую сетку и переносит ее к водоему. Затем пожарный и водитель присоединяют рукав к всасывающему патрубку насоса, соединяют рукава между собой. Пожарный присоединяет к рукаву всасывающую сетку, опускает рукав с сеткой в водоем так, чтобы сетка полностью погрузилась в воду, закрепляет веревку обратного клапана за какой-либо предмет или рукав. Водитель готовит насос к забору воды.

Оснащение всасывающего рукава втулкой-направляющей, позволяет присоединять рукав одному водителю пожарной автоцистерны, что в свою очередь значительно сокращает время установки АЦ на открытый водоисточник и способствует оперативной подаче воды в рукавную линию для тушения пожара. Так же втулка предотвращает вероятность образования воздушной пробки из-за попадания воздуха через соединение рукавных головок.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Безбородько М.Д.* Пожарная техника – М.: АГПС МЧС России, 2004. – 550 с.
2. *Теребнев В.В.* Пожарно-строевая подготовка: Учебное пособие. – М.: Академия ГПС, Калан-Форт, 2004 – 336 с.

**В. А. Малышев, А. Е. Красавин, Ю. В. Ильин**  
(ФГБВОУ ВО «Академия гражданской защиты МЧС России»)

## **ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АВТОМОБИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ МЧС РОССИИ ПРИ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ВООРУЖЁННОГО ГРУЗИНО-ОСЕТИНСКОГО КОНФЛИКТА**

Ликвидация последствий вооружённого грузино-осетинского конфликта и оказание помощи пострадавшему населению – одна из крупных операций МЧС Российской Федерации за последние годы.

Справочные данные:

Республика Южная Осетия со столицей Цхинвал занимает цен-тральную часть южных склонов Большого Кавказа и северную часть внутреннекартлийской равнины, рассечена горными хребтами. Свыше 90 % территории лежит на высотах более 1000 метров. Климат меняется по высотным поясам от умеренно теплого в южной части территории (предгорный - с высотами до 1000 м), до холодного в северных высокогорных районах вечных снегов (высокогорный – на высоте свыше 2000 м). Реки маловодные с каменистым дном. Дорожная сеть развита относительно слабо. Территорию с севера на юг от Рокского тоннеля до Цхинвала и далее на город

Гори пересекает Транскавказская магистраль протяженностью 161 км, из которых: на территории Северной Осетии – 97 км, на территории Южной Осетии – 64 км. Перевалы через Большой Кавказ по соседству с магистралью удобные для проезда транспорта отсутствуют. Пропускная способность Транскавказской магистрали до 4... 6 тысяч единиц колёсной техники в сутки. Проезжая часть в основном имеет твёрдое асфальтовое покрытие и сложный профиль, как то: спуски, подъемы, противоловинные галереи, мосты и 10 тоннелей, общей протяженностью 6,8 км и другие искусственные сооружения. Рокский тоннель самый большой, расположен на высоте 2000 м, протяженность - 37 км.

На территории имеются четыре посёлка городского типа и единственный город Цхинвал, расположенный на высоте 1030 м над уровнем моря на границе с Грузией на реке Большая Лиахви в меж-горной котловине.

Особенности природно – климатических, географических, демо-графических и политических факторов, состояние инфраструктуры, подвергшейся огневому воздействию вооружённых формирований Грузии потребовали принятия решительных мер политического и военного характера, а также оказание гуманитарной помощи Южной Осетии, большинство населения которой составляют граждане Российской Федерации.

В соответствии с Распоряжением Правительства Российской Федерации 11 августа 2008 года в город Цхинвал была введена оперативная группа (ОГ) МЧС с целью организовать:

- выполнение аварийно-спасательных и других неотложных работ, в том числе восстановление разрушенной инфраструктуры;
- обустройство пунктов временного расположения беженцев;
- доставку гуманитарной помощи.

ОГ МЧС состояла из 1116 человек и 271 единицы различной техники.

Выдвижение ОГ к месту дислокации, а также доставка гуманитарной помощи в основном осуществлялась автомобильным транспортом по Транскавказской автомагистрали.

Особенностью эксплуатации автомобилей в условиях горной местности является эксплуатация автомобильного транспорта с большой напряженностью механизмов и систем вследствие вынужденного торможения «двигателем» из-за частого чередования подъемов и спусков.

Длительная работа двигателя с максимальной частотой вращения коленчатого вала при повышенном тепловом режиме нередко является причиной обрыва ремней вентилятора и компрессора, «пробоя» прокладок головки блока цилиндров и выпускного трубопровода. Смазка подшипников водяного насоса от нагрева быстро разжижается и вытекает.

Резко пересечённая местность, затяжные подъемы и спуски, крутые повороты вынуждают водителей чаще переключать передачи, создают напряженные условия работы силовой передачи, ходовой части, механизмов поворота и торможения, что приводит к нарушению их нормальной работы, теплового режима и интенсивному износу деталей.

В целях поддержания техники в постоянной готовности к безопасной эксплуатации в местах формирования автоколонны был проведён комплекс организационных и технических мероприятий.

В частности:

- проверены и отрегулированы приводы управления сцеплением, коробкой передач, тормозной системой, ручным (стояночным) тормозом, приборами освещения. Особое внимание уделено проверке регулировок рулевого механизма и тормозов;

- проверено состояние ремней приводов вентиляторов, компрессоров, генераторов, прокладок головок блоков цилиндров и выпускных трубопроводов. На отдельных образцах осуществлена замена приводных ремней, и создан небольшой запас их в машине технического замыкания;

- проверен уровень электролита в аккумуляторных батареях и осуществлена его доливка (при необходимости);

- долита жидкость в системы охлаждения автомобилей и создан её запас. Проверены и устранены при обнаружении неисправности паровоздушных клапанов радиаторов.

- проверено состояние шин и наличие специальных средств, предотвращающих скапывание (сползание) машин при остановках на подъемах, как то: колодок, упоров, сошников и др.

- проинструктированы водители и старшие машин по особенностям движения по горной автомагистрали в колонне, по скоростному режиму, по преодолению спусков, подъемов, тоннелей и мостов, особенностям буксировки прицепов. Особое внимание уделялось вопросам устранения возможных поломок и неисправностей, порядка преодоления Рокского и других тоннелей и препятствий. В ходе совершения марша скорость колонн на прямых участках в условиях хорошей видимости составляла 30...35 км/ч, на крутых и закрытых поворотах и подъемах – 5...10 км/ч, на спусках достигала 20 км/ч. Дистанция между машинами в колонне достигала 50...100, а на отдельных участках 300 м. Через 3...4 часа движения колонн на ровных участках магистрали устраивался привал на 20...30 минут. Машины «прижимались» к обочине, дистанция между ними составляла 10...30 метров (рис.1).

Во время привала водителями проводился контрольный осмотр автомобилей и прицепов, доливалась охлаждающая жидкость, проверялось состояние тормозов, рулевого управления, тягово-сцепного устройства и колёс. Выявленные недостатки устранялись на месте.

Во второй половине перехода, после преодоления Рокского тоннеля, организовывался дневной привал продолжительностью 2...4 часов. На привале личный состав принимал пищу, осматривал машины и, при необходимости, заправлял их топливом. Проведение оперативной группой организационных и технических мероприятий в ходе операции способствовало значительному уменьшению количества поломок и аварий.

Всего в Южную Осетию доставлено более 11500 т гуманитарных грузов, в том числе: 3660 т продовольствия, 972м<sup>3</sup> питьевой воды; 146,5 т медикаментов и медицинского имущества; 152 т ГСМ; 4527 т строительных материалов; 856 т школьного имущества; оборудования и имущества на 24 пункта временного размещения беженцев суммарной ёмкостью 2155 человек.

Предполагалось сразу же по прибытии на территорию Южной Осетии начать работы по восстановлению инфраструктуры. Но значительные разрушения практически всех объектов энергоснабжения, отсутствие поставок газа по трубопроводу из Грузии, разрушения группового водовода системы водоснабжения, регулирующей ёмкости для воды, наличие невзорвавшихся боеприпасов, и специально заминированных инженерных сооружений и домов затрудняло применение техники для решения практических задач. Поэтому пиротехники МЧС совместно с саперами Министерства обороны приступили к разминированию объектов, подлежащих восстановлению. Доставка пиротехнических групп к местам работ по разминированию и обезвреживанию взрывоопасных предметов осуществлялась на специально выделенных и оборудованных для этой цели автомобилях. Пиротехниками МЧС было обезврежено 2768 взрывоопасных предметов, в том числе три 500 кг авиационные бомбы.



Рис. 1. Автоколонна МЧС на привале

На начальном этапе населению Цхинвала и других населенных пунктов автомобильным транспортом было доставлено 147 т сжиженного газа. В целях своевременного обеспечения населения газом и создания его резерва установлена стационарная ёмкость вместимостью 34 т.

При выполнении первоочередных работ по жизнеобеспечению пострадавшего населения в городе Цхинвал была организована работа трех пунктов питания, выдачи продовольствия и питьевой воды, оборудован пункт полевого водообеспечения с использованием станций комплексной очистки воды СКО-8 [2] с последующим её подвозом в районы, в которых водопровод был поврежден или вообще отсутствовал.

Для транспортировки воды к местам раздачи потребителям использовались автоводоцистерны, иногда пожарные машины (рис. 2) и авторазливочные станции АРС – 14.



Рис. 2. Доставка воды пожарным автомобилем

Для освещения мест аварийно-восстановительных работ и размещения структурных подразделений оперативной группы МЧС применялись штатные осветительные станции ЭСБ-2ВО и ЭСБ-4ВО. Подача электроэнергии для обеспечения работ, а также для станций СКО-8 на пунктах водообеспечения осуществлялась с применением дизельных электроагрегатов АД-16 и АД-20. Расчеты станций и электроагрегатов имели достаточный практический опыт работы, поэтому проблем с их эксплуатацией не возникало.

В порядке оказания помощи Правительству Республики Южная Осетия было передано 53 единицы технических средств различного назначения:

Выводы:

1. Все поставленные задачи были выполнены, благодаря хорошо спланированной и организованной работе оперативной группы МЧС РФ.

2. Эксплуатация техники, привлекаемой для ликвидации последствий вооруженного конфликта, и оказание помощи пострадавшему населению осуществлялись в соответствии с требованиями руководящих документов без существенных аварий и поломок.

3. Опыт, приобретенный водителями при подготовке автомобильной техники к маршу и ее эксплуатации в ходе операции целесообразно обобщить и распространить в региональных центрах и среди формирований МЧС, использовать в учебном процессе высших учебных заведений Министерства.

4. Лица, ответственные за подготовку специалистов по эксплуатации средств и оборудования, применяемых для аварийно-спасательных работ, должны внести изменения в программы обучения для улучшения практических навыков специалистов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Станция комплексной очистки воды СКО-10. Руководство по эксплуатации 8.01.124.00.000 РЭ.

2. Руководство по полевому водоснабжению войск. - М.ВИ. 1985.

3. *Лукуткин С.И.* Особенности организации водоснабжения войск при проведении операции по поддержанию мира в Республике Южная Осетия. Материалы XVI Международная научно-практическая конференция «Предупреждение, спасение, помощь», Химки, АГЗ. 2009.

*А. Н. Мальцев*

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

#### **ВЫБОР АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПОЖАРОТУШЕНИЯ В ТОРГОВЫХ КОМПЛЕКСАХ С УЧЕТОМ ИХ НАДЕЖНОСТИ**

В настоящее время в стране происходит развитие экономики, рыночных отношений, торговли товаров и услуг. В процессе длительного развития и эволюции товарно-денежных отношений появился такой вид организации торговли, как торговый центр. Сегодня по всей России полным ходом идет развитие и строительство торгово-развлекательных центров (ТРЦ).

Здания торгово-развлекательных комплексов имеют свои особенности:

– занимают огромные площади, в них одновременно может находиться до нескольких тысяч человек;

– в здании имеется большое количество помещений различного назначения с различной степенью пожарной загрузки;

– в этих зданиях люди находятся в различном эмоциональном состоянии.

На примере города Иваново с четырехсот пятидесяти тысячным населением количество крупных торговых центров составляет свыше 50 единиц. Ежедневно через них проходит в среднем до двух – трех тысяч человек.

Согласно справке, подготовленной Департаментом надзорной деятельности и профилактической работы по анализу обстановки с пожарами и последствий от них на территории Российской Федерации, можно отметить, что количество пожаров в торгово-развлекательных центрах остается все еще значительным (порядка 5%). Практически ежеме-

сячно на территории России происходят крупные пожары в таких зданиях, причинами которых чаще всего служат неосторожное обращение с огнем и неисправности электрооборудования и проводки. Именно поэтому обеспечение безопасности людей на таких объектах должно осуществляться на высшем уровне. Исходя из вышеперечисленных особенностей, торгово-развлекательных комплексов обеспечение пожарной безопасности носит актуальный характер.

В настоящее время крупные торговые помещения оборудуются, как правило, дренчерными и спринклерными установками пожаротушения.

Одними из самых простых и эффективных типов автоматических систем тушения пожара являются спринклерные установки пожаротушения. В основе конструкции лежит применение окончателных элементов водопроводной системы, которые способны самостоятельно открываться при достижении температуры в помещении определенного порогового значения.

Преимущества системы: работа в автоматическом режиме, отсутствие электропитания, отсутствие сложных схем обратной связи, постоянная готовность к работе, длительный срок эксплуатации.

В данной работе приводим расчет необходимого оборудования для обеспечения пожарной безопасности торговой площадки среднего размера (500 м<sup>2</sup>). Торговые помещения должны быть оборудованы следующими системами противопожарной защиты: а) внутренний противопожарный водопровод; б) автоматическая система спринклерного пожаротушения с интенсивностью орошения  $I=0,12$  л/(с·м<sup>2</sup>) и суммарным расходом не менее 10л/с. Насосную станцию системы автоматического пожаротушения следует запроектировать согласно СП 10.13130.2009 в помещении первого этажа с самостоятельным выходом наружу. Помещение должно быть отапливаемым и должно отделяться от других помещений противопожарным перекрытием 1-го типа, противопожарными перегородками 1-го типа.

Для определения диаметров трубопроводов, типа и параметров основного водопитателя для спринклерной установки водяного пожаротушения проводился гидравлический расчет.

На основании СП 5.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования» выбирались исходные данные для проектирования:

1. Группа помещений – 1,
2. Интенсивность орошения водой – 0,08 л/(с·м<sup>2</sup>),
3. Расход воды не менее – 10 л/с,
4. Площадь для расчета расхода воды – 60 м<sup>2</sup>,
5. Продолжительность работы установок водяного пожаротушения – 30 мин,
6. Максимальное расстояние между спринклерными оросителями – 4м<sup>2</sup>.

Указанные исходные данные соответствуют большинству типов торговых площадок.

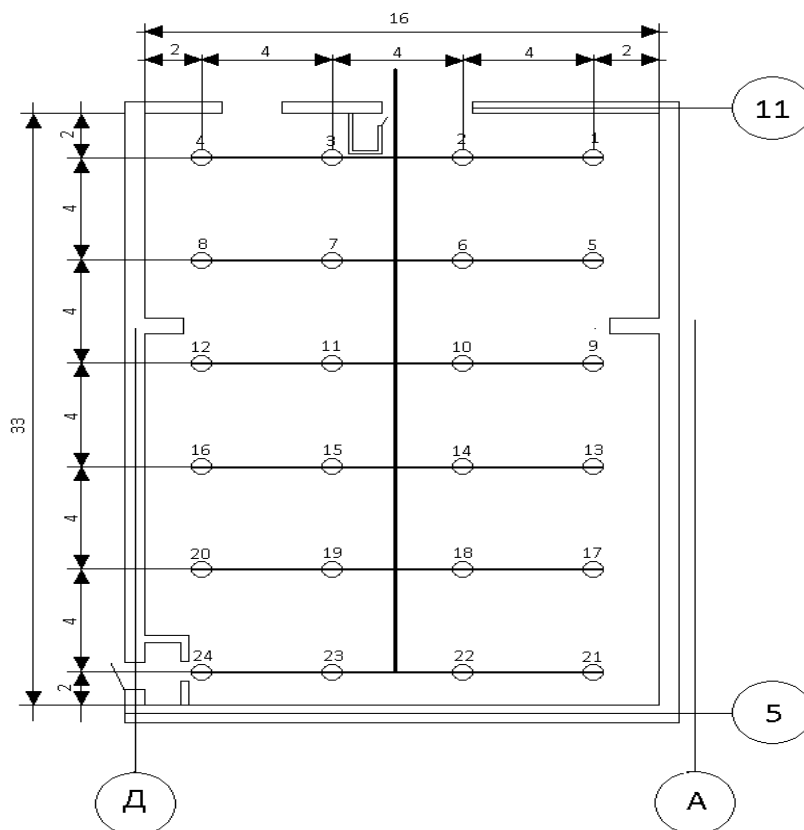
На основании проведенных расчетов предлагается следующая схема размещения оросителей спринклерного типа в торговом помещении (рис. 1).

На основании СП 5.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования» п. 5.2.23 - в спринклерных АУП на питающих и распределительных трубопроводах диаметром DN 65 и более допускается установка пожарных кранов по СП 10.13130.2009, ГОСТ Р 51049, ГОСТ Р 51115, ГОСТ Р 51844, ГОСТ Р 53278, ГОСТ Р 53279 и ГОСТ Р 53331.

На основании СП 10.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Внутренний противопожарный водопровод. Требования пожарной безопасности» и проведенных вычислений требуется обеспечить следующие технические характеристики:

1. Количество струй – 2,
2. Минимальный расход воды на внутреннее пожаротушение – 2,5 л/с на одну струю.





**Рис. 1.** Схема размещения оросителей в торговом зале

На основании СП 10.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Внутренний противопожарный водопровод. Требования пожарной безопасности» расчетные параметры пожарных кранов должны быть следующими: пожарный кран диаметром 50 мм; напор 10 метров у пожарного крана с рукавом 20 метров; диаметр sprыска наконечника пожарного ствола 16 мм.

На основании вышеизложенного можем сделать следующие выводы и предложения:

- 1) для систем автоматического пожаротушения рационально выбрать оросители марки СВН-10, клапан Greenell F-200 модели AV-1;
- 2) для подачи воды наилучшим образом зарекомендовал себя насос марки Д200-90б с электродвигателями мощностью 55,0 кВт;
- 3) для поддержания рабочего давления в сети рекомендуется установка жockey-насоса марки КМ80-50-200/2-5, включающийся при падении давления в сети на 1 атм.

Рассматриваемые в данной статье объекты являются довольно сложными, требующими исключительно комплексного и ответственного подхода. Работы по проектированию противопожарных систем должны начинаться с формирования технического задания на разработку систем противопожарной защиты и проводиться на этапе проектирования самого объекта защиты.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Федеральный закон 123-ФЗ от 22.07.2008 «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
2. Федеральный закон N 69-ФЗ. «О пожарной безопасности».
3. Постановление Правительства РФ от 25 апреля 2012 г. № 390 «О противопожарном режиме». Правила противопожарного режима в Российской Федерации.



*М. А. Марченко, А. В. Скрипка, В. В. Приймак*  
(ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России»)

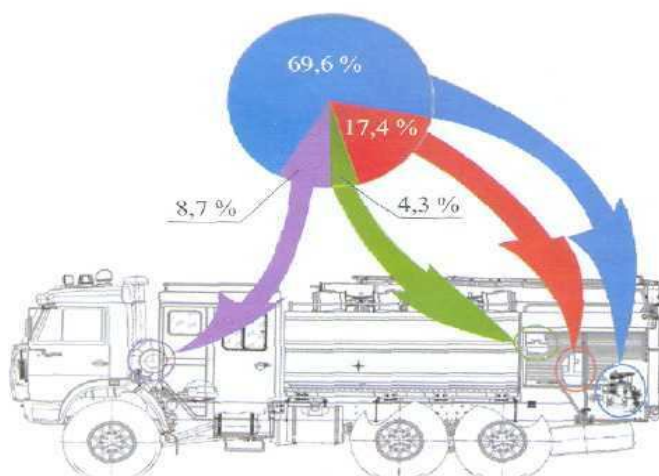
## НЕГАТИВНЫЕ ФАКТОРЫ, ВОЗДЕЙСТВУЮЩИЕ НА НАДЕЖНОСТЬ РАБОТЫ ОСНОВНЫХ АГРЕГАТОВ ПОЖАРНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ, ВОЗНИКАЮЩИЕ ПРИ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ В УСЛОВИЯХ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР

В порядке реализации закона «О пожарной безопасности», решений участников в совместных научно-практических конференциях и совещаний производителей пожарной техники, в начале 2000 года была разработана и учреждена «Концепция развития и производства пожарных автомобилей в Российской Федерации», а в конце 2002 года приказом МЧС России № 624 от 31.12.2002 года была утверждена «Концепция совершенствования пожарных автомобилей и их технической эксплуатации в системе Государственной противопожарной службы (далее ГПС) МЧС России» [1].

Целью концепции является совершенствование пожарных автомобилей и их грамотная техническая эксплуатация в системе ГПС МЧС России, а также разработка мер по совершенствованию процессов проектирования и производства пожарной техники предприятиями Российской Федерации и организации их технической эксплуатации в подразделениях ГПС [2].

Наиболее суровым испытанием для любой пожарной автомобильной техники является её работа при низких температурах. Низкие температуры воздуха и связанное с ними охлаждение агрегатов и горюче-смазочных материалов затрудняют пуск двигателей, уменьшают надежность пожарных автомобилей, увеличивает расход топлива и усложняют обслуживание автомобилей в целом.

Исходя из анализа всех отказов пожарной техники, их наибольшее количество приходится на пожарный автомобиль (42,6%) и напорную линию (37,2%). Это одна из причин, при которой пожары в зимний период времени достигают крупных размеров. Более детальному анализу были подвержены элементы конструкции пожарных автомобилей, подверженных низким температурам воздуха. Установлено, что значительное количество отказов (69,6%) приходится на насосную установку автомобиля; 17,4% отказов связано с замерзанием вентилей, клапанов и задвижек водопенных коммуникаций; 4,3% - с замерзанием вакуумной системы насоса и 8,7% - с нарушением теплового режима двигателя пожарного автомобиля вследствие воздействия низких температур (рис. 1) [3].



**Рис. 1.** Распределение отказов узлов и элементов пожарной автоцистерны при воздействии низких температур

Практически все эксплуатируемые в настоящее время пожарные автомобили имеют умеренное климатическое исполнение (У), что позволяет использовать автомобиль для целей пожаротушения при температурах до  $-45^{\circ}\text{C}$ . Насосно-рукавная система в этом случае не имеет какой-либо защиты от замерзшей воды [4]. Затруднение пуска двигателей возникает из-за сложности создания пусковой частоты вращения коленчатого вала, ухудшения условий смесеобразования и самого воспламенения готовой горючей смеси.

К положительным составляющим энергетического баланса двигателя при пуске относятся энергия аккумуляторной батареи и химическая энергия топлива. Энергия аккумуляторной батареи расходуется на привод стартера. В свою очередь энергетические возможности стартера реализуются в двигателе по трем главным направлениям: на сжатие воздуха, на преодоление сил трения и на преодоление сил инерции. Отрицательную часть потока энергии аккумуляторной батареи и стартера составляет теплота, которая уходит безвозвратно в окружающую среду. Эти потери тем больше, чем больше перепад температур между аккумулятором (стартером) и окружающей средой. Также необходимо помнить, что при низких температурах масло в двигателе становится более вязким, что способствует затруднению пуска. Затраты на сжатие воздуха связаны главным образом с увеличением внутренней энергии рабочего тела и температурой воздуха. В свою очередь, полученная таким образом, энергия проявляется в теплоте сгорания [5].

Износы гильз цилиндров и поршневых колец зависят не только от скоростных нагрузочных режимов двигателя, но и от температурного режима двигателя, а также наличия в воздухе пыли (абразива) и влаги. При высоких температурах охлаждающей жидкости износ гильз цилиндров увеличивается вследствие уменьшения вязкости масла. С понижением температуры вязкость масла увеличивается, но одновременно с этим увеличивается в 4 – 5 раза износ трущихся деталей. Это обусловлено коррозионными процессами вследствие конденсации продуктов сгорания. В их состав входят окислы серы, образующиеся из сернистых соединений, содержащихся в топливе. Они с влагой образуют кислоты, которые особенно активно проявляют себя в дизелях. При  $t > 90^{\circ}\text{C}$  износ увеличивается вследствие уменьшения вязкости масла.

По высоте гильзы цилиндров износ различается. Наибольший износ имеет место в зоне верхней и нижней мертвых точек. Вследствие износа гильз цилиндров и особенно поршневых колец увеличиваются зазоры в их стыках. изнашиваются и канавки поршневых колец. Из-за этого в такте сжатия часть воздушного заряда утекает в картер. Поэтому уменьшается давление в конце такта сжатия и понижается температура сжимаемого заряда воздуха, что приводит к затрудненному пуску двигателя [6]. После воспламенения топлива в такте рабочего хода часть газов проходит в картер двигателя, не совершая работы. Вследствие этого снижается мощность, развиваемая двигателем.

Положительной составляющей энергобаланса двигателя при пуске является химическая энергия топлива. Теплота сгорания топлива, полученная в результате суммирования энергии аккумуляторной батареи, энергии, реализуемой в работе сжатого воздуха, и химической энергии топлива, в свою очередь влияет на другие составляющие энергетического баланса двигателя при его пуске при низких температурах. Естественно, что в этом случае имеют место значительные потери энергии в окружающую среду. Эти потери тем больше, чем больше перепад температур между двигателем и окружающей средой, т.е. чем больше потери энергии, тем ниже температура окружающей среды. Суммарная энергия, полученная от указанных выше источников, несколько повышает температуру масла и расходуется на снижение потерь при трении. Значительную роль в затруднении пуска играет ухудшение условий смесеобразования и воспламенения рабочей смеси. Всего существует пять основных факторов, влияющих на условия образования горючей смеси:

- температура всасываемого воздуха;
- температура охлаждающей воды;
- температура масла;
- температура топлива;
- температура электролита.

Снижение температуры всасываемого воздуха приводит к снижению температуры стенок цилиндров и температуры воздуха в конце такта сжатия. Например, для надежности воспламенения рабочей смеси в цилиндре дизельного двигателя температура в конце процесса сжатия должна быть выше температуры самовоспламенения топлива на 200-300K [7].

Для эксплуатации двигателя в холодных климатических условиях необходимо применять маловязкие масла, так как вязкость масла при понижении температуры возрастает, причем она может оказаться настолько большой, что нормальное давление, развиваемое насосом, окажется недостаточным для прокачки масла. На маловязком масле легче повернуть двигатель и меньше затрачивается энергия при его запуске. Это одно из преимуществ маловязких масел перед высоковязкими в зимнее время. Другим преимуществом является то, что при эксплуатации двигателя на таком масле повышается надежность работы двигателя и уменьшается его износ. Следует отметить, что при использовании маловязких масел снижается давление в системе смазки [8].

Также следует уделять внимание на используемую марку трансмиссионного масла. При низких температурах наличие гидравлического сопротивления в картерах агрегатов трансмиссии снижает эффективные показатели двигателя, причем, чем больше вязкость и количество трансмиссионного масла, тем ниже эффективные показатели тактико-технических характеристик двигателя (далее ТТХ) [9].

Особое внимание заслуживает работа дизельного двигателя. Высокая вязкость дизельного топлива при низких температурах ухудшает его распыление. При снижении температуры дизельного топлива с +20 до -20С вязкость дизельного топлива увеличивается до 10 раз. При этом топливо попадает в цилиндры в виде крупных капель с малой относительной поверхностью, что затрудняет его воспламенение [6].

Работы по исследованию влияния низких температур на интенсивность изнашивания автомобилей и их агрегатов ведутся и по сей день, несмотря на постоянное развитие и растущий технологический прогресс. В большинстве случаев износ холодных двигателей в процессе пуска составляет 50-70% от общих эксплуатационных износов. Изменение интенсивности изнашивания, естественно, влияет на показатели надежности, а ее снижение вызывается рядом причин. В свою очередь, эти причины приводят к увеличению частоты пусковых отказов, снижению долговечности элементов машин, ухудшению ремонтпригодности.

Увеличение расхода топлива объясняется:

- повышением сопротивления в агрегатах трансмиссии из-за замерзания смазки;
- неполнотой сгорания топлива, связанной с ухудшением испарения и распыления топлива;
- дополнительный расход топлива на прогрев двигателя [5].

Трудности забора воды также доставляют определенные трудности. Если при постановке АЦ в боевой расчет после тушения пожара не были полностью удалены остатки воды в вакуумном кране и трубке, соединяющей его с газоструйным вакуумным аппаратом, то при следовании на пожар уже через 5-8 мин образуются ледяные пробки. Вакуумная система не обеспечит забор воды. Для предотвращения этого отказа необходимо при возвращении в пожарную часть после тушения пожара, слив воду из насоса, на 3 – 5 с включить газоструйный вакуумный кран. При этом сконденсировавшаяся влага в трубопроводе будет удалена.

Наиболее тяжелые условия подачи воды возникают при её заборе из естественных водоисточников. Поступая во всасывающую линию, поток движущейся воды подвергается интенсивному охлаждению. Оно оценивается снижением температуры воды на 100 м напорной линии [6]. Технические характеристики пожарного оборудования и шасси пожарных автомобилей изменяются в процессе эксплуатации, поэтому становится важной задачей так организовать обслуживание пожарных автомобилей, чтобы изменение их технических характеристик было минимальным. Начальствующий состав должен организовать не только правильное содержание, но и качественное обслуживание пожарных автомобилей. Грамотное и бережное использование пожарной техники, организация её защиты от неблагоприятных факторов окружающей среды гарантирует выезд дежурного караула по сигналу тревоги в течение 50 секунд и меньше.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Приказ МЧС России № 624 от 31.12.2002 г. «Концепция развития пожарных автоцистерн»
2. Приказ МЧС России № 555 от 18.09.2012 г. «Об организации материально-технического обеспечения системы МЧС РФ по делам ГО, ЧС и ликвидации последствий стихийных бедствий»
3. Научно-технический журнал «Пожнаука», пожаровзрывобезопасность, май, 2013 год
4. *М.В. Алешков* От концепции создания до разработки основного пожарного автомобиля северного исполнения. Пожарная безопасность, 2012 год
5. *А.И. Преснов, А.В. Мироньчев, А.А. Алибеков* Современное пожарно-спасательное оборудование, Санкт-Петербург, 2013 год
6. *М.Д. Безбородько* Пожарная техника: Учебник/под редакцией Безбородько.-М.: Академия ГПС МЧС России, 2004.-550 с
7. *В.Р. Бурячко, А.В. Гук* Автомобильные двигатели: рабочие циклы. Показатели и характеристики. Методы повышения эффективности энергопреобразования, Санкт-Петербург, НИИКЦ, 2005 год
8. *К.К. Папок* Смазочные масла (издание 2-е, переработанное и дополненное), военное издательство министерства обороны СССР, Москва, 1962 год
9. *В.А. Стуканов* Основы теории автомобильных двигателей и автомобиля. Учебное пособие. – М.: ИД «ФОРУМ»: ИНФА-М, 2007 год

*Д. И. Мельников*

(ФГБОУ ВО «Академия гражданской защиты МЧС России»)

### **РЕКОМЕНДУЕМЫЙ КОМПЛЕКТ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ АВТОМОБИЛЕЙ КАМАЗ ДЛЯ РАБОТЫ В УСЛОВИЯХ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР**

В соответствии с Планом строительства и развития сил и средств МЧС России на 2011-2015 годы и решением коллегии МЧС России от 19 февраля 2014 г., на основе спасательных воинских формирований МЧС России, региональных и специализированных подразделений ФПС ГПС для ликвидации крупномасштабных чрезвычайных ситуаций и пожаров, созданы аэромобильные группировки сил.

Аэромобильная группировка сил МЧС России (АМГ) – группировка специально подготовленных и оснащенных сил и средств МЧС России, в состав которой, в зависимости от классификации ЧС или пожара, включаются необходимые органы управления и подразделения МЧС России и доставляются в район бедствия с помощью авиации, авиационных технологий, а также другими видами транспорта для решения поставленных перед ней задач.

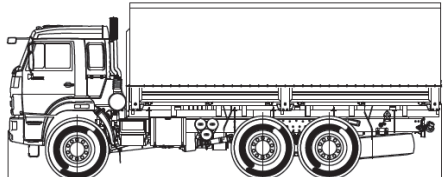
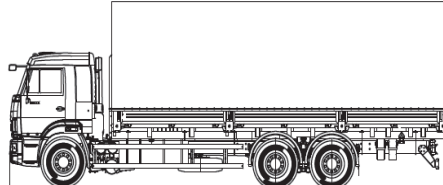
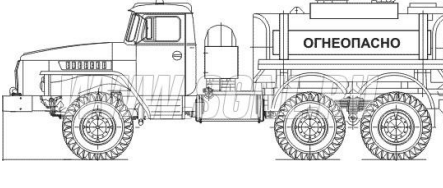
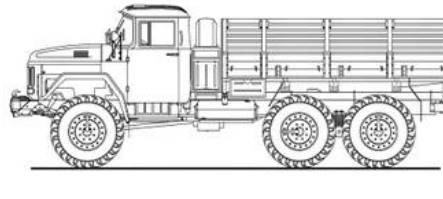

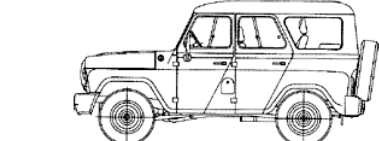
В состав АМГ территориальных органов МЧС России входят силы СВФ, специализированных пожарно-спасательных частей ФПС ГПС, АСФ и других формирований МЧС России.

В соответствии со своим предназначением и задачами, возложенными на СЦ, АМГ СЦ может направляться на ликвидацию последствий ЧС в любой регион Российской Федерации в т.ч. и в Арктическую зону.

Арктический климат характеризуется тремя показателями: температурой, влажностью наружного воздуха и скоростью ветра. Для различных районов Арктической зоны существуют различные сочетания этих показателей. Для одних районов характерны сочетания низкой температуры до минус 40°С и высокой скоростью ветра, а для других сочетания низкой температуры до минус 60°С и низкой скоростью ветра и высокой влажностью. Такие суровые климатические условия арктического региона, могут не только значительно усложнить, но и ограничить возможность передвижения сил и средств ликвидации в район ЧС. Причиной этому может стать неприспособленность имеющейся на оснащении СЦ автомобильной и другой специальной техники к эксплуатации в условиях низких температур.

Основной единицей автомобильной техники стоящей на оснащении СЦ МЧС России, является автомобиль КАМАЗ-4311 (табл. 1) в различных модификациях.

Таблица 1. Анализ оснащённости основными видами техники СЦ МЧС России

Автомобильная база спасательной техники	Общий вид	% оснащения СЦ МЧС данным образцом от общего числа	Климатическое исполнение	Возможность эксплуатации при t ниже минус 45°С
КАМАЗ-4311		67	«У» От -45 до +40 °С	Нет
КАМАЗ-65117		17		
УРАЛ-4320		7		
ЗиЛ-131 (4334)		4		
ГАЗ-27057 (АСМ-41-02)		11		
УАЗ-3151 (3741)		7		

Заводом изготовителем автомобиля КАМАЗ изготавливаются в двух климатический исполнениях: «У» или «Т». Климатическое исполнение «У» предназначено для поставки в районы страны с умеренным климатом и рассчитаны на эксплуатацию при температурах окружающего воздуха до минус 45°C и до плюс 40°C.

В связи с этим, для повышения надежности, работоспособности и безотказности техники на случай её применения в Арктической зоне, возникла идея о создании комплекта запасных частей и принадлежностей, для переоборудования и доработке серийных автомобилей КАМАЗ.

Рассматриваемый комплект дополнительного оборудования и принадлежностей представляет собой упаковочный ящик, в котором уложены ниже представленное подогревательное оборудование и принадлежности в комплекте из расчета один ящик на одну единицу техники.

Сам процесс переоборудования будет производиться силами подразделений технического обеспечения и водителем (экипажем) спасательной техники. Переоборудование включает работы по установке на автомобиль дополнительных обогревателей на штатные узлы и агрегаты, замена деталей, выполненных из хладоломких материалов на детали, выполненные из более прочных материалов, улучшению микроклимата на рабочих местах в условиях низких температур.

Комплект запасных частей и принадлежностей, для переоборудования и доработке серийных автомобилей КАМАЗ под условия Арктики (ЗИП-А) будет включать в себя:

1. Готовые теплоизоляционные материалы для утепления кабины автомобиля,
2. Комплект для подогрева водительского и пассажирского сидений.
3. Комплект автономного воздушного обогрева кабины (салона).
4. Комплект зеркал с электрообогревом.
5. Комплект электрообогревателей для установки в зоны «парковки» щеток стеклоочистителей.

6. Комплект медных топливопроводов высокого и низкого давления, воздушных и жидкостных трубопроводов.

При снижении температуры окружающей среды возрастает хрупкость пластиковых трубок, что снижает стойкость их к вибрации. Доработка автомобиля КАМАЗ под «Арктический вариант» предусматривает замену различных пластиковых трубок на медные более стойкие к замерзанию (рис. 1).



Рис. 1. Вариант установки медных трубок

7. Комплект подогреваемых фильтров тонкой и грубой очистки топлива и топливозаборника.

Установка подогрева дизельного топлива необходима, чтобы предотвратить появление кристаллов парафина в холодное время года. На автомобилях устанавливаются системы электрического или комбинированного подогрева, с помощью которых возможно расплавлять кристаллы парафина, которые уже появились. (рис. 2, 3, 4).

#### 8. Обогреватель аккумуляторного отсека

Экстремально низкие температуры способны привести в неработоспособное состояние даже полностью исправный аккумулятор, подзаряжаемый от работающего двигателя в течение нескольких рабочих часов. Выделяемое при зарядке тепло недостаточно для компенсации охлаждения окружающим воздухом. Данная проблема решается устройством утепления аккумуляторного отсека и установкой электрических тэнов (рис. 5). Дополнительно возможен монтаж системы подогрева аккумуляторного отсека от системы охлаждения двигателя.





**Рис. 2.** Подогреваемый фильтр тонкой очистки топлива



**Рис. 3.** Проточный обогреватель топлива



**Рис. 4.** Электрический топливозаборник



**Рис. 5.** Утепленный аккумуляторный отсек в сочетании с жидкостным обогревателем

Таким образом, использование дополнительного комплекта позволяет в случае необходимости и в короткие сроки переоборудовать серийную автотехнику для эксплуатации её в условиях экстремально низких температур без потери надежности, работоспособности и безотказности.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *В.П. Молчанов, В.А. Акимов, Ю.И. Соколов* «Риски чрезвычайных ситуаций в Арктической зоне Российской Федерации» Москва, ФГБОУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ) 2011г.;
2. ДПСФ МЧС России, «Методические рекомендации по созданию, оснащению и порядку применения аэромобильных групп территориальных органов МЧС России», Москва, 2015;
3. *Носков С.С., Мельников Д.И.* НИР АГЗ: «Обоснование технических требований к спасательной технике, эксплуатируемой в условиях Арктики», Химки, 2015.- 133 с. ИНВ. № 3351к.;
4. <http://www.webasto.msk.ru/>. Официальный центр Webasto сервис – Москва.

*М. В. Миронов, М. Ю. Колобов*

(ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет»)

## **ПОВЫШЕНИЕ РЕСУРСА РАБОТЫ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ**

Подшипники качения являются одним из наиболее уязвимых узлов механических систем, так как они подвергаются механическим и тепловым нагрузкам, биениям, работают в условиях вибраций и т.п. Поэтому надежность эксплуатации таких систем во многом определяется долговечностью подшипников [1].

Долговечность подшипников определяется большим числом факторов, которые могут быть разбиты на следующие группы:

– к конструктивным факторам относятся надлежащий выбор материалов, смазок и конструкции подшипников, установление необходимых соотношений размеров их деталей и назначение рациональных внутренних зазоров, разработка принципиально новых типов опор качения;

– к технологическим факторам можно отнести выбор режимов механической и термической обработки для используемых материалов и рациональных методов получения их заготовок, обеспечение надлежащего операционного и окончательного контроля, автоматизация процессов изготовления и контроля;

– к факторам, связанным с применением подшипников, относятся правильный выбор подшипников в соответствии с характером нагрузки, скоростью вращения и рабочей температурой, обеспечение необходимых посадок и соосности посадочных мест, надлежащая смазка и уплотнение подшипников, грамотная техника монтажа и эксплуатации подшипников.

Большое влияние на долговечность подшипников имеет состояние поверхностного слоя рабочих поверхностей деталей подшипников. Недостаточная высокая долговечность подшипников в узлах машин в большинстве случаев обусловлена не низким их качеством, а грубым нарушением элементарных требований монтажа, смазки и ухода за подшипниками.

Правильная смазка, включающая в себя как правильный выбор смазочного материала, так и правильное его применение, является важным условием нормальной работы подшипника [2]. Недостаток смазки или неправильно выбранный смазочный материал неизбежно приводит к преждевременному износу подшипников и сокращению срока их службы. Смазка определяет долговечность подшипников не в меньшей мере, чем материал его деталей. Особенно возросла роль смазки с повышением напряжённости работы узлов трения, скоростей нагрузок, а самое главное температур – наиболее важного фактора, обуславливающего долговечность смазки в подшипнике. Правильный выбор смазки важен и в отношении энергетических потерь на преодоление сопротивления от внутреннего трения в самой смазке.

Смазка в подшипниках качения выполняет в основном следующие функции:

– уменьшает трение скольжения, возникающее между телами качения и сепаратором, а также между бортами колец и торцами роликов;

– уменьшает трение скольжения между поверхностями качения, возникающее вследствие их упругой деформации под воздействием нагрузки при работе подшипников;

– образует между рабочими поверхностями разъединяющую их масляную плёнку. Благодаря буферному действию смазочная плёнка смягчает удары тел качения о кольца и о сепаратор, увеличивая этим долговечность подшипника и снижая шум при его работе;

– способствует равномерному распределению тепла, выделившегося при работе подшипника в результате трения его элементов по всему подшипнику, и предотвращает этим развитие высокой температуры внутри подшипника;



– служит в качестве охлаждающей среды, когда подшипник работает при высокой окружающей температуре или при тяжёлом режиме, сопровождающемся выделением большого количества тепла;

– защищает подшипник от коррозии.

Неправильно выбранный смазочный материал или его недостаточное количество неизбежно приведёт к преждевременному разрушению подшипника качения, то есть к сокращению его срока службы. Стоит отметить, что смазка определяет долговечность подшипников качения не в меньшей мере, чем материал его деталей. Особенно возрастает роль смазки с повышением напряжённости работы подшипниковых узлов.

Наиболее распространёнными и широко применяемыми в технике получили жидкие и пластичные смазочные материалы.

Можно выделить следующие преимущества пластичных смазок перед маслами:

– хорошее удерживание на наклонной и даже вертикальной поверхности, отсутствие выдавливания из узлов трения под действием значительных нагрузок;

– значительно меньшее изменение вязкости смазки с температурой;

– лучшие показатели противоизносных и противозадирных свойств (особенно при жёстких режимах работы);

– лучшая защита металлических поверхностей от коррозии;

– высокая герметизация узлом трения, предохранение от попадания нежелательных продуктов;

– более надёжная и эффективная работа в жёстких условиях эксплуатации при одновременном воздействии высоких температур, давлений, ударных нагрузок, переменном режиме скоростей;

– экономичность в применении благодаря более продолжительной работоспособности, меньшему расходу и меньшим затратам на обслуживание техники.

К недостаткам смазок следует отнести: плохой отвод тепла от трущихся деталей, более сложную систему подачи к узлу трения, низкую стабильность мыльных смазок к окислению, накопление со временем продуктов износа.

Меньший расход пластичных смазок, широкое распространение, ценные эксплуатационные свойства позволяют считать их весьма перспективным типом смазочного материала.

Исследованы наполнители к смазочным материалам на основе природного минерала – серпентина, который вводили в стандартную пластичную смазку Литол – 24 [3-4].

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, повышает ресурс работы подшипников качения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Галахов М.А., Бурмистров А.Н.* Расчет подшипниковых узлов. – М.: Машиностроение, 1988. – 272 с.

2. Смазочные материалы: Антифрикционные и противоизносные свойства. Методы испытаний: Справочник / Р.М. Матвеевский. – М.: Машиностроение, 1989. – 224 с.

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. *Миронов М.В., Колобов М.Ю.* Повышение надежности работы подшипников качения // Надежность и долговечность машин и механизмов: сборник материалов. – Иваново, 2015. – С. 77-78.

*К. М. Мугаев, М. Ю. Колобов*

(ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет»)

## **ПОВЫШЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ СИЛОВЫХ ПЕРЕДАЧ АВТОМОБИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ**

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].

При переключении передач, муфты и шестерни коробки передач находятся под ударной нагрузкой, вследствие чего, торцы зубьев сминаются. При резком сбрасывании газа или резком включении сцепления шестерни коробки передач и заднего моста подвергаются интенсивным ударным воздействиям, на длинных подъемах с редкими остановками шестерни трансмиссии длительно работают на постоянном режиме с тяжелой нагрузкой. Напряженные режимы работы зубчатых передач в трансмиссиях тракторов приводят к выходу их из строя, вследствие различных видов износа зубьев.

Зубчатые колеса чаще всего выходят из строя вследствие контактной усталости поверхностей зубьев; второй наиболее вероятный тип повреждения – износ истиранием вследствие абразивного воздействия или недостаточной смазки и наконец, часто происходит заедание зубьев; что, по существу, лимитирует надежность агрегатов трансмиссии.

Усталостному разрушению зубьев в зоне начальной окружности сопутствует абразивное изнашивание, о чем свидетельствуют царапины на поверхностях трения.

Основные функции, которые смазочные масла должны выполнять при использовании в сборочных единицах, механизмах, машинах [2]:

– предотвращать или уменьшать изнашивание трущихся поверхностей деталей, а также предохранять их от заедания на всех режимах работы. Для этого смазочное масло должно обладать такой вязкостью и маслянистостью, чтобы обеспечивать при нормальных условиях работы жидкостное смазывание, а на переходных режимах – граничное;

– уменьшать силы трения между трущимися поверхностями, чтобы способствовать сокращению непроизводительных потерь энергии, а следовательно, повышению к. п. д. (в этом отношении вязкость смазочного масла должна быть небольшой, но вполне достаточной для обеспечения жидкостного смазывания, одновременно масло должно обладать пологой кривой вязкости, т. е. вязкость должна мало зависеть от температуры, это обстоятельство особенно важно при минусовой температуре окружающего воздуха);

– отводить тепло от трущихся сопряженных и нагреваемых деталей, не допуская их перегрева, из-за которого ухудшаются условия работы деталей и смазочного масла;

– защищать рабочие поверхности деталей от коррозии, возникающей в результате воздействия воды, кислорода, кислот и т. д.;

– смывать с трущихся поверхностей деталей продукты изнашивания другие загрязнения, удерживать их во взвешенном состоянии, хорошо фильтроваться;

– защищать поверхности деталей от образования на них смолисто-лаковых отложений и нагаров, ухудшающих теплоотдачу и т. д.

Таким образом, смазка оказывает смазывающее, демпфирующее, защитное от коррозии и охлаждающее действие. В поток смазочного масла отводится как тепло трения, так и притекающее к поверхностям трения тепло от горячих частей машины. Поток масла выносятся также из зоны трения продукты износа. Для смазывания коробок передач, раздаточных коробок, дифференциалов, представляющих собой зубчатые передачи, применяются смазочные масла, относящиеся к группе трансмиссионных.

Для трансмиссионных масел характерна возможность засорения абразивом в случае езды по грунтовым дорогам при недостаточно высоком качестве уплотнений, а также возможность обводнения в результате попадания воды в картеры при езде в условиях бездорожья и вследствие конденсации водяных паров из атмосферы при суточных колебаниях температуры.

Внутри картера масло разбрызгивается зубчатыми передачами механизмов трансмиссии и подвергается аэрации, а также каталитическому воздействию смазываемых деталей. С развитием техники условия работы трансмиссионных масел становятся все более жесткими, что требует создания высококачественных масел с комплексом различных присадок, повышающих несколько эксплуатационных свойств [2].

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 [3]. 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 зубчатых передач.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гаркунов Д.Н. Триботехника. Износ и безызносность. – М.: МСХА, 2001. – 616 с.
2. Лышко Г.П. Нефтепродукты и технические жидкости. – М.: Агропромиздат, 1988. – 144 с.
3. 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.
4. 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.
5. 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.
6. Мугаев К.М., Колобов М.Ю. Разработка смазочных композиций для автомобильной техники // Надежность и долговечность машин и механизмов: сборник материалов. – Иваново, 2015. – С. 194-195.

С. В. Натарева, О. В. Микушкин\*, Д. Е. Захаров

(ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет»

\*ФГБОУ ВО «Ивановский пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»)

## АДСОРБЦИЯ ГАЗОВ В АППАРАТЕ С НЕПОДВИЖНЫМ СЛОЕМ АДСОРБЕНТА

Процессы адсорбции находят все большее применение в решении некоторых задач в области гражданской обороны, защиты от чрезвычайных ситуаций и пожарной безопасности. Разработаны способы ликвидации аварийных разливов нефтепродуктов в акваториях морской среды и на водоемах при помощи абсорбционно-активных огнетушащих порошков [1]. Внедряются технологии средств индивидуальной и коллективной защиты от вредных газовых выбросов на основе циклических адсорбционных процессов [2, 3]. Процессы адсорбции занимают важное место в обеспечении людей чистой питьевой водой [4]. При этом необходимо строго соблюдать требования пожарной безопасности при проектировании и эксплуатации адсорбционных установок [5].

Совершенствование работы адсорбционных аппаратов, несомненно, связано с дальнейшим развитием математических моделей и инженерных методов расчета, основанных на современных представлениях о равновесии и кинетике адсорбции, а также гидродинамике движения подвижных фаз в аппарате. Для очистки газовых выбросов преимущественное распространение получили вертикальные адсорберы периодического действия с неподвижным слоем поглотителя (рис. 1).

Данный аппарат имеет корпус 1 со слоем адсорбента, находящимся на опорно-распределительной решетке 2. На стадии адсорбции исходная газовая смесь проходит через слой адсорбента сверху вниз. При десорбции водяным паром его подают через нижний штуцер в днище аппарата. Смесь паров десорбированного компонента и воды удаляют через штуцер в крышке. Загрузка и выгрузка адсорбента производится через люки 4 и 3, соответственно.

При моделировании процесса адсорбции в аппарате примем следующие допущения: частицы адсорбента имеют правильную геометрическую форму с изотропной структурой, концентрация сорбируемого вещества в адсорбенте в начальный момент времени равна нулю, скорость процесса лимитируется внешней и внутренней диффузией, равновесие адсорбции описывается нелинейным уравнением изотермы, газовая смесь движется через слой адсорбента сверху вниз в направлении оси  $Ox$  с некоторой средней скоростью  $w$  при наличии продольного перемешивания.

С учетом принятых допущений математическое описание процесса адсорбции в адсорбере включает следующие уравнения.

Уравнение сохранения массы:

$$\varepsilon \frac{\partial C(x, \tau)}{\partial \tau} + (1 - \varepsilon) \frac{\partial \bar{C}_{cp}(x, \tau)}{\partial \tau} = \varepsilon D_x \frac{\partial^2 C(x, \tau)}{\partial x^2} - \varepsilon w \frac{\partial C(x, \tau)}{\partial x}. \quad (1)$$



Рис. 1. Адсорбер с неподвижным слоем адсорбента: 1 – корпус, 2 – опорно-распределительная решетка, 3 – люк для выгрузки адсорбента, 4 – люк для загрузки адсорбента

Уравнение изотермы, которое запишем в общем виде:

$$\bar{C} = f(C). \quad (2)$$

Уравнение кинетики:

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

Начальные и граничные условия:

$$C(x, 0) = C_0, \quad (4)$$

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

$$\bar{C}(x, 0) = \bar{C}_0, \quad (6)$$

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

$$\bar{D}_{эф} \frac{\partial \bar{C}(r_0, \tau)}{\partial r} = \beta (C_{ex} - C_{cp}). \quad (8)$$

Уравнение для определения средней концентрации сорбируемого вещества в частице:

$$\bar{C}_{cp}(\tau) = \frac{1}{V} \int_V \bar{C}(r, \tau) dv. \quad (9)$$

Принятые обозначения:  $A$  – коэффициент формы частицы (для частиц плоской формы  $A = 0$ , для протяженных частиц цилиндрической формы  $A = 1$  и для шара  $A = 2$ );  $C$  – концентрация адсорбируемого вещества в парогазовой смеси, кг/м<sup>3</sup>;  $\bar{C}$  – концентрация адсорбируемого вещества в адсорбенте, кг/м<sup>3</sup>;  $\bar{D}$  – коэффициент диффузии адсорбируемого вещества в твердой фазе, м<sup>2</sup>/с;  $D_x$  – коэффициент продольного перемешивания, м<sup>2</sup>/с;  $H$  – высота слоя адсорбента, м;  $V$  – объем частицы, м<sup>3</sup>;  $r$  – координата внутри частицы, м;  $r_0$  – радиус или половина толщины частицы, м;  $w$  – скорость парогазовой смеси, м/с;  $x$  – координата по высоте слоя адсорбента, м;  $\beta$  – коэффициент массоотдачи в газовой фазе, м/с;  $\varepsilon$  – порозность;  $\tau$  – время, с; индексы: 0 – начальный;  $ex$  – входящий,  $gr$  – граница,  $cp$  – средний,  $эф$  – эффективный.

Для решения начально-краевой задачи (1) – (9) используем метод интервально-итерационного анализа [6]. Разобьем всю высоту слоя адсорбента  $H$  на  $n$  слоев небольшой высоты  $h = H/n$  ( $i = 1..n$ ). Представим общее время процесса адсорбции  $\tau_{общ}$  рядом последовательно соединенных временных интервалов  $m$  одинаковой протяженности  $\Delta\tau = \tau_{общ}/m$  ( $j = 1..m$ ). Для  $i$ -ой небольшой высоты слоя адсорбента и  $j$ -го малого промежутка времени заменим нелинейную равновесную зависимость уравнением касательной к кривой (2) в точке с координатами  $(C_{0i,j}, \bar{C}_{pi,j})$ :

$$\bar{C}_p - f(C_{0i,j}) = f'(C_{0i,j})(C - C_{0i,j}), \quad (10)$$

где  $C_{0i,j}$  и  $\bar{C}_{pi,j}$  – начальная концентрация сорбируемого вещества в газовой фазе и соответствующее ей равновесное значение адсорбции.

В этом случае уравнение изотермы адсорбции примет вид:

$$\bar{C}_{pi,j} = aC_{pi,j} + b, \quad (11)$$

где  $a$  – угловой коэффициент,  $b$  – отрезок, отсекаемый прямой, на оси ординат.

В уравнении материального баланса (1) слагаемое  $\partial \bar{C}_{cp}(x, \tau) / \partial \tau$ , характеризующее сток вещества за счет адсорбции, заменим конечной разностью. В пределах небольшого слоя высотой  $h$  имеем:

$$\frac{\partial \bar{C}_{cp,i,j}}{\partial \tau} = \frac{\bar{C}_{cp,i,j+1} - \bar{C}_{cp,i,j}}{\tau_{j+1} - \tau_j} = \frac{\Delta \bar{C}_{cp,i,j}}{\Delta \tau_{i,j}}. \quad (12)$$

Величину стока вещества можно найти путем решения системы уравнений (3) – (8) по аналогии с известной задачей о поглощении теплоты частицей правильной геометрической формы [7]:

$$\frac{\bar{C}_{pi,j} - \bar{C}_{pi+1,j}}{\bar{C}_{pi,j} - \bar{C}_{0i,j}} = \sum_{l=1}^{\infty} A_l \Phi\left(\mu_l, \frac{r}{r_0}\right) \exp\left(-\mu_l^2 \frac{\bar{D}_{\text{эф}} \Delta \tau_{i,j}}{r_0^2}\right), \quad (13)$$

где  $A_l$  – начальная концентрационная амплитуда, зависящая от геометрической формы частицы адсорбента,  $\Phi\left(\mu_l, \frac{r}{r_0}\right)$  – функция, учитывающая изменение концентрации сорбируемого вещества по координате внутри частицы,  $\mu_l$  – корни характеристического уравнения.

Величину  $\Delta \bar{C}_{cp,i,j} / \Delta \tau_{i,j}$  будем использовать в качестве  $\delta$ -функции при решении уравнения материального баланса (1) [8]. С учетом этого решение уравнения (1) при принятых начальных и граничных условиях методом разделения переменных [9] приводит к следующему результату:

$$\frac{C_{\text{exi},j} - C_{i,j}(x, \tau)}{C_{\text{exi},j} - C_{0i,j}} = e^{-\frac{w^2}{2D_x} \left(\frac{\tau}{2} - \frac{x}{w}\right)} \left[ \frac{(1-\varepsilon) \bar{D}_{\text{эф}} h^4 \Delta \bar{C}_{cp,i,j}}{\varepsilon D_x^2 r_0^2 \Delta \tau_{i,j}} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{\sin\left(\lambda_k \frac{x}{h}\right) e^{-\frac{w^2 \tau}{4D_x}}}{d_k \left(\lambda_k^2 + \frac{1}{4Pe^2}\right)^2} + \frac{h^2}{r_0^2} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{\lambda_k^2 \sin\left(\lambda_k \frac{x}{h}\right) e^{-\lambda_k^2 \frac{D_x \tau}{h^2}}}{d_k \left(\lambda_k^2 + \frac{1}{4Pe^2}\right)} - \frac{(1-\varepsilon) \bar{D}_{\text{эф}} h^4 \Delta \bar{C}_{cp,i,j}}{\varepsilon D_x^2 r_0^2 \Delta \tau_{i,j} (C_{\text{exi},j} - C_{0i,j})} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{\lambda_k^3 \sin\left(\lambda_k \frac{x}{h}\right) e^{-\lambda_k^2 \frac{D_x \tau}{h^2}}}{d_k \left(\lambda_k^2 + \frac{1}{4Pe^2}\right)^2} \right], \quad (14)$$

где  $d_k$  – квадраты норм собственных функций,  $Pe = wh/D_x$  – критерий Пекле,  $\lambda_k$  – корни характеристического уравнения:

$$tg\lambda = -2\lambda/Pe. \quad (15)$$

Уравнение (14) позволяет рассчитать пространственно-временное распределение концентрации сорбируемого вещества в газовой фазе по высоте небольшого  $i$ -го слоя адсорбента и в  $j$ -ом временном интервале. Осуществляя итерирование всех аналитических решений, находят общую картину динамики полей концентрации сорбируемого вещества в газовой фазе по высоте всего слоя адсорбента в любой момент времени.

Полученное решение было применено для расчета процесса адсорбции паров метанола из воздуха в адсорбере с неподвижным слоем активного угля AP-3 с эквивалентным диаметром 2 мм. Аппарат имел диаметр 1 м. Высота слоя адсорбента в аппарате принята 0,5 м. Расход газовой смеси составлял 0,23 м<sup>3</sup>/с с начальной концентрацией метанола 1,5·10<sup>-3</sup> кг/м<sup>3</sup>. В качестве уравнения равновесия использовали уравнение Дубинина.

Сравнение результатов вычислений при использовании одного, двух и четырех членов разложения (14) показывает, что ошибка в вычислениях составляет соответственно 25, 13 и 7 %.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Назаров, В.П. Информатизация инновационных методов ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов в акватории морской среды / В.П. Назаров, С.В. Чувилин, Я.В. Коротовских // Материалы девятнадцатой научно-технической конференции «Системы безопасности (СБ–2010)». – М.: Академия ГПС МЧС России, 2010. – С. 117 - 120.
2. Матвеев, С.В. Современное состояние и перспективы развития средств коллективной защиты органов дыхания / С.В. Матвеев, В.Н. Усов // Стратегия развития научно-производственного комплекса Российской Федерации в области разработки и производства систем жизнеобеспечения и защиты человека в условиях химической и биологической опасности: материалы Российской научно–практич. конф., 14 октября 2009 г. – Тамбов: Издательский дом ТГУ им. Г.Р. Державина, 2009. – с. 50 – 52.
3. Грачев, В.А. Газозащитная служба. Под ред. Е.А. Мешалкина / В.А. Грачев, Д.В. Поповский. – М.: Пожкнига, 2004. – 384 с.
4. Кожин, В.Ф. Очистка питьевой и технической воды. Примеры и расчеты: Учеб. пособие для вузов. – М.: ООО «Бастет», 2008. – 304 с.
5. Хорошилов О.А., Пелех М.Т., Бушнев Г.В., Иванов А.В. Пожарная безопасность технологических процессов: Учебное пособие. Под общей редакцией В.С. Артамонова / О.А. Хорошилов, М.Т. Пелех, Г.В. Бушнев, А.В. Иванов. – СПб.: Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 2012. – 300 с.
6. Лысянский, В.М. Процессы экстракции сахара из свеклы. Теория и расчет / В.М. Лысянский. – М.: Пищевая пром–ть, 1973. – 244 с.
7. Лыков, А.В. Теория теплопроводности / А.В. Лыков. – М.: Высшая школа, 1967. – 600 с.
8. Натареев, С. Ионнообменное умягчение воды в аппарате с неподвижным слоем ионита / С. Натареев, Т. Слизнева. – VI Międzynarodowa Konferencja Naukowa “Teoretyczne i Eksperymentalne Podstawy Budowy Aparatury”. – Krakow, 2003. – S. 391 – 397.
9. Зайцев, В. Ф. Метод разделения переменных в математической физике / В.Ф. Зайцев, А.Д. Полянин. – СПб., 2009. – 92 с.

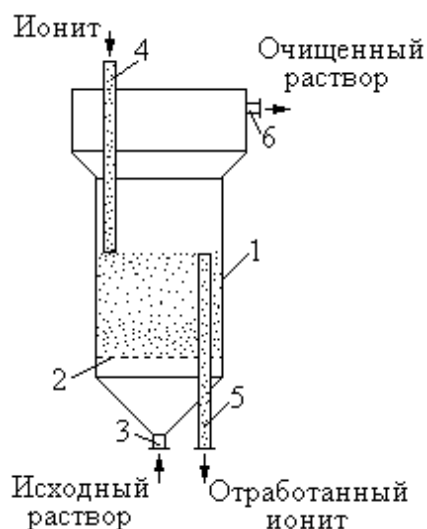
С. В. Натареев, Р. П. Перов\*, А. А. Быков

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

### ИОННООБМЕННАЯ АДСОРБЦИЯ В ОДНОКАМЕРНОМ АППАРАТЕ С КИПЯЩИМ СЛОЕМ ИОНИТА

В настоящее время проблема обеспечения населения чистой водой становится все более актуальной. Это вызвано не только дефицитом пресной воды, но и интенсивным загрязнением источников питьевого водоснабжения токсичными промышленными отходами. Адсорбция относится к универсальному методу очистки воды от разнообразных примесей.

В работе рассматривается математическое описание процесса ионообменной очистки растворов от ионов тяжелых металлов в однокамерном аппарате с кипящим слоем ионита (рис. 1).



**Рис. 1.** Односекционный аппарат с кипящим слоем ионита: 1 – корпус, 2 – распределительная решетка, 3, 4, 6 – патрубок, 5 – труба

Исходный раствор непрерывно подается через патрубок 3 в корпус 1, где движется в направлении снизу вверх, поддерживая на распределительной решетке 2 ионит в псевдооживленном состоянии. Одновременно в аппарат подается отрегенированный ионит через патрубок 4, который после насыщения ионами сорбируемого вещества удаляется через трубу 5. Высота псевдооживленного слоя ионита в аппарате определяется высотой трубы 5 над распределительной решеткой 2. Очищенный раствор удаляется в верхней части аппарата через патрубок 6.

Сформулируем основные допущения, которые будем использовать при построении математического описания: 1) изотерма сорбции близка к линейной, 2) скорость процесса лимитируется как внешней, так и внутренней диффузией, 3) ионит движется в аппарате при наличии эффекта продольного перемешивания.

В соответствии с принятыми допущениями математическая постановка задачи включает следующие уравнения.

Уравнение материального баланса:

$$Q(C_{вх} - C_{вых}) = \bar{Q}(\bar{C}_{вых} - \bar{C}_{вх}), \quad (1)$$

где  $C_{вх}$  и  $\bar{C}_{вх}$  – концентрация вещества в растворе и ионите на входе в аппарат, соответственно, кг-экв/м<sup>3</sup>;  $C_{вых}$  и  $\bar{C}_{вых}$  – концентрация вещества в растворе и ионите на выходе из аппарата, соответственно, кг-экв/м<sup>3</sup>;  $Q$  и  $\bar{Q}$  – расход раствора и ионита, соответственно, м<sup>3</sup>/с.

Уравнение для определения средней концентрации сорбируемого компонента в ионите на выходе из аппарата [1]:

$$\bar{C}_{вых} = \int_0^{\infty} f(\tau) \bar{C}_{cp}(\tau) d\tau, \quad (2)$$



где где  $f(\tau)$  – функция, характеризующая структуру потока твердой фазы;  $\bar{C}_{cp}(\tau)$  – решение уравнения кинетики.

Для описания структуры потока дисперсной фазы воспользуемся решением уравнения однопараметрической диффузионной модели аппарата конечной длины [2]:

$$f(\tau) = \sum_{i=1}^{\infty} B_i e^{-\frac{Bo}{4} \frac{\tau}{\tau_{cp}} - \frac{4\lambda_i^2}{Bo} \frac{\tau}{\tau_{cp}}}, \quad (3)$$

где  $B_i = (-1)^{i+1} \lambda_i / \left[ \lambda_i^2 + \frac{Bo}{4} + \left( \frac{Bo}{4} \right)^2 \right]$ ,  $Bo = w_m H / \bar{D}_x$  – число Боденштейна,

$\tau_{cp} = \bar{V} / \bar{Q}$  – среднее время пребывания ионита в аппарате, с;  $\bar{D}_x$  – коэффициент продольного перемешивания ионита, м<sup>2</sup>/с;  $\bar{V}$  – объем ионита в аппарате, м<sup>3</sup>;  $w_m$  – скорость движения ионита, отнесенная к поперечному сечению аппарата, м/с;  $H$  – высота кипящего слоя, м;  $\varepsilon$  – порозность слоя;  $\tau$  – время, с;  $\lambda_i$  – корни характеристического уравнения:

$$tg 2\lambda = \lambda \frac{Bo}{2} / \left[ \lambda^2 - \frac{Bo^2}{16} \right]. \quad (4)$$

Уравнение кинетики получим путем решения задачи о поглощении сорбируемого вещества зерном ионита сферической формы. Математическое описание процесса ионного обмена включает следующие уравнения:

$$\frac{\partial \bar{C}(r, \tau)}{\partial \tau} = \bar{D}_{эф} \left[ \frac{\partial^2 \bar{C}(r, \tau)}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \frac{\partial \bar{C}(r, \tau)}{\partial r} \right] \quad (\tau > 0; 0 \leq r \leq R); \quad (5)$$

$$\bar{C} = \Gamma C; \quad (6)$$

$$\bar{C}_{cp}(\tau) = \frac{3}{R^3} \int_0^R r^2 \bar{C}(r, \tau) dr; \quad (7)$$

$$\bar{C}(r, 0) = \bar{C}_{cp}(0) = \bar{C}_{ex}; \quad C(0) = C_{ex}; \quad (8)$$

$$\frac{\partial \bar{C}(0, \tau)}{\partial r} = 0; \quad \bar{C}(0, \tau) \neq \infty; \quad (9)$$

$$\bar{D}_{эф} \frac{\partial \bar{C}(R, \tau)}{\partial r} = \beta [C(\tau) - C_{cp}(\tau)], \quad (10)$$

где  $C$  – концентрация раствора, кг-экв/м<sup>3</sup>;  $\bar{C}$  – концентрация вещества в ионите, кг-экв/м<sup>3</sup>;  $\bar{D}$  – коэффициент диффузии в ионите, м<sup>2</sup>/с;  $r$  – радиальная координата частицы, м;  $R$  – радиус частицы, м;  $\beta$  – коэффициент массоотдачи в растворе, м/с;  $\Gamma$  – константа Генри; индексы:  $gr$  – граница,  $cp$  – средний,  $эф$  – эффективный.

В граничном условии третьего рода (10) концентрация раствора в аппарате задается в виде функции, зависящей от времени процесса, а в качестве закона  $x_2 = f(\tau)$  используем равенство:

$$Q \frac{dC(\tau)}{d\tau} = -nS\bar{D}_{\text{эф}} \left. \frac{\partial \bar{C}(r, \tau)}{\partial r} \right|_{r=R}, \quad (11)$$

где  $n$  – количество частиц ионита, поступающих в аппарат;  $S$  – площадь поверхности одной частицы,  $\text{м}^2$ .

Учтем, что  $\bar{Q} = nSR/3$ . Решение системы уравнений (5) – (11) методом интегральных преобразований Лапласа [3] относительно средней концентрации вещества в твердой фазе имеет вид:

$$\bar{C}_{cp}(\tau) = \bar{C}_{ex} + (a_0 - \bar{C}_{ex}) \left[ \frac{1}{1+M} - \sum_{n=1}^{\infty} A_n \exp\left(-\frac{\mu_n^2 \bar{D}_{\text{эф}} \tau}{r_0^2}\right) \right], \quad (12)$$

где  $M = 3\Gamma\bar{Q}/Q$ ,  $Bi_m = \beta R / [\Gamma\bar{D}_{\text{эф}}]$  – модифицированное число Био,  $a_0$  – обменная емкость ионита,  $\text{кг-экв}/\text{м}^3$ ;  $A_n = \frac{6Bi_m(\sin\mu_n - \mu_n \cos\mu_n)}{\mu_n^3 \left[ \sin\mu_n \left( \mu_n - \frac{M Bi_m}{\mu_n} + \frac{2M Bi_m}{\mu_n^3} \right) - \cos\mu_n \left( \frac{2M Bi_m}{\mu_n^2} + Bi_m \right) \right]}$ ,  $\mu_n$

– корни характеристического уравнения:

$$tg\mu = \left[ Bi_m M - \mu^2 \right] / \left[ \frac{Bi_m M}{\mu} + \mu(Bi_m - 1) \right]. \quad (13)$$

При большом времени пребывания ионита в аппарате под знаком суммы в уравнении (12) можно ограничиться только первым слагаемым. С учетом этого подставим уравнения (12) и (3) в уравнение (2). После интегрирования получаем:

$$\bar{C}_{вых} = \bar{C}_{ex} + (a_0 - \bar{C}_{ex}) \left[ \frac{1}{1+M} - \sum_{i=1}^{\infty} \frac{A_i B_i \exp\left(\frac{Bo}{2}\right)}{\frac{Bo}{4} + \frac{4\lambda_i^2}{Bo} + \frac{\mu_i^2 \bar{D}_{\text{эф}} \tau_{cp}}{R^2}} \right]. \quad (14)$$

Уравнение (14) позволяет определить концентрацию вещества в ионите на выходе из аппарата. Зная  $\bar{C}_{вых}$ , из уравнения (1) можно найти концентрацию раствора на выходе из аппарата.

Входящий в граничное условие (10) коэффициент массоотдачи в жидкой фазе может быть найден из следующего уравнения [4]:

$$Nu = 2,0 + 1,5(Pr)^{0,33} [(1 - \varepsilon)Re]^{0,5}, \quad (15)$$

где  $Ar = d_3^3(\rho_m - \rho_{жс})g / [\nu^2 \rho_{жс}]$  – число Архимеда;  $Nu = \beta d_3 / D$  – число Нуссельта;  $Re = Ar \varepsilon^{4,75} / [18 + 0,61 \sqrt{Ar \varepsilon^{4,75}}]$  – число Рейнольдса,  $Pr = \nu / D$  – число Прандтля;  $D$  – коэффициент диффузии в растворе, м<sup>2</sup>/с;  $d_3$  – диаметр зерна, м;  $\nu$  – коэффициент кинематической вязкости раствора, м<sup>2</sup>/с;  $g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;  $\rho_m$  и  $\rho_{жс}$  – плотность ионита и раствора, кг/м<sup>3</sup>.

Для определения коэффициента продольного перемешивания ионита  $\bar{D}_x$  используем следующую эмпирическую зависимость, справедливую для  $Ar = 25 \leftarrow 10^4$  и  $D_a/d_3 = 100 - 500$  [5]:

$$\frac{\bar{D}_x}{\nu} = 0.13(W-1)^{1.1} Ar^{0.875} \Phi^{1.48} \left(\frac{H}{D_a}\right)^{-0.1} \left(\frac{D_a}{d_3}\right)^{0.12}, \quad (16)$$

где  $\tilde{W}$  – число псевдооживления;  $\Phi$  – коэффициент формы частицы (для шара  $\Phi = 1$ );  $D_a$  – диаметр аппарата, м.

Величину доли свободного объема  $\varepsilon$  рассчитываем по уравнению [6]:

$$\varepsilon = 1,54 Re_3^{0,264} Ar^{-0,184}, \quad (17)$$

где  $Re_3 = \nu_{жс} d_3 / \tilde{\nu}$  – число Рейнольдса для частицы ионита;  $\nu_{жс}$  – скорость движения раствора, отнесенная к поперечному сечению аппарата, м/с.

Адекватность разработанной математической модели была проверена на примере процессов ионообменной сорбции ионов тяжелых металлов из слабо концентрированных водных растворов. Аппарат кипящим слоем ионита имел цилиндрический корпус диаметром 0,08 м с коническим днищем. В нижней части корпуса аппарата располагалась распределительная решетка толщиной  $3 \times 10^{-3}$  м с диаметром отверстий  $2 \times 10^{-3}$  м и проходным сечением 20,6 %. Высота кипящего слоя ионита в аппарате составляла 0,12 м. В верхней части аппарат располагалась камера для разделения твердой и жидкой фаз, представлявшая собой цилиндр диаметром 0,15 м и высотой 0,1 м, соединенный с корпусом аппарата конической обечайкой. Исследования проводили в системах:  $ZnCl_2$  – катионит КУ-2-8 (Н-форма),  $CuSO_4$  – катионит Levatit S-100 (Н-форма). Удовлетворительное совпадение расчетных и экспериментальных результатов позволило рекомендовать разработанную математическую модель для практического применения (расхождение не превышало ~ 15 %).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Массообменные процессы химической технологии (системы с дисперсной твердой фазой) / П.Г. Романков, В.Ф. Фролов. - Л.: Химия, 1990. - 384 с.
2. Гельперин, Н.И. Структура потоков и эффективность колонных аппаратов химической промышленности / Н.И. Гельперин, В.Л. Пибалк, А.Е. Костянян А.Е. - М.: Химия, 1977. - 264 с.
3. Диткин В.А., Прудников А.П. Справочник по операционному исчислению / В.А. Диткин, А.П. Прудников. - М.: Высш. школа, 1965. - 465 с.
4. Рудобахта, С.П. Массоперенос в системе с твердой фазой / С.П. Рудобахта. - М.: Химия, 1980. - 248 с.

5. *Тодес, О.М.* Аппараты с кипящим зернистым слоем: Гидравлические и тепловые основы работы / О.М. Тодес, О.Б. Цитович. - Л.: Химия, 1981. - 296 с.

6. *Крамович, В.Ф.* Кинетика массопередачи при ионообмене в кипящем слое ионита / В.Ф. Крамович, А.А. Комаровский // Сб. тр. «Гидродинамика, тепло- и массообмен в псевдооживленном слое». – Иваново: ИХТИ, 1971. - С. 127 - 130.

***В. А. Наумов, И. А. Легкова, В. П. Зарубин***

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

## **О ПРОЧНОСТИ РЕЗЬБОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПОЖАРНОЙ ТЕХНИКИ**

Соединение деталей с помощью резьбы является одним из старейших и наиболее распространенных видов разъемного соединения.

Первые крепёжные детали, имеющие резьбы, начали применяться в Древнем Риме в начале нашей эры. Однако из-за высокой стоимости они использовались только в ювелирных украшениях, медицинских инструментах и других дорогостоящих изделиях.

Широкое применение болты и гайки нашли в пятнадцатом столетии. Они соединяли подвижные сегменты брони доспехов и части часовых механизмов. Конгруэнтные винтам отдельные детали с резьбой на внутренней стенке цилиндра, специально служащие для крепления, то есть гайки, возникли лишь полторы сотни лет спустя. В начале семнадцатого столетия появилось резьбовое соединение, сходное с современным. Первоначально шаг резьбы был дюймовым, и только в начале XIX века французы ввели в обиход метрическую резьбу. Гайки нашли широкое применение в различных сферах техники, и, подобно всякому часто используемому предмету, стали совершенствоваться и изменяться по своей форме, размеру, материалу и функциональному назначению. Переоценить пользу гаек и болтов трудно, пожалуй, столь же тяжело придумать технологическую сферу, где не использовались бы элементы резьбового соединения [1].

Резьбовые соединения имеют ряд существенных достоинств, благодаря которым они занимают ведущее место среди всех других соединений деталей в современном машиностроении. К таким достоинствам можно отнести:

- универсальность;
- возможность многократной сборки-разборки;
- удобство сборки-разборки;
- высокая надёжность;
- простота конструкции;
- взаимозаменяемость;
- малые габариты и вес крепёжных резьбовых деталей;
- дешевизна (вследствие стандартизации);
- возможность точного изготовления;
- технологичность;
- возможность регулировки силы сжатия;
- при небольшой силе на ключе создают значительные силы затяжки вследствие клинового действия резьбы и большого отношения длины  $L$  гаечного ключа к радиусу  $r$  резьбы ( $L/r \approx 28$ ). Так, сила затяжки винта  $M12$  может составлять  $20000\text{ Н}$  (около 2 тонн);
- способность создавать и воспринимать большие осевые силы;
- позволяют производить сборку деталей при различном взаимном их расположении.

К недостаткам резьбовых соединений можно отнести:

- концентрацию напряжений в местах резкого изменения поперечного сечения (во впадинах резьбы);
- низкий КПД подвижных резьбовых соединений;
- низкую вибрационную стойкость (самоотвинчивание при вибрации).

В современных машинах детали, имеющие резьбу, составляют свыше 60% от общего количества деталей.

Основным критерием работоспособности крепежных резьбовых соединений является прочность. *Прочность резьбовых соединений* зависит от ряда факторов. Резьбовые крепежные детали работают при высоких статических нагрузках, возникающих от затяжки и внешних сил. Основным недостатком резьбовых соединений – концентрация напряжения в резьбе, снижающая их прочность. Причиной выхода из строя резьбовых соединений является, как правило, разрушение стержня болта (винта, шпильки) или резьбы [2].

Пожарная техника кроме этого подвергается большим температурным скачкам, это также влияет на прочность ее резьбовых соединений.

При высоких температурах в болтовом соединении могут возникать дополнительные температурные нагрузки. Эти нагрузки возникают в том случае, когда температурные коэффициенты линейного расширения материалов болта и соединяемых деталей не одинаковы. Температурные напряжения в болтах понижают путем применения материалов с близкими температурными коэффициентами линейного расширения или постановки упругих прокладок, упругих болтов и шайб.

При температурах свыше 150°C для легких сплавов и 300°C для конструкционных сталей в затянутых соединениях становятся существенными явления релаксации и заедания. Релаксация связана с ползучестью материала при высоких температурах. Она проявляется в постепенном ослаблении затяжки соединения. При этом нарушается одно из главных условий прочности и герметичности соединения. Для уменьшения релаксации необходимо повышать упругую податливость деталей соединения, применять материалы с высоким пределом ползучести (например, хромистые и хромоникелевые стали), снижать допускаемые напряжения для болтов.

После некоторого времени работы при высоких температурах наблюдается заедание в резьбе, которое проявляется в том, что гайку не удается отвинтить или она отвинчивается с большим трудом, а резьба портится или разрушается. Для борьбы с заеданием необходимо изготавливать гайки из материалов, обладающих более высоким температурным коэффициентом линейного расширения по сравнению с материалом винта (перлитный чугун, бронза, латунь, жаропрочные стали); применять покрытия – омеднение или хромирование резьбы; применять более крупные резьбы с зазором по среднему диаметру [3].

Данные мероприятия позволят продлить срок службы резьбовых соединений пожарной техники, повысить их надежность и работоспособность.

## ЛИТЕРАТУРА

1. <https://ru.wikipedia.org>.
2. Гулиа, Н.В. Детали машин / Н.В. Гулиа. – М.: Издательский центр «Академия», 2010.
3. Иванов, М.Н. Детали машин / М.Н. Иванов. – М.: Высшая школа, 2005.

*М. А. Ноздрин, А. А. Осипенко*

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

## РАСЧЕТ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ ПРИ АВАРИЙНОМ РЕЖИМЕ РАБОТЫ ИСПЫТАТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ

Принцип проведения испытаний на машине УТС1300 основан на приложении к испытываемому образцу нормированного значения силы при постоянном значении заданной температуры.

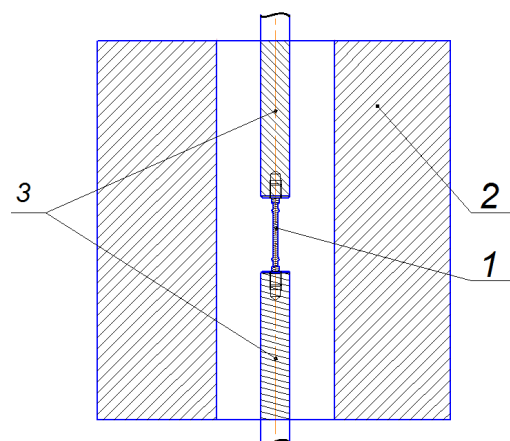
При проведении испытания на длительную прочность образец доводится до разрушения действием постоянной растягивающей нагрузки. Определяется контрольная характеристика – время до разрушения образца, которое равно или больше нормы времени, указанной в стандарте или технических условиях на металлопродукцию. Образец может быть не доведен до разрушения, если продолжительность испытания образца ниже установленной техническими условиями или другой нормативно-технической документацией на металлопродукцию.

При проведении испытания на ползучесть производится измерение деформации образца во времени при воздействии на него постоянной растягивающей нагрузки и постоянного значения заданной температуры. В результате испытания определяют предел ползучести материала, то есть напряжения, при котором скорость или деформация ползучести за определенный промежуток времени не превышает заданной величины.

Образец чаще всего имеет форму цельного цилиндра диаметром 10 мм и длиной 100 мм. Образец закрепляется в жаропрочных захватах, а они в свою очередь в специальных тягах, которые передают усилие различным рычагам (рис. 1).

При длительной эксплуатации возможны отключения электроэнергии, т.к. испытания могут проходить во времени от нескольких часов до тридцати лет. Нагретый до 1200 °С образец начинает остывать вместе с электропечью - процесс остывания длится от 2 до 3 часов. Испытуемый образец при остывании сжимается, создавая усилие на тягах и иных элементах конструкции испытательной машины. При аварийном отключении электроэнергии машины, зачастую, выходят из строя и ремонт является дорогостоящим. Цель работы – расчет напряжений в испытываемом образце и элементах машины, возникающих при аварийном отключении.

Пусть образец – сплошной стержень длины  $l$  (мм) с диаметром  $D$  (мм) и площадью поперечного сечения  $F$  (мм<sup>2</sup>). Материал стержня характеризуется коэффициентом теплопроводности  $\kappa_{xx}$  (Вт/см<sup>2</sup> °С), коэффициентом теплового расширения  $\alpha$  (1/°С), модулем упругости  $E$  (Па). Образец испытывает тепловой отток постоянной интенсивности  $q$  ( $\frac{Вт}{см^2}$ ). Коэффициент теплообмена с окружающей средой  $h$  ( $\frac{Вт}{см^2 \cdot °С}$ ), температура окружающей среды  $T_{oc}$  (°С).



**Рис. 1.** Закрепление образца:  
1 – испытываемый образец, 2 – печь,  
3 – жаропрочные захваты

Рассмотрим функционал полной тепловой энергии [1,2]:

$$\text{---} \text{---} \text{---} \quad (1)$$

где  $F(x) = \sigma = F(x) = l$  площади поперечного сечения концов стержня;  $V$  – объем стержня. Защемленный одним концом стержень, сжатый силой  $R$ , уменьшается на величину  $\Delta l_R$ :

$$\Delta l_R = \frac{Rl}{EF} \quad (2)$$

Если оба конца стержня жестко защемлены, то имеем условие:

$$\Delta l_T + \Delta l_R = 0 \quad (3)$$

Отсюда определяется  $R$ :

$$R = -\frac{\Delta l_T EF}{l} = -\alpha EF \left( T_{oc} - \frac{q}{h} - \frac{ql}{k_{xx}} \right) \quad (4)$$

Термоупругая составляющая напряжения имеет вид:

$$\sigma = \alpha E \left( T_{oc} - \frac{q}{h} - \frac{ql}{k_{xx}} \right) \quad (5)$$

Исходные данные для численного расчета: модуль упругости для стали  $E = 2 \cdot 10^{11}$  [Па];  $\alpha = 12,5 \cdot 10^{-6}$  [ $\frac{1}{^\circ\text{C}}$ ];  $\Delta T = 1000$   $^\circ\text{C}$ .

В результате расчета получается  $\sigma = 2500$  МПа,  $R = 1,8$  кН.

Расчетное значение напряжения в испытываемом образце, возникающее при его остывании, получилось немного больше экспериментального значения. Это связано с тем, что:

- при расчетах не учитывалось время остывания образца;
- на практике отсутствует абсолютно жесткое закрепление образца;
- в реальных условиях тепло отдается не равномерно, а в основном через захваты образца.

Итак, усилие, создаваемое стержнем в процессе остывания, не зависит от длины стержня, а диаметр и разница между начальной и конечной температурой играют решающую роль в создании силы, действующей на тяги и приводящей к разрушению испытательной машины.

По результатам расчетов даны рекомендации и произведена модернизация конструкции испытательной машины:

- установлен ИБП (источник бесперебойного питания): при кратковременном отключении электроэнергии (до 5 минут) машина позволяет продолжить испытание без потерь данных испытаний (время отключения питания и возврата к испытанию отмечается на выходных графиках);
- установлена электромагнитная муфта сцепления: при отключении напряжения в электрической сети происходит отключение электромагнитной муфты сцепления и разгрузка образца.



Эти меры позволили не только уберечь дорогостоящую машину от поломок, но и вернуться к испытаниям при кратковременном отключении ее от электросети без потерь испытательных данных.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Кудайкулов, А.К.* Вычислительный алгоритм моделирования термонапряженного состояния стержня из жаропрочного сплава при наличии теплообмена, теплоизоляции и температуры постоянной интенсивности/ А.К. Кудайкулов // *Фундаментальные исследования.* – 2012. – № 3-3. – С. 660-664.
2. *Зарубин, В.С.* Математические модели термомеханики / В.С. Зарубин, Г.Н. Кувыркин / М.: Физматлит, 2002. – 168 с.

*М. А. Ноздрин, З. В. Зарубин, Е. Э. Ильина*

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

## СТЕНД ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ С ЭФФЕКТОМ ПАМЯТИ ФОРМЫ

Эффект памяти формы (ЭПФ) характеризуется двумя основными параметрами: маркой сплава со строго выдержанным химическим составом и температурами мартенситных превращений. Эффект основывается на возникновении при нагреве внутренних напряжений в деформированных мартенситных пластинах, которые стремятся восстановить исходную структуру, а вместе с ней и первоначальную форму [1].

Благодаря своим уникальным свойствам материалы с ЭПФ нашли широкое применение во многих областях современной науки: в промышленности, в авиа- и автомобилестроении, в технике, в космической отрасли, в медицине.

Основой разрабатываемого испытательного стенда является двигатель Гинеля. В двигателе используются пружины с ЭПФ из эквипотенциального сплава Нитинол с температурным переходом 45°C [2].

Дифференциальное уравнение описывает вращение твердого тела относительно неподвижной оси:

$$J \cdot \frac{d^2\varphi}{dt^2} = \sum M(\overline{F^e}), \quad (1)$$

где  $J = \text{const}$  – момент инерции тела ( $\text{кг} \cdot \text{м}^2$ ),  $\varphi$  – угол поворота, зависящий от времени  $t$  (рад),  $\frac{d^2\varphi}{dt^2}$  – угловое ускорение ( $\text{рад}/\text{с}^2$ ),  $\sum M(\overline{F^e})$  – сумма моментов внешних сил  $F^e$  ( $\text{Н} \cdot \text{м}$ ).

Особенностью правой части уравнения является то, что крутящий момент зависит от угла поворота двигателя и учитывается сопротивление воды при вращении механизма.

Таким образом, уравнение (1) принимает вид:

$$J \cdot \frac{d^2\varphi}{dt^2} = M(\varphi) - K \cdot \frac{d\varphi}{dt}, \quad (2)$$

где  $M(\varphi)$  – внешний момент, создаваемый силами сжатия пружин с ЭПФ;  $K$  – коэффициент сопротивления среды ( $\text{Н} \cdot \text{м} \cdot \text{с}$ ).

Для математического описания составляется расчетная схема стэнда (рис. 1).

Построение кинематической модели производится в системе компьютерной алгебры MathCad. Для этого используются следующие величины: радиус-векторы точек крепления пружин к ободу колеса; радиус-вектор оси  $OO_1$ ; длины пружин в деформированном состоянии; единичные векторы, проведенные от точек крепления пружин к точке  $O_1$ ; векторы сжимающих сил пружин. Все радиус-векторы, участвующие в расчетах, зависят от угла поворота системы  $\varphi$  [3].

Суммарный крутящий момент системы находится по формуле:

$$M(\varphi) = \sum_{i=1}^6 M_i(\varphi), \quad (3)$$

где  $M_i(\varphi)$  – крутящий момент, создаваемый  $i$ -той пружиной.

По результатам расчетов получен график изменения крутящего момента колеса в зависимости от угла поворота (рис. 2).

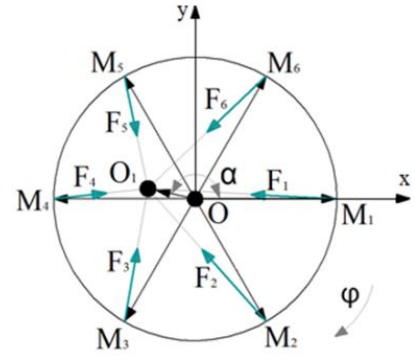


Рис. 1. Расчетная схема стэнда

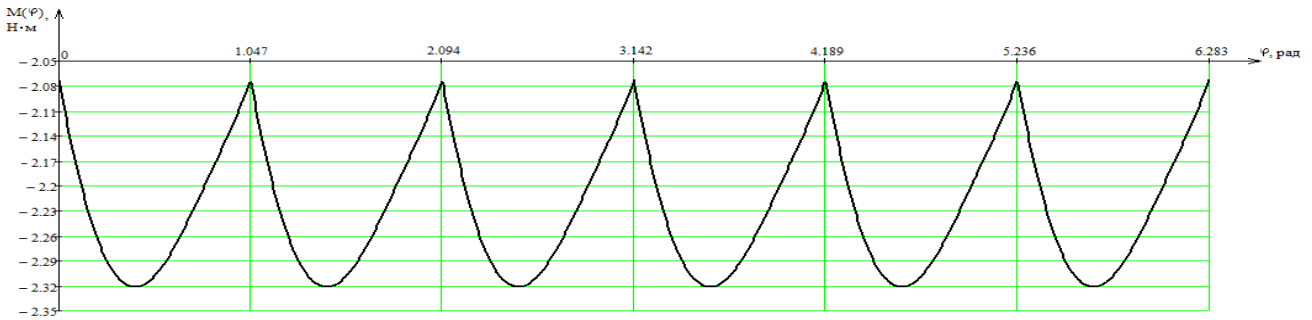


Рис. 2. График изменения крутящего момента модели от угла поворота

Решение уравнения движения проводится численным методом Рунге-Кутты. Порядок уравнения понижается заменой переменной:

$$\frac{d\varphi}{dt} = \psi. \quad (4)$$

Уравнение (2) принимает вид

$$J \cdot \frac{d\psi}{dt} = M(\varphi) - K \cdot \psi. \quad (5)$$

Для нахождения решения выбран четырехшаговый метод Рунге-Кутты, формулировка которого записывается как

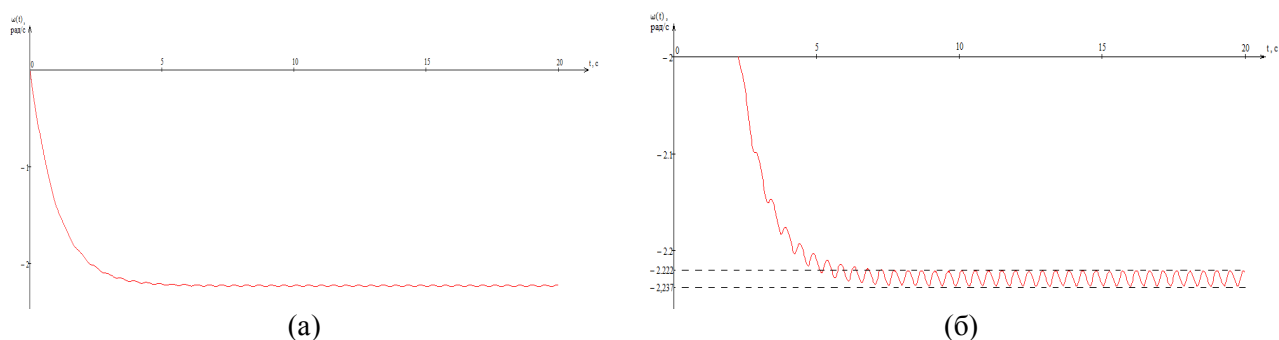
$$\psi_{i+1} = \psi_i + \frac{1}{6} (k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4). \quad (6)$$

Начальные условия задачи Коши:  $\varphi_0 = 0$ ;  $\psi(\varphi_0) = \psi_0$ . Шаг для расчета:  $h = \frac{\pi}{24} = 0,131$ .

Количество шагов:  $N = \frac{2\pi}{h} = 48$  шагов.

По этому методу в программе Mathcad действует функция Odesolve.

Результат вычислений выводится на экран в виде графиков зависимости угловой скорости от времени (рис.3 а,б):



**Рис. 3.** Графики: а – зависимость угловой скорости от времени; б – пределы варьирования угловой скорости

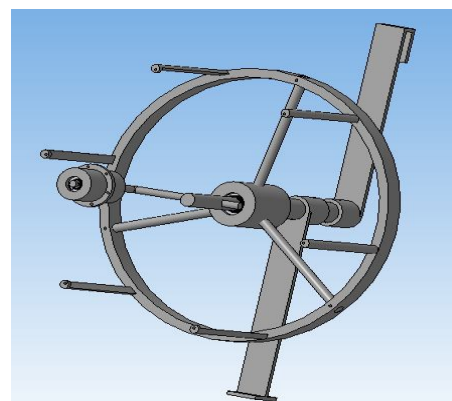
Усредненное значение угловой скорости вращения составило 2,23 рад/с.

Проверка правильности численного решения проводится аналитическим методом Бубнова – Галеркина. В результате проверки получено тот же результат, что говорит о точности составленной программы. Для определения параметров реальной модели производился выбор оптимальных размеров стенда. Путем перебора значений исследовалась угловая скорость в зависимости от изменений следующих параметров:

- угла  $\alpha$ , который составляет вектор  $OO_1$  с горизонталью. Этот параметр варьировался в пределах  $[0; 360^\circ]$  при  $\lambda = 7,5/8$  и  $w = 0$ . Выбрано значение  $\alpha = 180^\circ$ .
- коэффициента  $\lambda$  – отношения расстояния между осями к радиусу колеса. Этот параметр варьировался в пределах  $[0/8; 7,5/8]$  при  $\alpha = 180^\circ$  и  $w = 0$ . Выбрано значение  $\lambda = 5/8$ .
- уровня воды  $w$  относительно оси  $Ox$ . Этот параметр варьировался в пределах  $[-0,06 \text{ м}; 0,06 \text{ м}]$  при  $\lambda = 5/8$  и  $\alpha = 180^\circ$ .

По полученным значениям параметров произведена отладка модели с учетом конструкции узлов.

Разработана 3-D модель деталей и выполнены чертежи сборки конструкции (рис. 4).



**Рис. 4.** 3-D модель общей сборки

Созданный стенд дает возможность изучения работы сплавов с эффектом памяти формы. Планируется модернизация стенда с целью изучения усталости материалов с ЭПФ. Предполагается проведение сравнительного анализа материалов с эффектом памяти формы с целью выявления эффективного сплава.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ноздрин, М.А. Механика сплошной среды: метод. указания для выполнения лаб. работ /М.А. Ноздрин, З.В. Зарубин/ ИГЭУ. – Иваново, 2007. – 23 с.
2. Ильина, Е.Э. Сплавы с эффектом памяти формы / Е.Э. Ильина, Е.С. Шильцев/ Энергия-2013. ИГЭУ. – Иваново, 2013. – С. 180 - 182.
3. Зарубин, З.В. Деформационные расчеты материалов с эффектом памяти формы. / З.В. Зарубин, М.А.Ноздрин/ ИГЭУ. – Иваново,2012. – 116 с.

*С. А. Онешко\*, В. Ф. Кушляев*  
(АО «Галичский автокрановый завод»,  
ФГБВОУ ВО «Академия гражданской защиты МЧС России»)

## **ПРИМЕНЕНИЕ ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ КРАНОВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ РАБОТ**

Ликвидация чрезвычайных ситуаций – это аварийно-спасательные и другие неотложные работы, проводимые при возникновении ЧС и направленные на спасение жизни и сохранение здоровья людей, снижение размеров ущерба природной среде и материальных потерь. Аварийно-спасательные работы – это действия по спасению людей, материальных и культурных ценностей, защите природной среды в зонах чрезвычайных ситуаций, локализации чрезвычайных ситуаций и подавлению или доведению до минимально возможного уровня воздействия характерных для них опасных факторов. Аварийно-спасательные работы требуют от исполнителей специальной подготовки, экипировки и технического оснащения.

Другие неотложные работы – это деятельность по всестороннему обеспечению аварийно-спасательных работ, оказанию населению, пострадавшему в чрезвычайных ситуациях, медицинской и других видов помощи, созданию условий, минимально необходимых для сохранения жизни и здоровья людей, поддержания их работоспособности.

Отделить аварийно-спасательные работы от других неотложных работ затруднительно, причем различие оказывается в основном условным. Поэтому в практике закрепился термин – аварийно-спасательные и другие неотложные работы (АСДНР).

Объем проведения АСДНР во многом зависят от масштабов и условий ЧС, а в военное время - вида применяемого оружия и масштабов военных действий.

Проведение АСДНР является одной из основных задач РСЧС и ГО. Обычно АСДНР характеризуются большим объемом и ограниченностью времени на их проведение, сложностью обстановки и большим напряжением сил всего личного состава, участвующего в АСДНР. Они проводятся в условиях сильных разрушений, массовых пожаров, заражения атмосферы и местности, затопления территории и при воздействии других неблагоприятных условий обстановки. Завалы, образовавшиеся в результате разрушений, могут перекрыть выходы из сооружений, разрушить (повредить) заборные устройства систем подачи воздуха в них, затруднить ввод сил МЧС в очаг поражения, их маневренность. Пожары могут создавать как угрозу непосредственного воздействия на пораженных людей в очаге поражения и на личный состав формирований, так и опасность взрыва или воспламенения газа и горючесмазочных материалов, вытекающих из поврежденных коммуникаций, и других взрывоопасных и легковоспламеняющихся веществ.

Большой объем работ в очагах поражения невозможно провести в короткие сроки без применения различной инженерной техники. Только широкая механизация всех видов работ позволит своевременно осуществить спасение людей. Для проведения АСДНР могут применяться все имеющиеся в народном хозяйстве типы и марки строительных и дорожных машин и механизмов, техники коммунального хозяйства района (города). В зависимости от вида проводимых работ они подразделяются на следующие группы:

а) машины и механизмы, используемые при вскрытии заваленных защитных сооружений, разборке завалов, подъеме, перемещении обломков и конструкций разрушенных зданий или погрузке их в транспортные средства (краны, лебедки, блоки, домкраты);

б) машины и механизмы для расчистки завалов, перемещения и транспортировки обломков конструкций, засыпки воронок, устройства валов и насыпей (экскаваторы, бульдозеры, путепрокладчики и машины разграждения, автогрейдеры, скреперы, трайлеры, самосвалы);

в) бурильные и отбойные молотки, входящие в состав компрессорных станций, которые используются для проведения отверстий в каменных, кирпичных и бетонных стенах, перекрытия заваленных убежищ (помещений), с целью подачи в них воздуха или устройства проемов в конструкциях для вывода людей;

г) оборудование для резки металла (керосинорезы, бензорезы, автогенные электросварочные аппараты, резаки металла и железобетона (в т.ч. лазерные), слесарный инструмент);

д) механизмы для откачки воды при затоплении защитных сооружений ГО, подвалов или для заполнения водой траншей при тушении лесных и торфяных пожаров (насосы, мотопомпы, поливочные машины, пожарные и авторазливочные станции);

е) переправочные средства, обеспечивающие переправу через водную преграду машин и оборудования (баржи, паромы, понтонные парки, катера, лодки, подручные средства);

ж) ремонтные средства (ремонтные мастерские, бензо- и водозаправщики, электростанции (осветительные и силовые).

Технология, последовательность и структура способов и приемов выполнения АСНДР зависят от характера разрушений зданий и сооружений, аварий коммунальных, энергетических и технологических сетей, степени радиоактивного и химического заражения территории объекта полиграфии, пожаров и других условий, влияющих на действия формирований и применение техники.

В первую очередь проводятся работы по устройству проездов и проходов к разрушенным защитным сооружениям, поврежденным и разрушенным зданиям, где могут находиться люди, а также в местах аварий, препятствующих или затрудняющих проведение спасательных работ.

Для устройства проездов (проходов) используются формирования механизации, имеющие автокраны и бульдозеры.

Опыт спасательных работ по извлечению людей из-под завалов при ликвидации последствий землетрясений в Армении показывает, что для разборки завалов, под которыми часто находятся люди, крайне необходимы мощные подъемные краны, грузоподъемностью не менее 16 т, экскаваторы с большим объемом ковша, передвижные электростанции и прожекторы для работы ночью. Например, для выполнения работ в короткие сроки в районе бедствия после землетрясения в Армении (1988 г.) сразу требовалось более 1200 кранов.

По печальной статистике из тысячи человек, попавших в завалы после землетрясения, каждый час умирают 50 человек. Поэтому каждая минута промедления уносит жизнь одного из тысячи заживо погребенных. Поэтому создание аварийно-спасательной техники и механизмов для сокращения сроков разбора завалов является важнейшей задачей, выполнение которой позволит сохранить человеческие жизни.

Проектирование аварийно-спасательной грузоподъемной техники в настоящий период невозможно без современной высокопроизводительной вычислительной техники; квалифицированного персонала; внедрения инновационных технологий.

АО «Галичский автокрановый завод» совместно с «Академией гражданской защиты» МЧС России в инициативном порядке прорабатывают модельный ряд авиатранспортабельных кранов и многофункциональных машин для спасения человеческих жизней. Экспертное проектирование выполняется при помощи современных систем автоматизированного проектирования в среде трехмерного моделирования, что позволяет оптимизировать металлоконструкции в соотношении прочности и массы. Разрабатываемая конструкторская документация позволяет акцентировать внимание на отдельных узлах и механизмах.

Испытание созданных образцов на Галичском автокрановом заводе проводится с применением имитационного моделирования, что дает возможность проработать нештатные ситуации, которые невозможно проверить при статических испытаниях. Испытываемые образцы доводятся до разрушения. На современных автокрановых предприятиях создаваемый модельный ряд включает краны грузоподъемностью 16, 20, 25, 32, 40, 50, 60, 70, 80, 110 т; при этом устанавливаемые на кранах стрелы могут иметь длину 18, 21, 24, 28, 31, 34, 42 м.

Данное обстоятельство, в итоге, позволяет говорить о широкой возможности создания гаммы аварийно-спасательных машин по заданным требованиям заказчика. При этом под требования заказчика могут быть доработаны как серийные образцы, так и создано новое уникальное средство. В настоящее время на заводе изготовлен кран грузоподъемностью 50 т, доработанный под нужды Министерства обороны, а также кран грузоподъемностью 40 т, для ремонтно-восстановительных работ, доработанный под нужды РЖД.

На АО «Галичский автокрановый завод» выполнена уникальная разработка универсального сваебойного агрегата, изготовленная по заказу железнодорожных войск. Данная машина совмещает в себе функции сваебойной установки, автокрана, вибропогрузателя, установки для завинчивания свай и подъемника.

В инициативном порядке прорабатываются варианты автокранов г/п 100 т как на гусеничном шасси, так и на колесном вездеходном шасси.

АО «Галичский автокрановый завод» совместно с «Кафедрой эксплуатации транспортно-технологических машин и комплексов» Академии гражданской защиты» МЧС России рассматривают различные направления развития грузоподъемной техники, в том числе авиатранспортабельных кранов и универсальных машин для спасения человеческих жизней.

Создание авиатранспортабельных кранов сопряжено с удовлетворением двух граничных факторов: габариты и масса.

Для уменьшения габаритов крана по высоте стрела была повернута назад и опущена. В положение «стрела – вперед» уменьшению высоты мешает кабина базового шасси.

Для уменьшения габаритов крана по длине была рассмотрена 5-ти секционная стрела с укороченными длинами секций. Таким образом, на кран была установлена стрела длиной 28 м, при этом общий габарит крана не превысил 12 м. В качестве шасси применен КАМАЗ с колесной формулой 6х4. Грузоподъемность крановой установки составила 25 т; общая масса – 26,5 т. Продольный опорный контур крана составляет 7 м, поперечный – 6,4 м.

Автокран г/п 50 т располагается на 4-х осном шасси КАМАЗ с колесной формулой 8х4. Общая масса крана составляет 31 т, стрела 5-ти секционная длиной 28 м. Опорный контур крана составляет 7х6,4 м. Габариты по высоте – 3,3 м, по длине – 12 м.

Новым направлением видится развитие специальных средств для проведения аварийно-спасательных работ, изготовленных на базе автокранов. Основной функционал данного средства заключается в обеспечении максимального быстрого доступа к пострадавшему, его извлечение и эвакуация.

Состав оборудования данного средства включает:

- крановую установку г/п 25 т и длиной стрелы 28...30 м;
- удлинитель стрелы – гусек длиной 5-7 м и г/п 1 т;
- тяговая лебедка усилием 5 т;
- дополнительная лебедка, установлена на поворотной раме для обеспечения совместной работы основной стрелы с гуськом;
- гидростанция для обеспечения работы ручного гидроинструмента и комплект ручного гидроинструмента;
- электроизолированная люлька для эвакуации людей, проведения работ на высоте, восстановления линий электропередач;
- пеноподъемник и пожарный ствол, установленный в люльке;
- грузовая корзина, устанавливаемая на гусек для эвакуации пострадавших и подачи инструмента на высоту;
- бульдозер-сошник для обеспечения подъезда к объектам проведения аварийно-спасательных работ.

Рабочий цикл данного оборудования может включать:

- подъезд к месту проведения АСНДР;
- вывешивание крана;
- проведение подготовительных работ;

- вертикальный подъем разрушенных элементов;
- горизонтальное перемещение разрушенных элементов тяговой лебедкой;
- извлечение и эвакуация пострадавшего.

Рассматривается изготовление двух типов аварийно-спасательных машин:

- для районных городов – на 3-х осном шасси КАМАЗ;
- для областных городов и городов федерального значения – на 4-х осном шасси КАМАЗ.

На аварийно-спасательной машине для городов федерального значения смонтирован бульдозер-сошник для проделывания проходов в завалах и фиксации машины в местах проведения работ. По требованию заказчика могут быть рассмотрены другие варианты комплектования аварийно-спасательной машины дополнительным оборудованием.

Вывод: для повышения эффективности применения грузоподъемных кранов при проведении АСНДР требуется конструктивная доработка серийных кранов, разработка дополнительного технологического оборудования, особенно рабочих органов, подбор крана с требуемыми параметрами и разработка методических рекомендаций (инструкций по эксплуатации) для конкретных условий.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Васьков В.А., Михайлин О.Н., Аграновский А.А. Спасательная техника и базовые машины. Учебное пособие. АГЗ МЧС России, Химки – 2010, часть 1 – 122 с., часть 2 – 129 с.
2. Кушляев В.Ф. К вопросу создания гусеничных машин повышенной проходимости для экстремальных условий эксплуатации//Кушляев В.Ф., Леонов В.А., Аграновский А.А., Малышев В.А., Гомонай М.В. «Пожарная и аварийная безопасность». Материалы IX научно-практической конференции. ФГБОУ ВПО Ивановский институт ГПС МЧС России. Иваново. 2014. С.354 – 358.
3. Кушляев В.Ф. «Транспортно-технологические машины повышенной проходимости и применение их в условиях Арктики//Кушляев В.Ф., Леонов В.А., Аграновский А.А., Малышев В.А., Гомонай М.В. Научно-технический журнал «Строительные и дорожные машины», 2014, № 12. С.12-15.

***М. В. Осипов, В. В. Киселев\****

(УФСИН по Ивановской области,

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

#### **ОСНОВНЫЕ ПРИЧИНЫ ПОЛОМОК ПОЖАРНОЙ ТЕХНИКИ И МЕРЫ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЕЕ НАДЕЖНОСТИ**

Актуальной задачей современного машиностроения является рациональное применение смазочных материалов, определяющих во многих случаях работоспособность и долговечность машин. Сложные условия эксплуатации современных машин резко повысили требования к смазочным материалам. В результате этого получила дальнейшее развитие теория смазочного действия, особенно при граничном трении. Возникла необходимость глубокого изучения механизмов и закономерностей механического и физико-химического действия смазок различного состава при различных условиях трения. Особое значение приобретает применение присадок к смазочным маслам. Вопросы износа являются главными в общей проблеме трения, смазки и износа. Каждый новый шаг в развитии машин, механизмов и приборов связан с изучением явлений, протекающих в зоне контакта деталей, с учетом прочно-

стных характеристик поверхностей и их разрушения (износа). В борьбе с износом на первом месте стоит задача создания общей теории сопротивления изнашиванию материалов. Эта теория необходима для обоснованного применения конструкционных, технологических и эксплуатационных средств по устранению недопустимых патологических процессов повреждения и достижению минимального износа.

С ростом промышленного прогресса увеличивается количество техники и её мощность. Поэтому всё острее встаёт проблема износа деталей машин. Применительно к пожарной охране эта проблема также является актуальной, поскольку пожарная техника работает 24 часа в сутки, причём даже когда стоит на месте потому что для подачи воды нужно поддерживать давление в насосе с помощью работы двигателя. Также машина постоянно перегружена боевым снаряжением инструментом и элементами тушения.

У современной пожарной охраны России на вооружении находится множество различных видов пожарной техники, которая применяется для различных целей при тушении пожара.

Как известно, изнашивание - это процесс постепенного изменения размеров деталей вследствие процесса трения, проявляющийся в отделении с поверхностей трения материала и (или) его остаточной деформации. В свою очередь износ — результат изнашивания деталей, т.е. результат работы трения. Изнашивание деталей машин сопровождается сложными физико-химическими явлениями и многообразием влияющих на него факторов. Изнашивание зависит от материала и качества трущихся поверхностей, от характера и скорости их взаимного перемещения, от характера контакта, вида и значения нагрузки, вида трения и многих других факторов. В соответствии с ГОСТ 16429—70 установлены три группы изнашивания в машинах: механическое, молекулярно-механическое и коррозионно-механическое. Каждая группа изнашивания делится на несколько видов.

К самым эффективным способам борьбы с износом можно отнести повышение твердости и улучшение качества обработки трущихся поверхностей, тщательная герметизация всех уплотнительных устройств при ремонте, а также очистка топлива и смазки от механических примесей в процессе эксплуатации и поддержание в исправном состоянии уплотнительных (сальники, уплотнительные прокладки, чехлы и т. п.) и очистительных устройств (топливные и масляные фильтры, воздухоочиститель).

Смазка резко снижает интенсивность изнашивания. Достаточно ввести в зону контакта деталей небольшое количество смазочного материала, как сила трения может снизиться в 10 раз, а износ поверхностей трения до 1000 раз.

Эффективность смазочной системы зависит от ее конструктивного совершенства и качества смазочного материала. Пока нет четких рекомендаций по дозировке и длительности подачи смазочных материалов в конкретные узлы трения машин. При переводе трущихся деталей машин в режим ИП необходимо создавать принципиально новые смазочные системы, которые бы обеспечили автоматическое регулирование параметров работы системы в зависимости от режима работы машины, то есть необходимо разрабатывать адаптированные смазочные системы, предупреждающие износ трущихся деталей машин и снижающие потери на трение.

В настоящее время уровень технического совершенства машин во многом определяется именно степенью организации смазывания узлов трения. Больше всего нуждается в смазочных системах станкостроительная, автомобильная и тяжелая промышленность. Увеличение выпуска смазочных масел должно сопровождаться повышением их эффективности, что требует проведения научно-исследовательских разработок по конструктивному и технологическому совершенствованию производства основных узлов систем, создания поточных линий, улучшения планирования и использования экономических стимулов повышения производительности труда. При этом большое внимание следует уделять использованию современных достижений триботехники.



Для значительного повышения технического уровня и качества машин, их экономичности и надежности необходимо решить проблему смазывания. Это может быть обеспечено за счет повышения технического уровня и качества смазочного оборудования, его унификации и стандартизации, за счет конструктивного совершенства узлов трения машин, разработки и применения новых эффективных технологических процессов обработки трущихся деталей и других методик.

Явления износа должны учитываться при проектировании и эксплуатации машин и механизмов. Они проявляются при земляных работах, в сельском хозяйстве, строительстве, добывающей промышленности и во многих других случаях. Потери средств от трения и износа в развитых странах составляют 4-5% национального дохода, а преодоление сопротивления трения поглощает во всем мире 20-25% вырабатываемой за год энергии. Анализ специальных комитетов Международного совета по трибологии показал, что за полный цикл эксплуатации машин эксплуатационные расходы, затраты на ремонт и запасные части в несколько раз превышают затраты на изготовление новой техники.

Повышение экономически и экологически целесообразной долговечности и надежности машин, технологического оборудования и инструмента непосредственно связано с повышением износостойкости. Решение этой актуальной и практически необходимой задачи возможно только на базе глубоких, научно обоснованных решений. Управление трением, правильный выбор материалов по критериям трения и износостойкости, рациональное конструирование узлов трения и деталей машин и оптимизация условий эксплуатации могут существенно продлить срок жизни и повысить эффективность машин, снизит вредные экологические воздействия при незначительном увеличении их стоимости. Задача повышения экономически и экологически целесообразной долговечности узлов трения крайне усложняется каждый год, так как неумолимая тенденция развития науки, техники и технологии обязательно ведет к ужесточению и усложнению режима работы машин, а значит, узлов трения и деталей по нагрузкам, скоростям, температурам, диссипируемым энергиям, вибрации и т.д. Хорошо известно также, что стремление снизить материалоемкость машин приведет к уменьшению габаритов и удельных массовых характеристик узлов трения, которые еще более усложнят задачу.

#### 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.

*Л. И. Птуха*

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

### **РАЗМЕРНЫЙ АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИИ ИЗДЕЛИЯ – РЕЗЕРВ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

Известно, что долговечность и надежность изделия зависит от качества его проектирования и изготовления. При проектировании самых разнообразных изделий в распоряжении конструктора всего два фактора:

- материал;
- размерные параметры, с помощью которых создаются требуемая форма изделия, его составных частей, деталей, а также необходимый характер соединений.

Оба фактора определяются служебным назначением изделия. Ошибки, допущенные как при выборе материала, так и при определении размерных параметров, приводят к проектированию, а затем и изготовлению некачественного изделия.

Выбор материала зависит от наличия у него необходимых для изделия механических, физических и ряда других свойств. В отдельных случаях требуется создание новых материалов с особыми свойствами. Ошибки, допущенные при выборе материала, относительно легко устраняются его заменой.

Сложнее обстоит дело со вторым фактором. Важнейшим и самым трудоемким в достижении показателем качества изделия, влияющим на его долговечность и надежность, является точность. Характеризуется она тремя показателями: точностью размеров, точностью расположения, точностью формы изделия, деталей и их поверхностей.

Определение номинальных значений и допустимых отклонений каждого параметра сама по себе задача непростая. Увязка же всех необходимых параметров при проектировании изделия представляет собой сложную многовариантную задачу. Проектированием изделия, как правило, занимается группа конструкторов, возглавляемая ведущим. Каждый конструктор разрабатывает лишь какую-то отдельную составную часть изделия, выполняет его детализацию с учетом требований унификации и стандартизации. Чтобы после группового проектирования «собрать» изделие ведущему конструктору необходимо увязать все его составные части. На этом этапе проектирования результаты целиком зависят от квалификации и опыта ведущего конструктора. Значительный объем и сложность, а следовательно, и большая вероятность ошибок заставляют конструкторов искать аппарат анализа принимаемых решений, позволяющий если не исключить, то хотя бы свести к минимуму возможные ошибки.

Требуемыми возможностями и обладает размерный анализ конструкции изделия. Он позволяет конструктору определять, анализировать и устанавливать:

- оптимальную схему общей компоновки изделия;
- размерные параметры и их точность, требуемые служебным назначением изделия, его составных частей и деталей;
- методы достижения точности размерных параметров при сборке изделия и его составных частей;
- конструктивное обеспечение реализации методов достижения точности при сборке изделия.

Исходными данными для размерного анализа конструкции изделия являются: сборочный чертеж изделия и технические требования на него. Размерный анализ конструкции изделия целесообразно выполнять как на стадии технического, так и рабочего проектов. В результате появляется возможность получить расчетные схемы, позволяющие определить размерные взаимосвязи и допустимые отклонения их от номинальных значений составных час-

тей и деталей, компонуемых в изделии. Он позволяет выявить влияние на точность изделия размерных параметров, имеющих номинальные значения равные нулю (радиальное биение, торцевое биение и т.п.).

Размерный анализ включает в себя ряд этапов: графическое представление в виде звена размерной цепи анализируемого технического требования; построение размерной цепи; расчет размерной цепи. На разных стадиях проектирования изделия решаются прямая или обратная задачи.

Прямая задача связана с начальными этапами проектирования, когда известны технические требования на изделие и необходимо назначить размерные параметры и их допустимые отклонения на составные части и детали изделия. Например. У токарного станка согласно ГОСТ18097 необходимо обеспечить одновысотность оси вращения шпинделя передней бабки и оси отверстия пиноли задней бабки по отношению к направляющим станины в вертикальной плоскости. Построение кратчайшей размерной цепи и её расчет позволяют назначить выходные параметры точности составных частей станка: передней и задней бабок. Размерный анализ конструкции составных частей станка (передней и задней бабок), в свою очередь, позволит определить размерные параметры и точность их деталей.

Обратная задача решается на заключительных этапах проектирования изделия. Это проверочная задача. Она позволяет определить обеспечат ли назначенные размерные параметры и допустимые их отклонения от номиналов на составные части и детали заданные технические требования на изделие. Например. Размерный анализ, назначенных размерных параметров и их допустимых отклонений у деталей передней и задней бабок токарного станка покажет обеспечат ли они необходимую одновысотность оси вращения шпинделя передней бабки и оси отверстия пиноли задней бабки.

Построенные размерные цепи позволяют рассчитать и номинальные размеры, и допустимые отклонения размерных параметров, являющихся составляющими звеньями размерных цепей (РД 50-635-87).

Определение допустимых отклонений анализируемого технического требования возможно двумя методами:

- расчетом по максимуму-минимуму;
- теоретико-вероятностным.

Первый метод используется в методах достижения точности анализируемого параметра: полной, групповой взаимозаменяемости, регулировки и пригонки. Второй – при достижении требуемой точности анализируемого параметра методом неполной взаимозаменяемости.

При достижении требуемой точности изделия методами регулировки и пригонки необходимо в конструкции изделия предусматривать соединения или детали, выполняющие роль компенсаторов. При регулировке возможно использование подвижных или неподвижных компенсаторов. Подвижный компенсатор позволяет обеспечить требуемую точность за счет изменение положения компенсатора. Использование неподвижного компенсатора требует другого конструктивного решения изделия. В этом случае требуемая точность параметра обеспечивается заменой компенсатора нужного размера из заранее изготовленного комплекта.

Методика и математический аппарат размерного анализа конструкции позволяют достаточно качественно и просто отыскивать оптимальные решения при проектировании изделия, его составных частей и деталей. Таким образом, размерный анализ конструкции изделия позволяет повысить качество проектирования изделия и снизить затраты времени на поиски нужных решений.

*И. В. Сараев, А. Г. Бубнов, Р. И. Харламов, А. О. Семенов*  
(ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»)

### СОВРЕМЕННОЕ МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЫБОРА МЕХАНИЗИРОВАННОГО ИНСТРУМЕНТА

В настоящее время большое количество фирм выпускают различные комплекты инструмента аварийно-спасательного гидравлического (ИАСГ) [1]. ИАСГ имеет похожую, но всё-таки отличающуюся по своим функциональным характеристикам комплектацию, зависящую от фирмы–производителя: «АГРЕГАТ», «АМКУС», «ПРОСТОР», «СПРУТ», «МЕДВЕДЬ», «HURST», «WEBER», «РЕНОВОТ», «КОМБИТЕХ», «HOLMATRO», «LUKAS», «PHOENIX» и др.

В России используют методы [2] - [4] с помощью которых отбирают тот или иной комплект ИАСГ. Часто для выбора ИАСГ применяется сравнительная оценка технических параметров [2], т.к. она не предполагает финансовых затрат. Но надёжности и стоимости комплектов в случае применения метода указанного в [2], отведено далеко не первоочередное значение. В общем и целом, эта методика применима, но без учёта специфики (в т.ч. климатической) применения ИАСГ в различных географических условиях регионов, т.е. условий расположения и применения того или иного ПСП. Методика оценки эффективности ИАСГ [3], заявленная авторами как «*подход с научной точки зрения*». В ней, для сравнительной оценки эффективности ИАСГ используемого при аварийно-спасательных работах, предлагается проводить его оперативную оценку, которая проводится в ходе реальных сравнительных испытаний на базе ПСП. Методика [3] охватывает более широкие критерии выбора комплекта ИАСГ, по сравнению с [2], но эффективность комплектов в ней определяется как суммарный показатель скоростей выполнения различных операций ИАСГ, сведённой к его стоимости и массе (однако не каждое ПСП может позволить себе провести такие испытания в силу различных обстоятельств). Методика [4] предполагает обобщение показателей технических характеристик, полученных с помощью экспертной оценки оборудования и приведение полученных данных к безразмерным комплексным показателям. Но, как и в [2] - [3], автор [4] не учёл показатели надёжности и риски при отказах рассматриваемого оборудования. Анализируя [2] - [4], можно заключить, что они, безусловно, могут применяться и каждая в чём-то объективна, но рассматривают они в основном, либо стоимость и массу, либо технические параметры, представленные фирмами-производителями. Ввиду вышеизложенного, возможна унификация (оптимизация) критериев отбора ИАСГ путём использования дополнительных интегральных показателей: математического ожидания ущерба от прекращения его работы ( $B$ ) и общей пользы ИАСГ ( $W$ ) [5]. Результаты расчёта вероятностных величин [5] с учётом данных, взятых из [2], приведены ниже - в табл. 1.

**Таблица 1. Пример использования комплексных показателей для выбора инструмента аварийно-спасательного гидравлического**

Показатель	Наименование комплектов ИАСГ		
	«СПРУТ»	«ПРОСТОР»	«МЕДВЕДЬ»
$P(\text{из } [I])$	0,9901	0,9868	0,9759
$Q$	0,0099	0,0132	0,0241
$B$ , руб. (расчёт по ССЖ)	9762	13016	23764
$G_1$ , руб.	515129,00	759684,00	1070287,00
$G_2$ , руб.	59668	60291	59578
$W$	1,69	1,18	0,85

Кроме того, в табл. приведены результаты наших расчётов сопоставимых затрат на закупку ( $G_1$ ) и обслуживание ( $G_2$ ) сравниваемых комплектов ИАСГ (в пересчёте на 1 год) по данным учебной пожарно-спасательной части нашей академии. Из данных табл. также следует, что лицу, принимающему решение, не следует принимать к рассмотрению вариант закупки (для замены) комплект ИАСГ «МЕДВЕДЬ» без доведения их показателей безотказности до допустимого уровня, а вариант закупки комплекта «СПРУТ» представляется предпочтительным из сравниваемых для оснащения пожарных частей в Ивановской области.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. 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.
2. *Одинцов, Л.Г.* Гидравлический аварийно-спасательный инструмент [Электронный ресурс] / Л.Г. Одинцов / Журнал «Противопожарные и аварийно-спасательные средства». - 2005. № 3, С. 14-18; URL: [http://www.secuteck.ru/articles2/firesec/tech\\_review\\_gasi\\_2/](http://www.secuteck.ru/articles2/firesec/tech_review_gasi_2/).
3. *Одинцов, Л.Г.* Сравнительная оценка эффективности ГАСИ [Электронный ресурс] / Л.Г. Одинцов, С.П. Тодосейчук, В.В. Парамонов / Журнал «Противопожарные и аварийно-спасательные средства». - 2005. № 3, С. 20-21. URL: [http://www.secuteck.ru/articles2/firesec/odincov\\_todosejchuk\\_paramonov](http://www.secuteck.ru/articles2/firesec/odincov_todosejchuk_paramonov).
4. *Филановский, А.М.* Методика комплексной оценки эффективности гидравлического аварийно-спасательного инструмента, применяемого при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций на транспорте: диссертация ... кандидата технических наук: 05.26.02. Санкт-Петербург 2013. - 124 с.
5. *Бубнов, А.Г.* Использование показателей риска для выбора аварийно-спасательного оборудования / А.Г. Бубнов, В.Ю. Курочкин, Ю.Н. Моисеев, А.Д. Семенов / Пожаровзрывобезопасность. - 2014. Т. 23. № 2. С. 50-55.

***И. В. Сараев, А. Г. Бубнов, В. Ю. Курочкин, Ю. Н. Моисеев, В. С. Бондарец***  
(ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»)

#### **К ВОПРОСУ ВЫБОРА СРЕДСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ И ЗРЕНИЯ ПОЖАРНЫХ**

Российская Федерация – самая большая страна мира, на её территории каждый день происходит около 300 пожаров большая часть из которых происходит в жилом секторе (жилые дома, общежития, дачи, надворные постройки и т.д.). Общеизвестно, что наибольшей ценностью является человеческая жизнь и для её спасения спасатели порой рискуют своей. Но выполнить поставленные задачи без специализированного оборудования и грамотных кадров невозможно, в связи с этим для успешной работы пожарно-спасательных подразделениях (ПСП) МЧС России созданы нештатные газодымозащитные службы гарнизонов пожарной охраны [1]. Для эвакуации людей из задымлённых помещений спасателями используются средства индивидуальной защиты органов дыхания и зрения (СИЗОД) различного защитного действия и фирм-производителей.

На сегодняшний день выпуском СИЗОД занимаются множество фирм практически в каждой стране мира, самыми известными и востребованными на территории России являются АО «ПТС», «Dräger Safety», ООО «Красноярск-Промбезопасность», «MSA the safety company», АО НПП «Респиратор», АО «КАМПО», ФГУП «Завод горноспасательного оборудо-

вания», ОАО «Тамбовмаш» и др. Из-за такого многообразия лиц, принимающему решение (ЛПР) непросто сделать выбор в пользу той или иной модели т.к. нет единых критериев выбора наиболее надёжного оборудования.

Целью нашей работы стало обоснование методики для выбора наиболее надёжного СИЗОД применительно к территории, на которой расположено пожарно-спасательное подразделение на основе методики выбора аварийно-спасательного оборудования [2].

Одной из первоочередных задач, поставленных перед нами, стал сбор статистических данных по эксплуатации и отказам СИЗОД в Ивановской области. Анализ полученных данных показал, что на вооружении ПСП ГПС МЧС России по Ивановской области преобладают СИЗОД фирм АО «ПТС» и АО «КАМПО», поэтому для выбора наиболее надёжного дыхательного аппарата нами были выбраны ПТС «Профи-М» и АП «Омега».

Для расчётов мы использовали интегральный показатель математического ожидания ущерба от прекращения его работы ( $B$ ) и общей пользы СИЗОД ( $W$ ) [2]. Результаты расчёта вероятностных величин [2] с учётом данных по среднестатистической стоимости жизни, взятых из [3] применительно для Ивановской области, приведены в таблице. Кроме того, в таблице приведены результаты наших расчётов, сопоставимых затрат на закупку ( $G_1$ ) и обслуживание ( $G_2$ ) сравниваемых СИЗОД (в пересчёте на 1 год) по данным ГУ МЧС России по Ивановской области.

**Таблица 1. Пример использования комплексных показателей риска для выбора СИЗОД**

Показатель	Наименование СИЗОД	
	ПТС «Профи-М»	АП «Омега»
$P$ (расчётная)	0,895	0,959
$Q$ (расчётная)	0,105	0,041
$B$ , руб. (расчёт по [3])	1019	400
$G_1$ , руб.	64375	59000
$G_2$ , руб.	5966	6029
$W$	0,138	0,149

Из данных таблицы также следует, что ЛПР не следует рассматривать вариант закупки (замены) СИЗОД ПТС «Профи-М» без доведения их показателей безотказности до допустимого уровня (не ниже 0,95), а вариант закупки СИЗОД АП «Омега» представляется предпочтительным из сравниваемых для оснащения пожарных частей Ивановской области.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Приказ МЧС РФ от 5 мая 2008 г. № 240 «Об утверждении Порядка привлечения сил и средств подразделений пожарной охраны, гарнизонов пожарной охраны для тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ».
2. Бубнов, А.Г. Использование показателей риска для выбора аварийно-спасательного оборудования / А.Г. Бубнов, В.Ю. Курочкин, Ю.Н. Моисеев, А.Д. Семенов / Пожаровзрывобезопасность. – 2014. Т. 23. № 2. С. 50–55.
3. Быков, А.А. О методологии оценки стоимости среднестатистической жизни человека / Быков А.А. / Журнал «Страховое дело». – 2007. № 3., С. 10–25.

*М. В. Смирнов, А. В. Топоров*

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

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО И ПНЕВМАТИЧЕСКОГО ПРИВОДА ГИДРАВЛИЧЕСКОГО АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНОГО ИНСТРУМЕНТА

Одной из проблем, возникающих при использовании гидравлического аварийно – спасательного инструмента является необходимость привлечения как минимум двух человек обслуживающих непосредственно исполнительный орган и гидравлическую насосную станцию. В критических условиях при проведении ликвидации масштабных последствий чрезвычайных ситуаций, а так же при необходимости действовать оперативно использование двух человек значительно увеличивает трудозатраты и повышает время выполнения задачи.

Поэтому в последнее время появились устройства, позволяющие работать гидравлическим аварийно – спасательным инструментом одному пожарному [1]. Например, ООО «Простор» освоило производство станции насосной гидравлической СНГа «Штурм» [1] ранцевого исполнения. В данном изделии (рис. 1) в качестве источника энергии используются батареи, приводящие в действие электрический насос мощностью 1.2 кВт. Масса станции составляет 8.5 кг. Время непрерывной работы данной насосной станции от аккумулятора составляет 7 – 10 мин.

Учитывая довольно высокую плотность энергии аккумуляторных батарей, составляющую порядка 30 Вт ч /кг [2] нужно отметить что этот показатель относится непосредственно к самому элементу питания. Масса всего устройства будет складываться из массы шасси, массы насоса, массы электродвигателя, массы гидравлической жидкости и соединительно – запорной арматуры.

Таким образом, исключив из конструкции хотя бы один элемент можно добиться сопоставимой энергетической эффективности, даже применив источник энергии с меньшей плотностью.

Таким источником может быть баллон с газом под давлением. Его энергетическая плотность составляет порядка 14 Вт ч / кг, что почти в два раза меньше энергетической плотности электрических аккумуляторов [2]. Однако, для работы генератора давления рабочей жидкости [3] с использованием газа под давлением в качестве источника энергии не требуется электродвигатель. Расчеты показывают, что разрабатываемый генератор давления [3, 4] имеет общую массу 11.5 кг и может работать 24 мин от одной заправки баллона. Это достигается за счет значительного увеличения, по сравнению с аккумуляторными батареями массы баллона, и как следствие запасенной энергии.

В данном случае энергетическая эффективность ранцевой электрической установки, при емкости батареи 100 Вт ч составит 11,7 Вт ч/кг, а разрабатываемого устройства при запасе энергии 150 Вт ч - 13 Вт ч/кг, соответственно. Помимо меньшей энергетической эффективности установки с электрическими аккумуляторами процесс их зарядки занимает порядка 10 часов, в то время как баллон может быть заправлен за 10 мин.



**Рис. 1.** Станция насосная гидравлическая СНГа «Штурм»

Поэтому, с точки зрения энергетической эффективности использование сжатого газа для привода гидравлического аварийно – спасательного инструмента является более предпочтительным.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Д.Ф. Лавриненко, П.П. Петренко, М.Ф. Баринов, Д.В. Мясников* Основы применения аварийно-спасательного инструмента и оборудования Учебное пособие, Академия гражданской защиты МЧС России – Химки, 2014.
2. *Гулиа, Н.В.* Накопители энергии. М.: Издательство «Наука», 1980.
3. *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
4. *М.В.Смирнов, А.В.Топоров, Ю.Н.Моисеев* Стенд для привода гидравлического аварийно – спасательного инструмента от источника сжатого воздуха Пожарная и аварийная безопасность. Сборник материалов X Международной научно-практической конференции, посвященной 25- летию МЧС России– Иваново, 2015. – С. 183 – 184.

***В. Г. Спиридонова, А. Н. Мальцев***

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

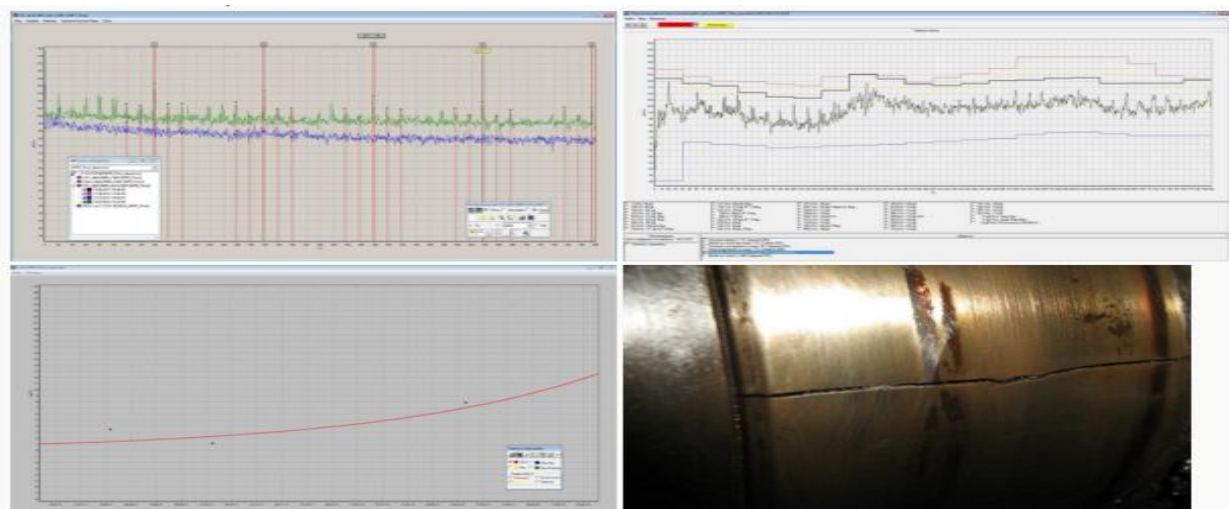
#### **ОСНОВНЫЕ ПРИЧИНЫ ОТКАЗА РАБОТЫ ПОДШИПНИКОВ В УЗЛАХ КОЛЕСНО-МОТОРНЫХ БЛОКОВ ПОЖАРНЫХ ПОЕЗДОВ**

В настоящее время широкое применение получают пожарные поезда, предназначенные для тушения пожаров в непосредственной близости от железнодорожных путей, подвижном составе и на объектах, расположенных вблизи полосы отвода, а так же для оказания помощи при авариях, крушениях, лесных пожарах, наводнений и других стихийных бедствиях.

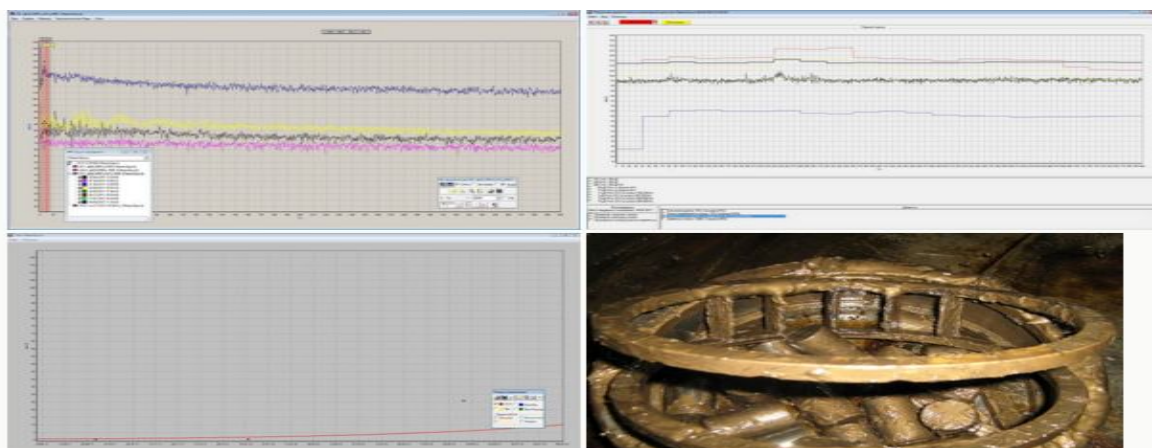
Основными узлами, определяющими надежность и ресурс колесно-моторных блоков эксплуатируемых пожарных поездов, являются подшипники качения, как тягового электродвигателя, так и колесных пар (буксовые подшипники). Их состояние периодически и достаточно успешно контролируется в условиях пожарных депо с использованием вибродиагностических комплексов, анализирующих вибрацию подшипниковых узлов в широком диапазоне частот от 2 Гц до 25 кГц [1]. Диагностика обычно проводится во время технического обслуживания поездов.

При каждом периодическом диагностировании измеряются автоспектр вибрации подшипникового узла до частоты 1-2 кГц, (на рисунках – правый верхний), спектр огибающей высокочастотной (8-10 кГц) вибрации (верхний левый спектр), а так же пиковое и средне квадратичное значение более высокочастотной (от 10 до 25 кГц) вибрации, выделяемой широкополосным фильтром. На начальном этапе развития дефекты обнаруживаются преимущественно по росту пикового значения и спектру огибающей вибрации, в средней стадии развития основное внимание уделяется росту линий высокочастотной вибрации, на конечной стадии развития - росту случайной вибрации. В качестве второго примера - диагностические измерения вибрации буксы, в которой один из двух подшипников разрушен, и виден только рост случайной вибрации как низкочастотной, так и высокочастотной. (см. рис. 2).





**Рис. 1.** Вибрация подшипникового узла тягового электродвигателя с подшипником, имеющим трещину на внутреннем кольце



**Рис. 2.** Вибрация буксы колесной пары, в одном из подшипников в котором разрушен сепаратор

Основными причинами выхода из строя подшипников являются:

- сколы, выкрашивания, задиры на рабочих поверхностях,
- дефекты сепаратора моторно-якорных подшипников,
- трещины элементов подшипника (70%-внутреннее кольцо),
- коррозия на рабочих поверхностях подшипников.

Сколы и раковины на рабочих поверхностях из-за усталостного выкрашивания металла с рабочих поверхностей, возникают, в основном по причине воздействия длительной статической нагрузки на подшипник в период нахождения поезда в запасе. Помимо этого причиной выкрашивания металла с рабочих поверхностей подшипников может быть заводской брак при изготовлении. Трещины колец подшипника возникают вследствие концентрации напряжений на металле из-за повышенного и неоднородного радиального натяга или наличия концентраторов. Трещины на телах качения подшипника возникают вследствие их некачественного изготовления. Основной причиной возникновения коррозии на рабочих поверхностях элементов подшипников является некачественная консервация подшипников при постановке на хранение.

В 2015 году за время между проведением вибрационного диагностирования специалистами произошло 49 случаев отказа подшипниковых узлов в процессе эксплуатации. Распределение случаев отказа приведено в табл. 1.

*Таблица 1. Причины отказа подшипниковых узлов*

Причина	Моторно-якорный	Буксовый	ИТОГО
Недопустимый износ (дефект) сепаратора	12	0	12
Ослабление посадки (проворот) внутреннего кольца	8	5	13
Заклинивание тел качения в буртах наружной обоймы	3	0	3
Трещина (дефект) наружного кольца	0	3	3
Трещина (дефект) внутреннего кольца	2	0	2
Отказ упорного подшипника К.П.	-----	5	5
Прочие причины:			
- нарушение сборки подшипникового узла	1	0	1
- перепробег локомотива	2	0	2
- диагностика не проводилась	1	0	1
- игнорирование рекомендаций о замене узла	0	1	1
- причина не установлена	6	0	6
<b>ИТОГО</b>	<b>35</b>	<b>14</b>	<b>49</b>

Исходя из данных, приведенных в табл. 1, можно наблюдать, что наиболее сложными для обнаружения применяемыми алгоритмами и средствами вибрационного диагностирования являются:

- недоступный износ (дефект) сепаратора подшипника;
- ослабление посадки (проворот) внутреннего кольца подшипника;
- отказ (дефекты) упорных подшипников колесной пары, которые используются лишь на некоторых типах поездов.

По результатам работ по диагностике подшипников можно сделать следующие выводы:

1. Основными дефектами, ставшими причиной отказов в период эксплуатации поездов между диагностированием являются:

- недопустимый износ (дефект) сепаратора;
- ослабление посадки (проворот) внутреннего кольца подшипника;
- дефекты упорного подшипника колесной пары.

2. Основными причинами выхода из строя подшипниковых узлов являются:

- попадание смазки из кожуха тягового редуктора в зону моторно-якорного подшипника;
- использование подшипников не соответствующих требованиям железнодорожных ТУ;
- использование подшипников и пружин упорных подшипников колесных пар с заводским браком при изготовлении;
- нарушения технологии посадки внутренних колец подшипников на посадочные места;
- нарушения технологии сборки упорных подшипников колесных пар;

В результате исследований, проводимых параллельно плановым работам по диагностированию, предложены дополнительные признаки, позволяющие повысить достоверность обнаружения предаварийного состояния подшипников. По результатам накопленного за 2015 год опыта вибродиагностики и проделанного анализа причин отказов подшипников рекомендовано:

- подробно изучить причины и исключить попадание смазки из кожухов тяговых редукторов в зону работы моторно-якорных подшипников,
- исключить использование подшипников качения не соответствующих требованиям железнодорожных ТУ,
- усилить контроль за технологией посадки внутренних колец подшипников на посадочные места,
- осуществить входной контроль пружин упорных подшипников колесных пар,
- усилить контроль за технологией сборки упорных подшипников колесных пар,
- усилить контроль за технологией консервации подшипников и хранение поездов на базах запаса.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *А.Ю.Азовцев, Н.А.Баркова, С.Г.Дегтерев* «Опыт вибрационной диагностики подвижного состава в ОАО РЖД», Москва 2010.

2. ООО «ВАСТ –сервис». Технический бюллетень № 1. Нарушение технологии проведения измерений, определение правильной частоты вращения, ошибки специалиста при автоматической диагностике буксовых и моторно-якорных подшипников локомотивов. Часть 1. Санкт Петербург 2011.

*Е. В. Степанов, А. А. Покровский*

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

## МЕРОПРИЯТИЯ ПО УЛУЧШЕНИЮ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Основной причиной физического износа многих видов техники является механический износ ее деталей, обусловленный силами трения. Мерой физического износа какой-либо детали машины под воздействием трения может служить величина изношенного слоя рабочей поверхности этой детали. При изучении закономерностей физического износа отдельной детали исследуют зависимость этой величины от продолжительности эксплуатации при изменении различных факторов (материала детали, качества обработки поверхностей, рода смазки и т. п.).

Многочисленные исследования показали, что для физического износа отдельных деталей (узлов) машин под воздействием трения характерны три последовательные стадии: интенсивный износ в период приработки, более медленной - нарастание износа в период нормальной работы; прогрессирующее нарастание износа после того, как он достигает определенной величины.

Надежность характеризует непрерывность и длительность работы машины без ремонта. Надежной считается конструкция, обеспечивающая бесперебойную работу машины в течение определенного, довольно длительного срока ее эксплуатации. Вероятность выхода такой техники из строя в течение этого периода времени очень мала.

В качестве факторов, определяющих надежность деталей машин можно условно выделить две группы факторов:

- факторы, связанные с деятельностью человека, то есть с выбором схематичного и конструктивного решения при проектировании машин, с организацией рациональной системы ремонтов и технического обслуживания в период эксплуатации;
- объективные факторы (неблагоприятное влияние внешней среды, связанное с климатическими, методологическими, биологическими, физико-химическими и другими воздействиями). Факторы, увеличивающие ее и уменьшающие.

Анализ работы оборудования показывает, что потеря работоспособности является следствием одновременного воздействия случайных, внезапных повреждений и постепенных процессов изнашивания и старения деталей оборудования. Знание физических закономерностей процессов дает возможность прогнозировать надежность деталей и более точно оценивать надежность оборудования. Физические закономерности процесса изнашивания описываются конкретными законами. Но по причине многообразия и переменности действующих факторов эти зависимости приобретают вероятностный характер, и поэтому при анализе изнашивания используется математический аппарат теории вероятности и математической статистики.

Пусть скорость некоторого процесса разрушения материала зависит от ряда входящих параметров и времени, то есть

$$\gamma = \frac{dU}{dt} = \varphi(x_1; x_2; x_3 \dots x_n, t) \quad (1)$$

Параметры  $x_i$  характеризуют условия эксплуатации, состояния материала и другие факторы, влияющие на протекание процесса разрушения, меняющиеся во времени.

При работе машины происходят непредвиденные изменения и колебания нагрузок, поэтому приведенная функциональная зависимость приближенно отражает физическую сущность процесса, но она может предсказать возможный ход процесса при различных сочетаниях параметров.

Существо проблемы надежности заключается, в конечном счете, в изменчивости материалов и элементов во времени при заданных условиях эксплуатации. Поэтому знание проблем надежности связано с изучением представлений о процессах разрушения материалов, их изменчивости во времени при заданных условиях эксплуатации. Любой отказ возникает, как правило, в результате постепенного накопления необратимых изменений в элементах (кроме случаев непредвиденной концентрации нагрузок).

Изучение влияния совместного действия силовых и физико-химических факторов, взаимодействия трущихся поверхностей с учетом их геометрических и физических свойств и поверхностных явлений в связи со смазкой и наличием поверхностно-активных веществ позволяет полученные закономерности на субмикроскопическом уровне распространить на всю рабочую поверхность. Полученные в результате такого анализа физические закономерности используются при оценке работоспособности оборудования и разработке мероприятий по повышению его надежности.

При конструировании деталей и узлов решаются главные задачи создания рациональной конструкции машины - упрощение кинематической схемы, правильный выбор материалов, обеспечение равнопрочности основных деталей и сборочных единиц, обеспечение экономичности и эффективности машины в целом. На стадии конструирования необходимо выбрать такие размеры деталей, чтобы обеспечить условия их работы, при которых интенсивность изнашивания будет минимальной. В этом случае необходимо принять наиболее выгодные нагрузки и скорости относительного перемещения трущихся поверхностей, предусмотреть наиболее совершенные устройства для смазки, выбрать оптимальные посадки в со-

пряжениях. Для повышения долговечности машины конструктор обязан предусмотреть высокую ремонтпригодность ее основных частей, то есть обеспечить простоту обслуживания и ремонта машины. Одна из эффективных мер в этом направлении - максимальная унификация сборочных единиц и деталей, которая дает возможность изготовить машины из типовых сборочных единиц и агрегатов, благодаря чему можно быстро и просто заменить в них изношенные части на местах эксплуатации и отремонтировать в централизованном порядке на хорошо оснащенных специализированных предприятиях.

Технологические способы повышения долговечности позволяют добиться уменьшения интенсивности изнашивания деталей соответствующей обработкой рабочих поверхностей и их упрочнением. К технологическим направлениям повышения долговечности оборудования относятся: подбор оптимальных сочетаний химического состава и структуры материала деталей; применение оптимальных способов формообразования заготовок деталей и термической обработки; выбор оптимальных условий механической обработки; улучшение геометрических параметров рабочих поверхностей деталей; применение упрочняющих способов обработки рабочих поверхностей деталей.

Одним из технологических направлений повышения долговечности машин являются мероприятия по улучшению физико-механических характеристик материалов, используемых для изготовления деталей машин. Основные прочностные характеристики будущих деталей формируются уже на стадии изготовления заготовок этих деталей, посредством литья, обработки давлением и др. К технологическим методам относятся объемная и поверхностная закалка, химико-термическая обработка, применение которых во много раз увеличивает срок службы деталей. Так, например, борирование и азотирование деталей, работающих в абразивной среде, увеличивает сроки их службы в 6-10 раз.

Технологические методы повышения долговечности и надежности деталей машин можно разбить на три группы:

- повышение качества и эксплуатационных свойств рабочих поверхностей деталей;
- объемное изменение структуры и химического состава материала с целью улучшения его механических характеристик;
- объемное изменение структуры материала в сочетании с поверхностным упрочнением.

К методам упрочняющей технологии относят также методы повышения твердости, прочности и чистоты рабочих поверхностей деталей машин. Повышение прочности и износостойкости поверхностного слоя деталей машин особенно важно, так как, во-первых, все процессы изнашивания протекают в поверхностных слоях и не затрагивают глубинные слои металла деталей; во-вторых, на поверхностных слоях остаются следы механической обработки (микроцарапины, ожоги), являющиеся местами концентрации напряжений, и термической - микротрещины; кроме того, поверхностные слои детали испытывают наибольшие напряжения при деформациях изгиба и кручения. К методам упрочняющей технологии могут быть отнесены и методы нанесения износостойких покрытий, и методы механического упрочнения поверхностного слоя деталей.

Эксплуатационные свойства изделий в значительной степени определяются качеством изготовления деталей, характеризующимися в основном геометрическими параметрами, физико-механическими и физико-химическими свойствами рабочих поверхностей. Исходя из условий эксплуатации, к качеству рабочих поверхностей, точности изготовления деталей и их физико-механическим свойствам предъявляются различные требования. Перечисленные свойства рабочих поверхностей деталей зависят от применяемого материала и формируются посредством определенных технологических приемов. Основной задачей технологии машиностроения является разработка технологических процессов, обеспечивающих изготовление деталей машин с наилучшими эксплуатационными свойствами.

**Д. А. Судакова, М. С. Сайкин**  
(ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет  
им. В.И. Ленина»)

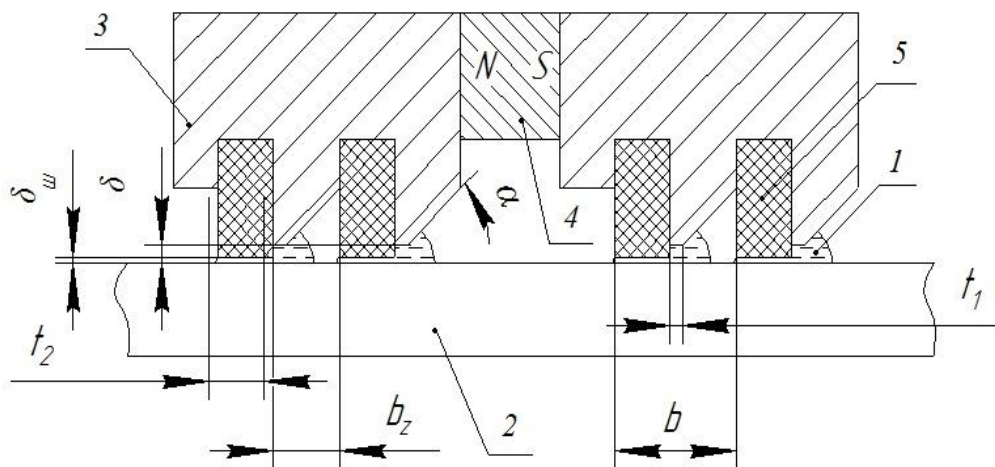
## РАСЧЁТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ МАГНИТОЖИДКОСТНОГО ГЕРМЕТИЗАТОРА ВОЗВРАТНО-ПОСТУПАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ ДЛЯ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Для решения задач, связанных с изготовлением особо чистых материалов, применяются вакуумные технологии. Для надежной герметизации вводов вакуумного электротехнологического оборудования, совершающих возвратно-поступательное движение, предлагается использовать магнитожидкостные герметизаторы (МЖГ). Их основное отличие от традиционных типов уплотнений заключается в полном отсутствии натеканий, при этом герметизаторы обеспечивают степень вакуумирования до  $10^{-7} - 10^{-8}$  мм.рт.ст.

В настоящее время МЖГ, предназначенные для герметизации валов совершающих вращательное движение, нашли широкое применение для узлов различного технологического оборудования.

При герметизации валов с возвратно-поступательным движением происходит унос магнитной жидкости (МЖ) из рабочего зазора. Это связано с действием силы, обусловленной межмолекулярным взаимодействием материала вала и МЖ. Она значительно превышает величину пондеромоторной силы, которая удерживает МЖ в рабочем зазоре герметизатора.

Поэтому разработка конструкции МЖГ возвратно-поступательного движения выдвигает требования, при которых необходимо обеспечить постоянство объема МЖ в рабочем зазоре при перемещении ввода. Для решения этой задачи предлагается конструкция, в которой совместно с МЖГ используется газодинамическое уплотнение (рис. 1). Магнитная жидкость 1, заправлена в рабочий зазор  $\delta$ , образованный между наружной цилиндрической поверхностью вала 2 и внутренней цилиндрической поверхностью полюсных приставок 3, на которых выполнены зубцы в форме прямоугольных трапеций. К внутренним торцевым поверхностям полюсных приставок примыкает постоянный магнит 4. В полюсных приставках выполнены пазы, в которых установлены шайбы 5 из немагнитопроводного материала, например, фторопласта. Величина зазора между валом и внутренними цилиндрическими поверхностями шайб составляет  $\delta_{ш}=0,05$  мм.



**Рис. 1.** МЖГ с газодинамическими сопротивлениями

Для расчета распределения магнитного поля МЖГ использовалась среда ELCUT. Перепад давлений единичного зубца МЖГ определяется по формуле:

$$\Delta P_1 = M_{so}(B_{max} - B_{min}),$$

где  $B_{max}, B_{min}$  – максимальная и минимальная индукция под зубцом МЖГ,  $M_{so}$  – начальная намагниченность МЖ.

Суммарный перепад давлений МЖГ определялся по формуле:

$$\Delta P_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n \Delta P_i$$

При выполнении расчётов выбирались следующие размеры магнитной цепи МЖГ: диаметр штока 80 мм,  $\delta=0,15$  мм,  $\delta_{ш}=0,05$  мм,  $t_1=0,3$  мм,  $b_z=3$  мм,  $t_2=2$  мм,  $\alpha=45^\circ$ . Марка магнитов: Ч-36Р с остаточной индукцией  $B_r=0,9$  Тл и коэрцитивной силой  $H_c=540$  кА/м. Материал магнитопровода – Сталь 10, с индукцией насыщения 2,1 Тл в поле 50 кА/м. Намагниченность МЖ  $M_{so} = 40$  кА/м. Максимальная магнитная индукция под зубцом ограничивалась величиной 1 Тл. В ходе численных исследований были найдены размеры постоянного магнита, и определён его наружный диаметр равный 95 мм.

Полученные результаты можно использовать при проектировании размеров и выборе материалов магнитной цепи МЖГ электротехнологических установок.

*С. А. Сырбу, А. Г. Азовцев, А. Х. Салихова*

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

## СПОСОБЫ ЗАЩИТЫ ОБОРУДОВАНИЯ С НЕФТЬЮ ОТ КОРРОЗИИ

Анализ статистических данных показывает, что с каждым годом в нефтяной и газовой промышленности растет число взрывов и пожаров, связанных с самовозгоранием пиррофорных сульфидов железа. Сульфиды железа образуются в технологическом оборудовании, резервуарах, нефтяных скважинах в результате взаимодействия продуктов коррозии с сероводородом, содержащимся в сернистой нефти.

Наиболее опасно образование пиррофорных отложений в резервуарах хранения нефти, где их самовозгорание может привести к воспламенению паровоздушной смеси и взрыву.

Пиррофорные отложения на поверхности оборудования представляют собой слоистые или пористые твердые образования. На поверхности отложений кристаллизуется элементарная сера, являясь теплоизолятором и повышая способность к самовозгоранию. Активность пиррофорных отложений, т.е. склонность к самовозгоранию, определяется их химическим составом.

Отложения, образующиеся при участии коррозионных процессов на внутренней металлической поверхности резервуара, содержат сульфиды железа от FeS до FeS<sub>2</sub>, оксиды железа FeO<sub>3</sub> и FeO<sub>4</sub>, нефтепродукты и свободную серу. Они образуются на внутренней поверхности стенок и кровли резервуара, где металл контактирует с сернистой нефтью и ее парами.

Исследования методом оптической микроскопии показали, что в составе исходных отложений по всей их толще присутствуют множественные блестящие геометрически правильные кристаллы. Кубическая форма кристаллов и их окраска позволяют предположить, что это сульфиды железа типа пирит или марказит.



Состав пирофорных отложений определяется условиями их формирования, которые, в зависимости от места положения в резервуаре, могут заметно отличаться.

Основная часть коррозионных отложений, образовавшихся в верхней части резервуара, представлена сульфидами железа типа  $FeS_x$ . Одновременно с сульфидами железа в состав коррозионных отложений в небольшом количестве входят его оксиды или гидроксиды. В коррозионных отложениях, образовавшихся на стенках резервуара, количество сульфидов железа существенно меньше. Их основной составляющей является железов окисленной форме.

Пирофорные соединения, способные к самовозгоранию при контакте с кислородом воздуха, могут образоваться при хранении в резервуаре сернистых нефтепродуктов. Активность пирофорных отложений определяется температурой возгорания их при окислении кислородом воздуха. Пирофорные соединения образуются путем химического соединения железа с сероводородами элементарной серой. При наличии сероводорода в нефтепродукте пирофорные соединения образуются на поверхности металла, омываемой как жидкой, так и паровой фазой в резервуаре. Пирофорные соединения способны образоваться в течение сравнительно короткого времени, поэтому очистка резервуара от старых коррозионных отложений не может предохранить их от пирофорных явлений.

Активность пирофорных соединений возрастает с повышением температуры окружающей среды. Пирофорные соединения плохо проводят тепло, и теплота, выделяющаяся при окислении аккумулируется в массе отложения, что приводит к ее разогреву до опасной температуры. Медленное окисление кислородом воздуха или поддержание во влажном состоянии являются надежным методом обезвреживания образовавшихся пирофорных соединений. Критерием активности пирофорных соединений является температура саморазогрева и температура самовоспламенения.

Агрессивное воздействие нефти и нефтепродуктов разрушает стенки и днища нефтяных резервуаров и трубопроводов со скоростью свыше 1мм в год. Этот процесс приводит к техногенным авариям с тяжёлыми экологическими последствиями.

Таким образом, необходимо предложить способы коррозионной защиты внутренней поверхности резервуаров с целью предотвращения образования пирофорных отложений.

Как известно, наиболее распространённым способом защиты конструкционных материалов от разрушающего воздействия коррозионной среды является нанесение лакокрасочных покрытий. В ходе патентного исследования были изучены различные виды антикоррозионных покрытий и выявлен ряд основных недостатков этих покрытий: невысокая адгезионная прочность покрытий к металлу; многоступенчатость; непродолжительность защитного действия; слабая противокоррозионная эффективность; трудоёмкость; недолговечность покрытия в условиях колебания температуры окружающей среды и воздействия агрессивных факторов; также некоторые композиции имеют низкую температуру хрупкости, вследствие чего уже даже при  $+5^{\circ}C$  из-за «дыхания» резервуаров для хранения нефти и нефтепродуктов на защитном покрытии образуются трещины.

Эксплуатационные свойства лакокрасочных покрытий во многом определяются качеством подготовки поверхности перед окраской. Этот этап особенно важен при создании коррозионностойких покрытий, поскольку наличие жировых загрязнений снижает смачиваемость поверхности лакокрасочным материалом, в результате адгезия покрытия с поверхностью снижается. Под покрытием может образовываться гигроскопические вещества, которые способствуют созданию условий для осмотического перемещения влаги из окружающей атмосферы через слой покрытия, в результате защитные свойства такого покрытия ухудшаются. Если на металлических конструкциях имеются, к тому же, остатки ржавчины, то под плёнкой покрытия начинают активно протекать коррозионные процессы. Следы окалина тоже значительно снижают свойства покрытий, т.к. в присутствии влаги окалина способствует локализации процесса электрохимической коррозии (по отношению к стали она является катодом).



При выборе лакокрасочного покрытия необходимо, чтобы оно влияло на качество нефтепродукта, обладало стойкостью к воздействию воды и атмосферного воздуха в условиях эксплуатации резервуара. Лакокрасочное покрытие должно обладать адгезией грунтовок к металлу резервуара и совместимостью грунтовок и эмалей.

В данной работе нами предлагается нижеприведенная рецептура эмали и грунтовки для защиты нефтерезервуаров - эпоксидная эмаль БЭП-610. На рис. 1 приведена рецептура состава. Эмаль наносится при температуре от +10°C до + 30°C и относительной влажности не более 80%.

Особенности состава.

Обладают высокими противокоррозионными свойствами. Срок службы системы покрытия, состоящего из одного слоя грунтовки Б-ЭП-0237 и одного слоя эмали Б-ЭП-433 (при нанесении механизированным способом) или одного слоя грунтовки и двух слоев эмали (при нанесении кистью) при общей толщине покрытия не менее 400 мкм, составляет не менее 10 лет. Материалы тиксотропные, позволяют наносить покрытие нужной толщины за 1 слой. Низкое содержание летучих веществ не более 3%. Материалы трудновоспламеняемые, невзрывоопасны.

<b>ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА</b>		<b>2633</b>		<b>Партия №</b>				
Наименование материала: _____		<b>БЭП-610 нефт.</b>						
<b>Основа.</b> Схема технологического процесса <b>30 л бисерная мельница, 3 замеса</b>				<b>Цвет</b>	<b>н/сл. не менее</b>	<b>Степень пер., н/б</b>	<b>лет.% не более</b>	
				<b>кр.кор.</b>	0,5	50 <b>шттр. б/вкл.</b>	5	
Наименование компонентов	Рецептура на загрузку, кг (заполняется технологом)			Фактическая загрузка, кг (заполняется аппаратчиком)				
	1 стадия	2 стадия	3 стадия	1 стадия	2 стадия	3 стадия		
DER 324 (YD-114)	187,7							
Смола 164 (ЭД-20,128, 19-02)	149,2							
660x80 (136*80)	291,5							
<u>Аэросил</u> Н-15 (TS 610,R 974)	14,0							
МТ 10-80		362,6						
Сурик		137,6						
Барит		21,0						
ЕФКА 3236		2,332						

Рис. 1 Технологическая карта получения состава

Подготовительные работы:

Поверхность металла должна быть зачищена от ржавчины, окалины, окислов металла и т.п. до степени 2 по ГОСТ 9.402-2004 (поверхность должна иметь равномерную шероховатость, металлический блеск, допускается более темный оттенок металла на участках, где была окалина) и обезжирена до степени 1 по ГОСТ 9.402-2004 (отсутствие следов жира на фильтровальной бумаге после протирки поверхности). Очистку проводят пескоструйной или дробеструйной обработкой, допускается очистка корд-щетками. Для обезжиривания поверхность металла обрабатывается уайт-спиритом и просушивается, не допускается использовать для обезжиривания легколетучие растворители. Если окраска производится сразу после дробеструйной (пескоструйной) обработки, обезжиривание можно не проводить, при этом рекомендуется предварительно обезжирить особо загрязненные участки. Максимальный промежуток времени между подготовкой поверхности и окраской -1 сутки. Возможно нанесение грунтовки Б-ЭП-0237 по грунтовке ВЛ-023, выдержанной не менее 3-х суток. Непрочно держащееся покрытие грунтовкой ВЛ-023, а также выдержанное более 3-х месяцев, следует обработать абразивно-шлифовальными средствами.

**Окраска:**

Перед применением оборудование необходимо выдерживать при температуре  $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$  в течение суток. Необходимо убедиться, что основы материалов хорошо перемешаны и однородны по всему объему тарного места. Для приготовления композиции отвердитель смешать с основой в соотношении, указанном в сертификате качества на каждую партию материала, и тщательно перемешивать не менее 10 минут. Полученную смесь выдерживают в течение 20 минут при температуре нанесения. Подготовленную грунтовку наносят на поверхность защищаемого материала безвоздушным распылением или кистью при температуре окружающего воздуха от  $10^\circ\text{C}$  до  $30^\circ\text{C}$ . Допускается при нанесении кистью введение смеси этилового спирта с ацетоном в соотношении 1:1 по объему или другого, пригодного для эпоксидных материалов растворителя в количестве не более 8% по массе. Металл окрашивают одним слоем грунтовки и одним-двумя слоями эмали. Межслойная сушка до степени 3 по ГОСТ 19007-73 (до исчезновения отлипа; 24-36 часов при  $20^\circ\text{C}$ ). Максимальный перерыв между окраской слоев — 3 суток после высыхания последнего слоя. Если перерыв больше, рекомендуется зашкурить поверхность до матовости и обеспылить. Для разбавления грунтовки, эмали и промывки инструмента можно использовать растворители: 646, Р-4, Р-5. Перед началом эксплуатации покрытие выдерживают в течение 15-45 суток в зависимости от температуры окружающего воздуха (от  $>20^\circ\text{C}$  до  $10^\circ\text{C}$ ).

**ЛИТЕРАТУРА**

1. ГОСТ 19007-73 Материалы лакокрасочные. Метод определения времени и степени высыхания
2. ГОСТ 9.402-2004 Межгосударственный стандарт. Единая система защиты от коррозии и старения покрытия лакокрасочные подготовка металлических поверхностей к окрашиванию.
3. *Бояров А.Н.* Механизм формирования и защита от самовозгорания пирофорных отложений в вертикальных резервуарах (на примере ОАО «Самаранефтегаз»): автореферат дисс. ... кандидата технических наук. – Уфа, 2010. – 24 с.
4. *Худякова Л.П.* Прогнозирование безопасности эксплуатации трубопроводов и резервуаров, работающих в сероводородсодержащих рабочих средах»: дис. ... канд. техн. наук. - Уфа, 2004. – 143 с.

***А. О. Таратин, А. В. Топоров***

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

**НОСИМОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ СОЗДАНИЯ  
ВОЗДУШНО-МЕХАНИЧЕСКОЙ ПЕНЫ**

В настоящее время в мире существует огромное множество различных средств и технологий пожаротушения. И это множество с каждым годом пополняется все новыми, улучшенными и более совершенными изобретениями. Сегодня степень совершенства оборудования играет важную роль в ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, так как порой компактность оборудования или его мощность и другие важных характеристики помогают выиграть те секунды, что так необходимы людям, попавшим в аварии или иные бедствия.

В связи с данной проблемой постоянно возникает потребность в изобрести чего-то нового, того, что может и в самом деле стать полезным при ликвидации чрезвычайных ситуаций. В связи с этим актуальной задачей является разработка новых средств пожаротушения.

Предлагаемое изобретение состоит из воздуходувки бензиновой, наспинной емкости для транспортировки раствора пенообразователя с водой и соединительного шланга, вмонтированного в ствол бензиновой воздуходувки, в конце которого установлена мелкоячеистая сетка.

Комплектующие механизмы и принцип действия данного изобретения довольно просты. Бензогенератор воздушно – механической пены представляет собой воздуходувку бензиновую, которая является компрессорной техникой с цилиндропоршневой системой, предназначенной для подачи чистого воздуха под давлением. К стволу воздуходувки подсоединена емкость, наполняемая через отверстие, в верхней части бака раствором, который подается в ствол. За счет такого явления, как эжекция - передача кинетической энергии от одной среды, движущейся с большей скоростью, к другой, в следствии чего происходит выкачивание смеси из емкости. После попадания в ствол, под высоким давлением раствор проходит через мелкоячеистую сетку, которая диспергирует данную смесь точно так же как генератор пены средней кратности – 600 (ГПС-600), таким образом образуя воздушно-механическую пену.

Такая пена может быть использована при тушении пожаров на промышленных предприятиях, складах, в нефтехранилищах, на транспорте и на других авариях, поскольку она имеет следующие достоинства как средство тушения:

- существенное сокращение расхода воды;
- возможность тушения пожаров больших площадей;
- возможность объемного тушения;
- повышенная (по сравнению с водой) смачивающая способность;
- при тушении пеной не требуется одновременное перекрытие всего зеркала горения,

поскольку пена способна растекаться по поверхности горящего материала.

Из всего выше изложенного возможно выделить отличительные и важные характеристики предложенной конструкции:

- компактность;
- относительно не большие габариты;
- автономность;
- простота в эксплуатации;
- ценовая доступность;
- простота механизма работы устройства;
- элементарный процесс дозаправки огнетушащим веществом.

Итак, рассмотрев механизм и принципы работы, составные элементы, отметив все плюсы и произведя анализ и сравнение нашего нового аппарата с другими, нетяжело заметить, что, пожалуй, главным его достоинством можно считать- мобильность, быструю дозаправку и ценовую доступность. Благодаря первым двум критериям, мы порой можем выиграть те, так жизненно важные для кого-то секунды на пожаре. Исходя из всего сказанного, можно предположить, что он будет практичен, удобен и прост в использовании его по ликвидации различного рода аварий и чрезвычайных ситуаций.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Теребнев, В.В.* Справочник руководителя тушения пожара. Тактические возможности пожарных подразделений. - М.: Пожкнига, 2004. - 256 с.
2. *Плат, П.В.* Методические рекомендации по изучению пожаров, 2013. – 19 с.

*Е. А. Ульянова, В. П. Зарубин, И. А. Легкова, В. Е. Иванов*  
(ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»)

## **О ВОЗМОЖНОСТИ УВЕЛИЧЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ И ИЗНОСОСТОЙКОСТИ РЕДУКТОРОВ ПОЖАРНОЙ ТЕХНИКИ**

Для преобразования вращательного движения с уменьшением частоты вращения и увеличением крутящего момента в машиностроении применяют редукторы различного типа. В пожарной технике редукторы нашли широкое применение в системах различного рода подъемных и поворотных приводных механизмов. В редукторе имеется одна или несколько систем передач с зацеплением и постоянным передаточным числом. Именно от типа этих передач зависит тип редуктора. Для каждого конкретного привода необходимо выбирать определенный вид передачи редуктора, правильный выбор которой влияет не только его надежность и производительность, но и долговечность [1]. Ошибки при расчете могут привести к преждевременному выходу его из строя передачи или всего привода. Поэтому работу по расчету и выбору редуктора нужно проводить с учетом многих факторов, таких как: расположение редуктора в пространстве, условия его работы, рабочую и предельную температуру в процессе эксплуатации.

Проведя расчеты, можно подобрать оптимальный редуктор под конкретный привод, обеспечивающий необходимый срок службы механизма. Однако даже правильно выбранный редуктор необходимо грамотно эксплуатировать и своевременно проводить его техническое обслуживание, что бы исключить преждевременный выход передачи из строя. Для обеспечения плавного хода, защиты от износа, коррозии и граничного трения редукторы необходимо обрабатывать специальными смазочными материалами. Продажа смазок для редукторов осуществляется многими заводами и предприятиями, как иностранными, так и отечественными. Каждая смазка имеет свои характеристики и свою специфику, и выбрать наиболее подходящую бывает не так-то просто. Все смазочные материалы для редукторов можно разделить на два вида: жидкие и полужидкие, или пластичные. Смазка жидкими материалами может производиться тремя способами, самый простой и универсальный из которых смазка окунанием, когда червяк или колесо погружается в масло на некоторую глубину.

Смазка редукторная полужидкой консистенции представляет собой загущенное нефтяное масло с добавлением композиции антифрикционных и противоизносных присадок. Редукторные пластичные смазки обычно наносятся путём закладки и меняются через определённые промежутки времени, обозначенные в паспорте механизма. Смазка редукторная незаменима в тех узлах, где невозможно использование жидких смазочных материалов. Это может быть связано с особенностями строения агрегата, когда масло не в состоянии удерживаться в узле из-за сил тяжести, либо с условиями работы: при высоких температурах жидкая смазка быстро испариться и защитная масляная плёнка исчезнет.

Редукторная смазка в несколько раз увеличивает срок службы редуктора, уменьшает потери энергии при трении и предохраняет узел от проникновения посторонних частиц. В механизмах, испытывающих повышенные нагрузки, используются пластичные смазки со специально подобранным комплексом присадок. Как правило, это твёрдые присадки и полимеры, обеспечивающие максимальную несущую способность смазки, высокие показатели адгезии и антикоррозийные свойства. Большую роль играет температурный диапазон применения смазки, который обычно колеблется от  $-50$  до  $+120^{\circ}\text{C}$ . Перспективными твердыми наполнителями к редукторным маслам и смазкам можно отнести геомодификаторы трения.

Мелкофракционный порошок природного модификатора трения вводят в смазку редуктора. При работе, частицы наполнителя попадают в тонкие зазоры между поверхностями трения, производят их микрошлифовку, убирая следы износа. Процесс сопровождается

сильным разогревом поверхностей, которому способствует выделение внутренней энергии при разрушении частиц наполнителя. Высокие температуры размягчают поверхности трения вплоть до их перехода в пластическое состояние. В размягченные слои внедряются твердые частицы минералов, образуется композит «металл-минералы», который обычно называют металлокерамикой [2]. Однако такие преобразования происходят на микроуровне и не влекут за собой общего значительного повышения температуры узла трения. Применение металлокерамических добавок к трансмиссионным маслам и смазкам положительно влияет на работу редукторов. Такого рода наполнители можно использовать как в новых передачах, для проведения обкатки, так и в эксплуатируемых для продления срока службы. Использование таких препаратов в момент обкатки значительно снижает время необходимое на приработку пар трения, кроме этого на поверхности деталей образуется защитный модифицированный, устойчивый к истиранию слой с низким коэффициентом трения. При обработке редукторов с пробегом, металлокерамические наполнители к маслам позволяют частично восстановить поверхности трения, улучшая рабочие характеристики двигателей. Показателем положительного влияния наполнителей является снижение трения и как следствие снижение температуры, снижение шума. Уменьшение температуры положительно влияет на физико – химические свойства смазки. Масла меньше окисляются и испаряются. Смазка не теряет своих смазывающих свойств, масляная пленка на поверхности трения более стабильна. Кроме этого образованный металлокерамический слой на поверхностях трения исключает контакт металл – металл во время пуска редуктора. Это значительно продлевает срок службы передачи.

Большинство металлокерамических добавок к маслам в своей основе содержат мелкодисперсный порошок природного минерала серпентина. Использование природного геомодификатора сопровождается рядом недостатков. А именно: трудоемкий и энергоемкий процесс измельчения минерала; сложность отделения частиц асбеста который, как известно, обладает фрикционными свойствами; большой разброс содержания отдельных компонентов (магния, кремния, асбеста, железа, никеля, базальта, шамота и др). Во избежание этих проблем и недостатков предлагается использовать в качестве наполнителя к маслам и смазкам искусственный серпентин, полученный в условиях лаборатории [3].

Лабораторные триботехнические исследования порошков природного и искусственного наполнителей показали, что смазочные композиции, содержащие искусственный аналог геомодификатора обладают лучшими триботехническими свойствами, чем смазки с природным наполнителем. Коэффициент трения, интенсивность изнашивания пары трения значительно снижаются, а микротвердость поверхности трения возрастает. Свободный от примесей, мелкодисперсный наполнитель, к маслам, полученный в условиях лаборатории, не задерживается фильтрами и, попадая в зону трения, образует на поверхностях трения защитный металлокерамический слой. Образованный слой с высокой микротвердостью и низким коэффициентом трения значительно снизит интенсивность механического истирания поверхности трения, а также позволит защитить детали передач от химического разрушения. Однако, использование искусственного наполнителя к трансмиссионным маслам в редукторных передачах, в большей мере сводится к созданию защиты на поверхностях деталей. Восстановительные свойства у такой смазки не высокие. Т.е. для продления срока службы деталей редуктора использовать такого рода смазку необходимо с момента обкатки. У зубчатых передач с пробегом, применение металлокерамического наполнителя, может не дать положительного результата. В этом случае, рекомендуют применять металлоплакирующие присадки к трансмиссионным маслам. Но применение таких присадок имеет ряд недостатков. Одним, из которых является невысокая твердость образованного защитного слоя. В процессе эксплуатации он истирается и для возобновления требует проводить повторные обработки.

Поэтому, перспективным направлением является создание смазочных материалов, имеющих преимущества и металлоплакирующих присадок и минеральных наполнителей.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гулиа, Н.В. Детали машин. /Н.В. Гулиа – М.: Издательский центр «Академия», 2010.
2. Мельников, В.Г., Исследование влияния на микротвердость поверхности пар трения смазочных композиций, наполненных порошками силикатов/ В.Г. Мельников, В.В. Терентьев, В.П. Зарубин // Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2007. Т.50. Вып.1. – С. 110-111.
3. Зарубин, В.П. Перспективы применения нанопорошков силикатов в смазочных материалах, используемых в пожарной технике / В.П. Зарубин, В.В. Киселев, А.В. Топоров, П.В. Пучков, А.А. Мельников // Пожаровзрывобезопасность. Том 22, №5, 2013. – С.65-69.

**А. М. Филатов, Н. В. Третьякова**

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

### ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ИЗДЕЛИЙ МЕТОДОМ ИОННОГО АЗОТИРОВАНИЯ

Азотирование с большим эффектом используется для повышения износостойкости, твердости, усталостной прочности, коррозионной и кавитационной стойкости различных материалов (конструкционных и инструментальных сталей, жаропрочных сталей, спеченных металлокерамических сплавов, немагнитных сталей и др.) во многих отраслях машиностроения.

Прогрессивной технологией является *ионное азотирование*.

Ионное азотирование – метод химико-термической обработки изделий из стали и чугуна, позволяющий получать диффузионные слои нужного состава путем использования разных газовых сред. Сущность этого метода заключается в том, что в герметичном контейнере создается разреженная азотосодержащая атмосфера. Внутри контейнера размещают азотируемые детали, которые подключают к отрицательному полюсу источника постоянного напряжения. Они играют роль катода. Анодом служит стенка контейнера. Между катодом и анодом включается высокое напряжение (500...1000 В). В этих условиях происходит ионизация газа. Положительно заряженные ионы азота устремляются к отрицательному полюсу – катоду. Электрическое сопротивление газовой среды вблизи катода резко возрастает, и создается очень высокая напряженность электрического поля. Ионы азота, входя в зону высокой напряженности, разгоняются до больших скоростей и, соударяясь с деталью (катодом), внедряются в ее поверхность. Высокая кинетическая энергия, которую имели ионы азота, переходит в тепловую. В результате деталь за короткое время (15...30 мин) разогревается до температуры 470...580 °С, при которой происходит диффузия азота вглубь металла. При соударении ионов с поверхностью детали происходит выбивание ионов железа с ее поверхности. Благодаря этому происходит очистка поверхности от окисных пленок, препятствующих азотированию.

По сравнению с газовым азотированием ионное азотирование обеспечивает: сокращение продолжительности обработки в 2...5 раз; снижение хрупкости упрочненного слоя; сокращение расхода рабочих газов в 20...100 раз; сокращение расхода электроэнергии в 1,5...3 раза; снижение коробления и деформации деталей при сохранении шероховатости поверхности в пределах Ra 0,63...1,2 мкм; простоту и надежность экранной защиты от азотирования неупрочняемых поверхностей.

Упрочняющей обработке методом ионного азотирования подвергаются детали во многих отраслях промышленности. Ионное азотирование – эффективный метод упрочняющей обработки изделий из легированных конструкционных сталей

Цементация, нитроцементация и ТВЧ-закалка оправдывают себя при изготовлении тяжело нагруженных деталей (зубчатые колеса, оси, валы и др.) низкой и средней точности, не требующих последующей шлифовки. Указанные виды обработки экономически нецелесообразны при изготовлении средне- и низконагруженных высокоточных деталей, так как наблюдается значительное коробление и требуется последующая шлифовка. Соответственно, при шлифовке необходимо снимать значительную толщину упрочненного слоя. Ионное азотирование позволяет существенно снизить коробление и деформацию деталей при сохранении шероховатости поверхности в пределах  $Ra\ 0,63\dots 1,2$ , что позволяет использовать его как финишную обработку.

Применительно к станкостроению, ионное азотирование зубчатых колес в существенной мере снижает шумовые характеристики станков, повышая их конкурентоспособность на рынке. Шестерни, подвергнутые ионному азотированию, имеют лучшую стабильность размеров по сравнению с цементованными шестернями и могут использоваться без дополнительной обработки. При этом несущая способность боковой поверхности и прочность основания зуба соответствуют цементованным шестерням.

Ионное азотирование аустенитных дисперсионно–твердеющих сталей типа 55X10Г15СМ2Ф2Р проводится при температуре  $560\ ^\circ\text{C}$  в течение 16 часов. Предварительно проводится полный цикл термической обработки (закалка с температуры  $1150\ ^\circ\text{C}$  и старение при температуре  $750\ ^\circ\text{C}$  в течение 4 часов), возможно проведение только закалки, в этом случае ионное азотирование совмещается со старением.

Глубина и твердость азотированного слоя на сталях бескремнистого раскисления несколько выше, а твердость больше, чем на сталях обычной выплавки, что связано с измельчением зерна при бескремнистом раскислении стали. Наибольшая твердость и глубина упрочненного слоя получены при совмещении процессов азотирования и старения. В этом случае происходит выделение нитридов и карбонитридов легирующих элементов непосредственно из твердого раствора. При таком механизме образуется дисперсные включения нитридной фазы, что обеспечивает повышение твердости.

Оптимизация химического состава аустенитных сталей позволяет увеличить глубину азотированного слоя и повысить его твердость.

Ионное азотирование применяется при изготовлении режущего инструмента. Наиболее благоприятной структурой азотированного слоя быстрорежущих сталей является мартенсит, насыщенный азотом, и карбиды. Чем больше толщина азотируемого слоя, тем выше стойкость инструмента, но глубина азотируемого слоя не должна быть больше  $10\dots 20\ \mu\text{м}$ , чтобы избежать сколов режущей кромки при высоких значениях твердости. Стойкость протяжек из стали Р18 в различных состояниях при обработке деталей из стали 13Х11Н2В2МФ оценивается по числу деталей, обработанных до затупления режущей кромки: без азотирования – 120, при ИПА – 440, после первой переточки – 440, после второй-пятой – 220. Ионное азотирование повышает стойкость инструмента примерно в 2 раза. Ионное азотирование режущего инструмента из стали Р6М5 при  $400\ ^\circ\text{C}$  в течение 40 мин в 2 раза повысило его стойкость при точении труднообрабатываемых сплавов (ВТ-1, ХН73МБТЮ).

При использовании ионного азотирования повышается твердость, теплостойкость и износостойкость стали. Повторное азотирование проводится только для инструмента, который перетачивается по передней и задней режущей грани. Ионное азотирование быстрорежущих сталей обеспечивает большое упрочнение, чем обычное азотирование, при значительно меньшем охрупчивании, что определяется структурными особенностями: небольшой толщиной гетерофазной диффузионной зоны (до  $50\ \mu\text{м}$ ). Ионное азотирование не приводит к охрупчиванию паяного инструмента.

Ионное азотирование является также одним из основных методов увеличения долговечности штампового инструмента и литейной оснастки из сталей 5ХНМ, 4Х5В2ФС, Х12М, и др. В результате ионного азотирования можно улучшить следующие характеристики изделий:

- для ковочных штампов для горячей штамповки и пресс-форм для литья металлов и сплавов – повышается износостойкость, уменьшается прилипание металла;
- для пресс-форм для литья алюминия под давлением – азотированный слой препятствует прилипанию металла в зоне подачи жидкой струи, процесс заполнения формы является менее турбулентным, что увеличивает срок службы пресс-форм, а отливка получается более высокого качества.

Ионное азотирование штампов горячего деформирования проводится при температурах 500...600 °С в течение 2...12 часов. Насыщающая атмосфера состоит из 80...97 % N<sub>2</sub> и 3...20 % H<sub>2</sub>. Давление в рабочей камере составляет 100...1000 Па. Свойства поверхностного слоя зависят от режима азотирования.

Ионное азотирование штамповых сталей, целесообразно проводить при температурах 500-550 °С, так как при этом не происходит упрочнение сердцевины. С увеличением толщины слоя обеспечивается рост теплостойкости и износостойкости; лучшее сопротивление термической усталости обеспечивается при небольших слоях. При весе штампов более 100 кг толщина слоя должна быть ~ 0.2...0.25 мм; при выходе штампа из строя из-за низкой разгаростойкости и износа оптимальная толщина слоя ~ 0.14...0.17 мм. Ионное азотирование штампов повышает их стойкость примерно в 3 раза. Число штамповок до выхода штампа из строя: без азотирования 800...1000, при ионном азотировании – 4000. После ионного азотирования при 500...600 °С в течение 8...10 ч стойкость штампа из стали 4Х5В2ФС возросла в 3 раза при штамповке заготовок из титановых сплавов ВТ3-1, ВТ20 и никелевого сплава ХН77ТЮР.

Ионное азотирование штампов холодного деформирования целесообразно для инструмента, работающего без ударных нагрузок при повышенных температурах. Стали Х12, Х12М, Х12Ф подвергают объемной термической обработке (закалке на вторичную твердость и отпуск при 500 °С). Азотирование осуществляется при температуре 470...490 °С, разупрочнение сердцевины при этом не происходит (HRC 60-62); глубина упрочненного слоя составляет 0,2 мм. Поверхностный слой, твердый и достаточно вязкий, повышает стойкость инструмента, не схватываясь и не привариваясь к обрабатываемой поверхности.

Таким образом, ионное азотирование – эффективный метод упрочняющей обработки изделий из легированных конструкционных сталей: деталей топливной, гидро- и пневмоаппаратуры, прямозубых, конических и цилиндрических шестерен, зубчатых венцов, валов, муфт, валов-шестерен сложной геометрической конфигурации, и др., а также штампового инструмента и литейной оснастки из штамповых сталей и инструмента из быстрорежущих сталей.

*Р. И. Харламов, П. В. Дудин*

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

### **ВЛИЯНИЕ ИНГИБИТОРОВ КОРРОЗИИ НА ДЕСТРУКЦИЮ СТАЛИ (ст3) В РАСТВОРАХ ПЕНООБРАЗОВАТЕЛЯ**

Коррозия металлов и сплавов в агрессивных средах наносит огромный ущерб мировой экономике. В результате коррозии преждевременно выходят из строя нефте-, газо- и водопроводы, металлические конструкции, аппараты, машины и оборудование.



Прямые потери от коррозии (потери стоимости выбывших из строя основных фондов, затраты на противокоррозионную защиту, на капитальные и текущие ремонты по причине коррозии) в промышленно развитых странах составляют 2–5% национального дохода, потери металлофонда – 15–30% его ежегодной выплавки. Косвенные потери, согласно ориентировочным расчетам превышают прямые в 1,5 – 2 раза [1].

Несмотря на большие возможности, которыми располагает современная техника защиты металлов, расходы, связанные с коррозией металлических изделий, конструкций и оборудования весьма велики.

Ежегодные затраты на защиту от коррозии оборудования из стали достигают примерно 20% стоимости вновь изготовленных сооружений и тенденция роста этих затрат не уменьшается [2]. Поэтому разработка мероприятий, направленных на повышение коррозионной стойкости металлов и изделий из них, является весьма актуальной задачей.

Научно-исследовательские работы по проблеме коррозии металлов в различных агрессивных средах ведутся, в основном, по следующим направлениям:

- создание новых коррозионно-стойких конструкционных материалов;
- разработка способов защиты от коррозии конструкций, оборудования и материалов

[3].

В настоящее время, вызывает интерес разработка средств технического контроля и обеспечения защиты конструкций и оборудования от коррозии металлов. Наиболее важно это для химической и нефтехимической промышленности, с целью увеличения эксплуатационных ресурсов химического оборудования путем своевременного диагностирования и защиты [4].

Целью данной работы является: возможность снижения коррозии стали (Ст3) в растворе пенообразователя (ПО-6ТС-М) путем введения в пенообразующий раствор ингибирующих добавок. Для достижения поставленной цели необходимо:

1. Исследование коррозионного поведения углеродистой стали в растворе пенообразователя.
2. Определение факторов, влияющих на скорость коррозии стали.
3. Подобрать ингибирующую добавку, обеспечивающую уменьшение скорости коррозионных процессов.

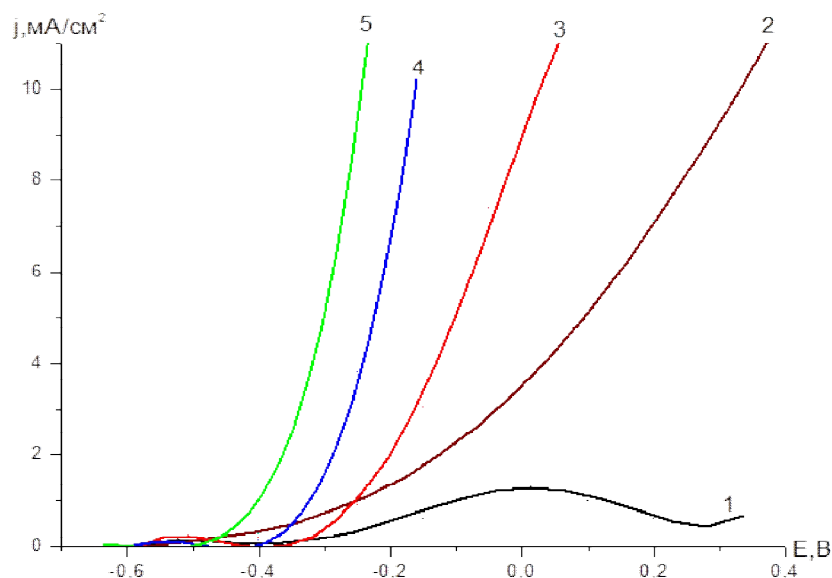
Как правило, протекание коррозионного процесса ярко выражено в растворах электролитов (морская вода, растворы кислот, щелочей, солей). Проведенный анализ коррозионно – активных сред показал, что разрушение металла под воздействием коррозии быстрее протекает в щелочных растворах.

Скорость коррозии можно снизить изменением свойств коррозионной среды. Это достигается путем введения в коррозионную среду небольших добавок специальных веществ, так называемых замедлителей или ингибиторов коррозии. Тормозящее действие ингибитора может быть связано либо с окислением поверхности металла, либо в связи с образованием пленки труднорастворимого соединения между металлом и окислителем.

Целью работы является изучение влияния ингибирующих добавок, вызывающих снижение коррозионной активности раствора пенообразователя (ПО-6ТС-М), на химическую деструкцию стали (Ст3).

Установив параметры и механизм протекания коррозионного процесса стали в растворе пенообразователя, провели серию опытов (потенциодинамический метод) при комнатной температуре и при скорости развертки потенциала  $V = 2 \cdot 10^{-3}$  В/с, по определению действия нескольких ингибирующих добавок на процесс протекания химической деструкции стали. Полученные потенциодинамические анодные поляризационные кривые на электроде из Ст 3 в растворе пенообразователя, содержащего ингибирующие добавки показаны на графике (рис. 1).

Установили, что добавка слабого органического соединения класса антипиренов действует на процесс таким образом, что после небольшого растворения металла происходит его пассивация, а значит и скорость коррозии уменьшается, потенциал начала пассивации  $U_{н.п.}=0,01В$ , и предельная плотность тока коррозии  $j=0,13 \text{ мА/см}^2$ .



**Рис. 1.** Результаты экспериментальных исследований: 1- антипирен (0,5); 2 - 8-оксихинолин (1); 3 - бензотриазол 1,2,3 (1) ; 4 - Perkacit MBT (1); 5-TMT-15(0,5);  $V=2 \cdot 10^{-3} \text{ В/с}$ ;  $T=298 \text{ К}$

Проанализировав экспериментальные данные по определению рабочей концентрации ингибирующей добавки, определили, что содержание добавки 0,5 г/л является оптимальным.

Параллельно поляризационным исследованиям проводили эксперименты по определению отрицательных показателей изменения массы ( $K_m$ ). Подготовленные образцы стали погружали в растворы на месяц. Через месяц измеряли убыль массы, а затем рассчитывали показатель изменения массы и токовый показатель коррозии. Анализ экспериментальных данных показал, что при оптимальной концентрации ингибирующей добавки скорость коррозии стали Ст3 в растворе пенообразователя снижается в 220 раз.

Таким образом, использование слабого органического соединения класса антипиренов с концентрацией 0,5 г/л в качестве ингибитора, позволяет уменьшить скорость коррозии стали в 220 раз, вследствие пассивирования корродируемой поверхности, что позволит увеличить надежность и облегчить процесс хранения пенообразователя в емкостях на предприятиях химической промышленности.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Алексеев С.Н.* Коррозия и защита арматуры в бетоне. М.: Стройиздат, 1968, С.35-37.
2. *Герасименко А.А.* Защита от коррозии, старения и биоповреждений машин, оборудования и сооружений: Справочник: В 2 т. Т. 1. М.: Машиностроение, 1987, 345 стр.
3. *Герасименко А.А.* Защита от коррозии, старения и биоповреждений машин, оборудования и сооружений: Справочник: В 2 т. Т. 2. М.: Машиностроение, 1987, С.457-458.
4. *Сухотина А.М., Арчакова Ю.И.* Коррозионная стойкость оборудования химических производств. Нефтеперерабатывающая промышленность.: Справочное руководство. Л.: Химия, 1990, С.58.
5. *Жук Н.П.* Курс теории коррозии и защиты металлов. М: Металлургия, 1976, С.54.

**Г. В. Чекан**

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

## ОБЗОР СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

В настоящее время наиболее широкое распространение в России и за рубежом нашли следующие теории, технологии и программные комплексы моделирования и расчета вероятностных показателей надежности сложных технических систем [1].

1. Технология и программные комплексы, которые используют в качестве исходных данных для описания функционирования технических систем «деревья отказов» и «деревья событий». Примерами таких программных комплексов являются: «RISK SPECTRUM», Швеция; «SAPHIRE», США.

2. Технология и программные комплексы, которые используют в качестве исходных данных для описания функционирования технических систем «деревья успеха». Примером такого программного комплекса является «WINDCHILL FTA» (ранее «RELEX FT/ET»), США.

3. В другой версии программного комплекса «WINDCHILL RBD» (ранее «RELEX RBD») для постановки задач моделирования используется специальная блок-схема работоспособности (безотказности) исследуемой технической системы.

4. Отечественный программный комплекс «АРБИТР» («АСМ СЗМА»), основанный на общем логико-вероятностном методе и новой информационной технологии автоматизированного структурно-логического моделирования системного анализа.

Описанные выше технологии моделирования обобщенно представлены на рис. 1. Стоит отметить, что все представленные в рамках обзора, программные комплексы иностранной разработки имеют свою специфику и определенную сложность в освоении. Специализированные отечественные разработки по некоторым критериям превосходят зарубежные аналоги и находят применение при проектировании в наиболее ответственных отраслях, например в атомной энергетике [2]. Однако широкому распространению данных программных продуктов не способствует относительно высокая стоимость «лицензии».

Несмотря на то, что в настоящее время существует достаточное количество специализированных программных комплексов для оценки надежности технических систем, разработки в этом направлении являются актуальными. В частности, ни один из вышеописанных программных комплексов не использует в качестве расчетного математического аппарата топологический метод.



**Рис. 1.** Технологии моделирования сложных технических систем

Это связано в первую очередь с тем, что его использование для анализа надежности сложных технических систем, функционирование которых описывается многосвязными графами переходов и состояний весьма трудоемко.

Данная проблема была решена в рамках развития топологического метода [3], а созданные эффективные алгоритмы были реализованы в авторском программном продукте «DoRI\_CL» [4]. С его помощью были проведены расчеты показателей надежности различных технических систем.

В заключении стоит отметить, что использование сложных в освоении и дорогостоящих специализированных программных комплексов для исследования и оценки характеристик надежности оправдано только в тех отраслях, где отказ оборудования может вызвать серьезные последствия (например, в атомной энергетике). Для проектов, в которых отказ оборудования не влечет столь серьезных последствий, возможно использование авторских программных продуктов, стоимость которых не соизмерима со специализированными, а ограниченный набор функциональных возможностей компенсируется простотой освоения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Применение программного комплекса АРБИТР в задачах проектной оценки надежности структурно-сложных систем / Нозик А.А., Можяев А.С., Струков А.В., Гладкова И.А. // Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики: Вып. 67. Актуальные проблемы надежности систем энергетики / Минск, 2015.

2. АРБИТР. Программный комплекс автоматизированного структурно-логического моделирования и расчета надежности и безопасности систем (ПК АСМ СЗМА), базовая версия 1.0 // Разработчик и правообладатель: ОАО «СПИК «СЗМА», Санкт-Петербург. Автор Можяев А.С. Свидетельство об официальной регистрации в РОСПАТЕНТ РФ № 2003611101 от 12 мая 2003. – 1 с. Аттестационный паспорт № 222 от 21 февраля 2007 г. Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор) РФ. – 6 с.

3. 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.

4. Чекан Г.В., Лобанов М.А. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ: «Расчет показателей надежности технических систем» (DoRI\_CL) №2015611559. Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 30 января 2015 г.

*Л. С. Шакарян, М. В. Гомонай, А. Н. Макурин*  
(ФГБВОУ ВО «Академия гражданской защиты МЧС России»)

## К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ ПОЖАРАХ

Повышение устойчивости рамных железобетонных конструкций (ЖБК) зданий и сооружений, пострадавших в результате природных и техногенных катаклизмов или терактов является актуальной задачей.

Для решения этой задачи необходимо разработать новую технологию усиления поврежденных несущих элементов ЖБК, которая позволила бы не только восстановить первоначальную прочность поврежденного сооружения и проектный срок его эксплуатации, но и значительно увеличить его несущую способность и долговечность, а также устойчивость при воздействии новых ЧС.

В статье в качестве примера приводится вариант усиления железобетонных колонн складского цеха камвольного комбината, разрушенных от воздействия пожара.

Оценка технического состояния несущих и ограждающих конструкций цеха проводилась путем визуального и инструментального детального обследования с использованием склерометрических, ультразвуковых методов и методов акустической эмиссии [1,2].

Результаты обследования показали:

Цех камвольного комбината, построенный в конце 50-ых годов прошлого века, проектировался без учета воздействия сейсмической нагрузки и пожаров в виду не совершенствования в то время карт сейсмического районирования, в результате чего в проекте цеха не была предусмотрена возможность учета воздействий землетрясения бальностью свыше 6. В 2012 г. в результате пожара все несущие конструкции цеха получили значительные повреждения, а колонны пришли в аварийное состояние. От высокой температуры пламени в колоннах образовались многочисленные сквозные и закрытые трещины с шириной раскрытия от 0,1мм до 7 мм. Почти по всей поверхности колонн образовались сплошные сетки волосяных трещин, сколы бетона с оголением арматуры, корродирование бетона, частичное крошение бетона в местах замоноличивания фундамента. Склерометрический и ультразвуковой методы неразрушающего контроля показали, что прочность монолитного бетона колонн значительно снизилась по сравнению с проектной. Очень сильно пострадали колонны вблизи наружных стен в местах очага пожара. Все деревянные остекленные оконные и дверные проемы были сожжены.

Для выбора оптимального варианта усиления аварийных колонн необходимо было произвести расчет их прочности и несущей способности с учетом результатов детального обследования и натурных измерений, а также с учетом того, что камвольный комбинат, согласно уточненным картам сейсмического районирования, расположен в регионе воздействия сейсмической нагрузки в 8 баллов, взамен спроектированной шестибальной сейсмической нагрузки.

Авторами был предложен следующий вариант усиления колонн:

- 1) Полностью удалить бетон в местах крошения и корродирования.
- 2) Тщательно очистить оголенную и поврежденную от пожара стальную арматуру.
- 3) Удалить с поверхности колонн бетон из мелких трещин с отслаиванием защитного слоя бетона в результате воздействия высоких температур пожара.
- 4) Раскрыть и расширить по возможности все вертикальные и наклонные трещины.
- 5) Обработать поверхности бетона пескоструйным аппаратом, а затем тщательно промыть водой под напором.
- 6) Все места удаленного бетона, трещины и сколы заделать эпоксидно - цементной замазкой.
- 7) По периметру колонн в местах стыка с фундаментом удалить все слои пола.
- 8) Всю поверхность колонн отштукатурить эпоксидно - цементным раствором толщиной 1,5-2мм.
- 9) В соответствии с данными расчета усилить колонны новой арматурой, способной выдержать землетрясение в 8 баллов.

Учитывая сильное повреждение колонн и низкую прочность бетона, усиление произвести с помощью устройства стальной обоймы с термонапряженными металлическими планками и установкой железобетонной четырехсторонней обоймы. Усиление стальной обоймы произвести комбинированным способом: вначале по углам колонны по всей высоте установить стальные уголки расчетного сечения на эпоксидно – цементном растворе и крепко прижать их к колонне с помощью гладкой стальной арматуры. Поперечные стальные планки толщиной 4мм и шириной 40мм, нагретые до температуры 110-120°C приварить к вертикально установленным уголкам с шагом 300мм. При охлаждении уголки прижмутся к стойке рамы, образуя предварительно напряженную планками систему.

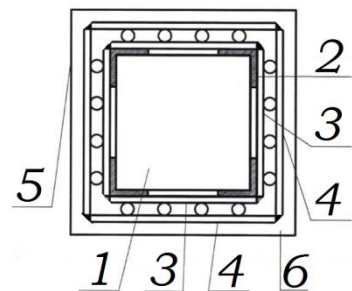
10) Для дополнительного усиления колонн до расчетного значения величин изгибающих моментов, поперечных и нормальных сил необходимо изготовить железобетонную обойму, которая со всех сторон охватывает колонну, плотно сжимающую ее при усадке бетона и в дальнейшем работая как единый элемент. Основными несущими элементами железобетонной обоймы являются четыре плоских сваренных каркаса с расчетной продольной рабочей арматурой класса А-III диаметром от 25 мм до 32 мм в зависимости от необходимого суммарного расчетного сечения. Поперечная арматура каркасов выполняется из стержней класса А-II диаметром от 14 до 22 мм, с шагом 200 мм вблизи нижней и верхней части. Продольные стержни каркасов точечной сваркой привариваются к планкам стальной обоймы, а сами каркасы привариваются друг к другу в углах сваркой, образуя единый цельный четырехугольный каркас.

11) Обетонирование колонны производится торкретбетоном марки В30 двумя слоями толщиной 30-35 мм и суммарной толщиной 60-70 мм в зависимости от диаметра рабочей арматуры и размера защитного слоя бетона. На рис.1 приведена конструкция разработанного варианта усиления колонн.

#### Выводы:

1. Предлагаемый вариант усиления колонн позволит более чем в три раза увеличить их прочность и несущую способность, в то время, как существующее в настоящее время методы усиления способны увеличить несущую способность колонн не более, чем на 70%.

2. Усиленные колонны железобетонной рамы способны выдержать землетрясение с интенсивностью 8 баллов вместо 6, а проектный срок эксплуатации увеличить до 30 и более лет.



**Рис. 1.** Вариант усиления колонны: 1 - усиливаемая колонна; 2 - уголок; 3- термобетонная планка; 4 - каркас К-1; 5 - торкретбетон В30; 6 - сварка поперечной арматуры каркасов

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Л.С. Шакарян, С.Л. Ляшенко, С.Б. Федотов. Разработка предложений по усилению рамных железобетонных конструкций, пострадавших в результате ЧС. Отчет о НИР. АГЗ МЧС России, Химки 2014 г.

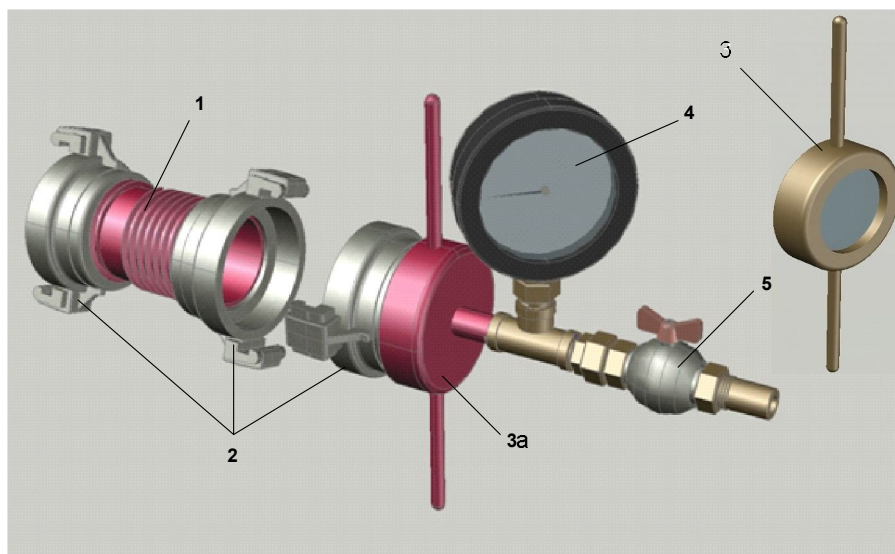
2. А.Н. Макурин, Л.С. Шакарян «Основы строительного черчения, расчета конструкций, обследование и усиления сооружений». Учебное пособие. АГЗ, Новогорск- 2000г. – 120с.

**Д. В. Шалчус, А. А. Покровский, В. В. Кичайкин**

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

#### УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ ПОЖАРНЫХ РУКАВОВ

Одним из видов технического обслуживания напорно-всасывающих рукавов является их испытание на давление и разрежение. С этой целью проведены расчеты устройства, которое может быть использовано для испытаний напорных и напорно-всасывающих рукавов на разрежение и давление. Устройство для испытаний напорно-всасывающих рукавов (УИР), представленное на рис.1 состоит из следующих основных частей: секция с прибором освещения – 1, соединительные полугайки – 2; насадка для испытания давлением – 3а; насадка для испытания разрежением – 3б; манометр – 4; сливной кран – 5.



**Рис. 1.** Устройство для испытания напорно-всасывающих рукавов на разрезание и давление (УИР)

Одним из основных расчетных геометрических параметров является толщина стенки секции с прибором освещения. Расчет проводится при условии работы секции под избыточным и внешним давлением.

Толщина стенки секции с прибором освещения при ее работе под избыточным давлением:

$$S_1 = \frac{P_1 D}{2[\sigma] \varphi_p - P}, \quad (1)$$

где  $D$  - внутренний диаметр секции;  $P_1$  - избыточное давление;  $[\sigma]$  - допускаемое напряжение;  $\varphi_p$  - коэффициент прочности сварного шва.

Допускаемое напряжение определяется по формуле:

$$[\sigma] = \eta \frac{\sigma_T}{n_T}, \quad (2)$$

где  $\eta = 0,7$ ;  $\sigma_T$  - предел текучести материала;  $\sigma_T = 245$  МПа;  $n_T$  - коэффициент запаса прочности;  $n_T = 1,5$ .

$$[\sigma] = \frac{245}{1,5} \cdot 0,7 = 114 \text{ (МПа)},$$

$$S_1 = \frac{0,8 \cdot 80}{2 \cdot 114 \cdot 1 - 0,8} = \frac{64}{227,2} = 0,28 \text{ мм}$$

Расчетное значение толщины стенки должно быть больше на величину прибавки  $c$ , которая учитывает коррозию материала и технологию изготовления:

$$S = S_1 + c = 0,28 + 2 = 2,28 \text{ мм}$$

Толщина стенки секции с прибором освещения при ее работе под внешним давлением:

$$S_2 = \frac{1,1 P_2 D}{2[\sigma]}, \quad (3)$$

где  $P_2$  - внешнее давление;

$$S_2 = \frac{1,1 \cdot 0,18 \cdot 80}{2 \cdot 114} = 0,07 \text{ мм}$$

$$S = 0,07 + 2 = 2,07 \text{ мм}$$

По результатам проведенных расчетов окончательно принимаем толщину стенки секции равной 3 мм.

Расчет толщины стенки насадки для испытания давлением:

$$S_{нд} \geq 0,41 \cdot D_1 \cdot \sqrt{\frac{P_1}{[\sigma]}}, \quad (4)$$

где  $D_1$  - внутренний диаметр насадки для испытания давлением;

$$S_{нд} \geq 0,41 \cdot 85 \cdot \sqrt{\frac{0,8}{114}} = 2,92 \text{ мм}$$

Окончательно принимаем толщину стенки насадки для испытания давлением 4 мм.

Расчет толщины стеклянной стенки насадки для испытания разрезением:

$$S_{нд} \geq 0,41 \cdot D_2 \cdot \sqrt{\frac{P_2}{[\sigma]}}, \quad (5)$$

где  $[\sigma]$  - допускаемое напряжение для органического стекла,  $[\sigma] = 50 \text{ МПа}$  ;  $D_2$  - внутренний диаметр насадки для испытания разрезением.

$$S_{нд} \geq 0,41 \cdot 85 \cdot \sqrt{\frac{0,18}{50}} = 2,09 \text{ мм}$$

Окончательно принимаем толщину стеклянной стенки насадки для испытания разрезением не менее 3 мм.

Расчет резьбовых соединений насадок для испытания давлением и разрезением производится на прочность, так как подвергается в процессе затяжки и эксплуатации нагрузкам. Диаметр резьбы выбирается по конструктивным соображениям, а затем определяется длина свинчивания. Расчет резьбы производится на изгиб, смятие и срез, считая приближенно работу всех витков резьбы, находящихся в контакте в резьбовой паре, равномерной. Расчетная длина свинчивания в резьбовых соединениях насадок из условия ее прочности на изгиб:

$$l' = \frac{kP(d_o - d_1)}{d_1 t \sigma_{нд}}, \quad (6)$$

где  $k$  - коэффициент для трубной цилиндрической резьбы,  $k = 0,685$  ;  $P$  – расчетная нагрузка, воспринимаемая резьбой;  $t$ - шаг резьбы,  $t = 2,309 \text{ мм}$  ;  $\sigma_{нд}$  - допускаемое напряжение на изгиб;



$$l' = \frac{0,685 \cdot 4019 \cdot (81,534 - 78,576)}{78,576 \cdot 2,309 \cdot 85} = 0,528 \text{ мм}$$

Длина свинчивания в резьбовых соединениях насадок из условия прочности на смятие:

$$l' = \frac{1,27Pt}{(d_o^2 - d_1^2)\sigma_{сд}}, \quad (7)$$

где  $\sigma_{сд}$  - допускаемое напряжение смятия;

$$l' = \frac{1,27 \cdot 4019 \cdot 2,309}{(81,534^2 - 78,576^2) \cdot 135} = 0,184 \text{ мм},$$

Длина свинчивания резьбовых соединений насадок из условия их прочности на срез:

$$l' = \frac{0,318P}{kd_1 t \sigma_{сд}}, \quad (8)$$

где  $\sigma_{сд}$  - допускаемое напряжение на срез;

$$l' = \frac{0,318 \cdot 4019}{0,685 \cdot 78,576 \cdot 40} = 0,593 \text{ мм}$$

Длину свинчивания, независимо от расчета, рекомендуется принимать не менее

$$l = 8t \quad l = 8t = 18,4 \text{ мм}.$$

Окончательно принимаем длину свинчивания 18 мм.

Проверку рассчитанного устройства проводим в целом по допускаемому внутреннему избыточному давлению и внешнему давлению.

Определяем допускаемое внутреннее избыточное давление в секции устройства:

$$[P]_{вн} = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot (S - c)}{D + (S - c)}, \quad (9)$$

$$[P]_{вн} = \frac{2 \cdot 114 \cdot (3 - 2)}{80 + (3 - 2)} = 2,81 \text{ МПа}$$

Допускаемое наружное давление, воспринимаемое секцией, определим по формуле:

$$[P]_E = \frac{18 \cdot 10^{-6}}{n_u} \frac{D}{l_{сек}} \left[ \frac{100 \cdot (S - c)}{D} \right]^2 \sqrt{\frac{100 \cdot (S - c)}{D}}, \quad (10)$$

где  $n_u$  - коэффициент запаса устойчивости по пониженным критическим напряжениям в пределах упругости;  $l_{сек}$  - длина секции с прибором освещения;

$$[P]_H = \frac{[P]_{BH}}{\sqrt{1 + \left(\frac{[P]_{BH}}{[P]_E}\right)^2}}; \quad (11)$$

$$[P]_H = \frac{2,81}{\sqrt{1 + \left(\frac{2,81}{2,6}\right)^2}} = \frac{2,81}{1,47} = 1,9 \text{ МПа}$$

$$[P]_E = \frac{18 \cdot 10^{-6}}{2,4} \frac{80}{175} \left[ \frac{100 \cdot (3-2)}{80} \right]^2 \sqrt{\frac{100 \cdot (3-2)}{80}} = 1,5 \cdot 1,56 \cdot 1,12 = 2,6 \text{ МПа}$$

Выполним проверочный расчет отдельных элементов и соединений УИР.

Проверочный расчет секции проведем по сложному напряженному состоянию. Выделим из цилиндрической части секции прямоугольный элемент ABCD, этот элемент будет подвергаться растяжению в двух направлениях: напряжениями  $\sigma'$  по сечениям перпендикулярным к образующим, и напряжениями  $\sigma''$  по сечениям вдоль образующих (рис. 2).

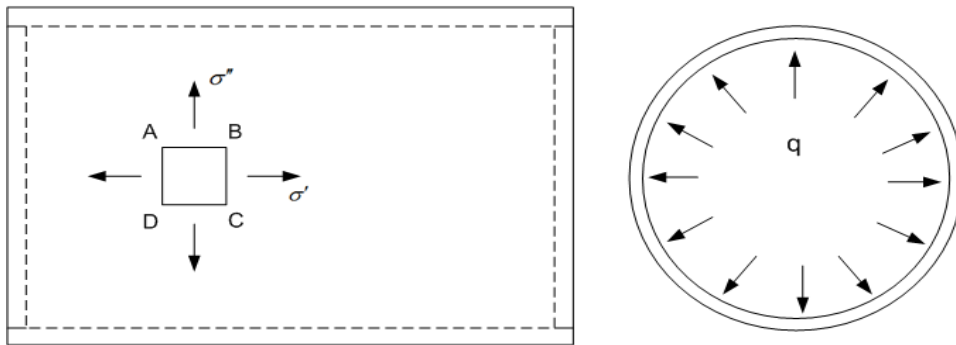


Рис. 2. Секция с прибором освещения

Вычислим эти напряжения. Обозначим через  $D$  диаметр цилиндрической части секции,  $l_{\text{сек}}$  - длина секции,  $S$  - толщина стенок секции. Силы, действующие на насадку для испытания давлением (разрезением) и растягивающие (сжимающие) цилиндрическую часть секции вдоль образующей силы, равны

$$P = P_1 \frac{\pi D^2}{4} \quad (12)$$

$$P = P_1 \frac{\pi D^2}{4} = 4019H$$

$$F = S\pi D \quad (13)$$

$$\sigma' = \frac{P}{F} = \frac{P_1 \frac{\pi D^2}{4}}{S\pi D} = \frac{P_1 D}{4S}$$

Напряжение  $\sigma''$  мы найдем, разрезав секцию диаметральной плоскостью и отбросив насадки для испытания давлением (разрезением). На диаметральной поверхности отброшенных насадок действует давление  $P_1$ . Оно уравновешивается силами  $N$ , растягивающими

материал секции в направлении, перпендикулярном к образующим. Условие равновесия будет  $P_1 D l_{\text{сек}} = 2N$ . Отсюда  $N = \frac{P_1 D l_{\text{сек}}}{2}$

$$\text{и напряжения } \sigma'' \text{ равны } \sigma'' = \frac{N}{S l_{\text{сек}}} = \frac{P_1 D l_{\text{сек}}}{2 S l_{\text{сек}}} = \frac{P_1 D}{2 S}.$$

Напряжения по площадкам, параллельным образующим цилиндрической поверхности секции, в два раза больше, чем в направлении перпендикулярном. Элемент ABCD, вырезанный из стенки секции, испытывает растяжение по двум взаимно перпендикулярным направлениям.

Напряжения  $\sigma'$  и  $\sigma''$  являются главными, так как по соответствующим им сечениям отсутствуют, вследствие симметрии нагрузки и деформации элемента, касательные напряжения.

$$\sigma_1 = \sigma'' = \frac{P_1 D}{2 S} \quad (14)$$

$$\sigma_1 = \frac{0,8 \cdot 80}{2 \cdot 3} = 10,7 \text{ МПа}$$

$$\sigma_2 = \sigma' = \frac{P_1 D}{4 S} \quad (15)$$

$$\sigma_2 = \frac{0,8 \cdot 80}{4 \cdot 3} = 5,3 \text{ МПа}$$

Принимая в качестве допускаемого нормального напряжения  $[\sigma] = 114$  МПа можно сделать вывод, что условие прочности выполняется.

Рассчитаем сварной шов насадки для испытания давлением и сварной шов крепления патрубка к насадке. Расчет швов производят на растяжение по сечению соединяемых деталей без учета возвышений шва

$$\sigma_p = \frac{F}{A} = \frac{F}{\kappa_m} \leq [\sigma_p] \quad (16)$$

где  $\kappa$  - толщина шва (свариваемых деталей);  $l_m$  - длина шва;  $[\sigma_p]$  - допускаемое напряжение на растяжение сварного шва.

Рассчитаем сварной шов по диаметру крышки насадки для испытания давлением:

$$\sigma_p = \frac{4019}{4 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot \frac{95}{2}} = 3,36 \text{ МПа} \leq 70 \text{ МПа}$$

Рассчитаем сварной шов между патрубком и крышкой насадки для испытания давлением:

$$\sigma_p = \frac{4019}{4 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot \frac{22}{2}} = 14,54 \text{ МПа} \leq 70 \text{ МПа}$$

В результате проведенных инженерных расчетов определены основные геометрические размеры устройства для испытаний напорно-всасывающих и напорных пожарных рукавов давлением и разрежением. Определено допускаемое внутреннее и внешнее давление воспринимаемое секцией данного устройства. Расчетные нормальные напряжения, возникающие в секции и сварных швах насадок для испытания давлением и разрежением, не превышают допускаемых значений.

*А. В. Широухов, Н. А. Мороз*  
 (ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России»)

**МЕТОДИКА СИНТЕЗА ОПТИМАЛЬНЫХ СИСТЕМ ЗАЩИТЫ УЗЛОВ И АГРЕГАТОВ ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ ОТ ДИНАМИЧЕСКИХ ПЕРЕГРУЗОК**

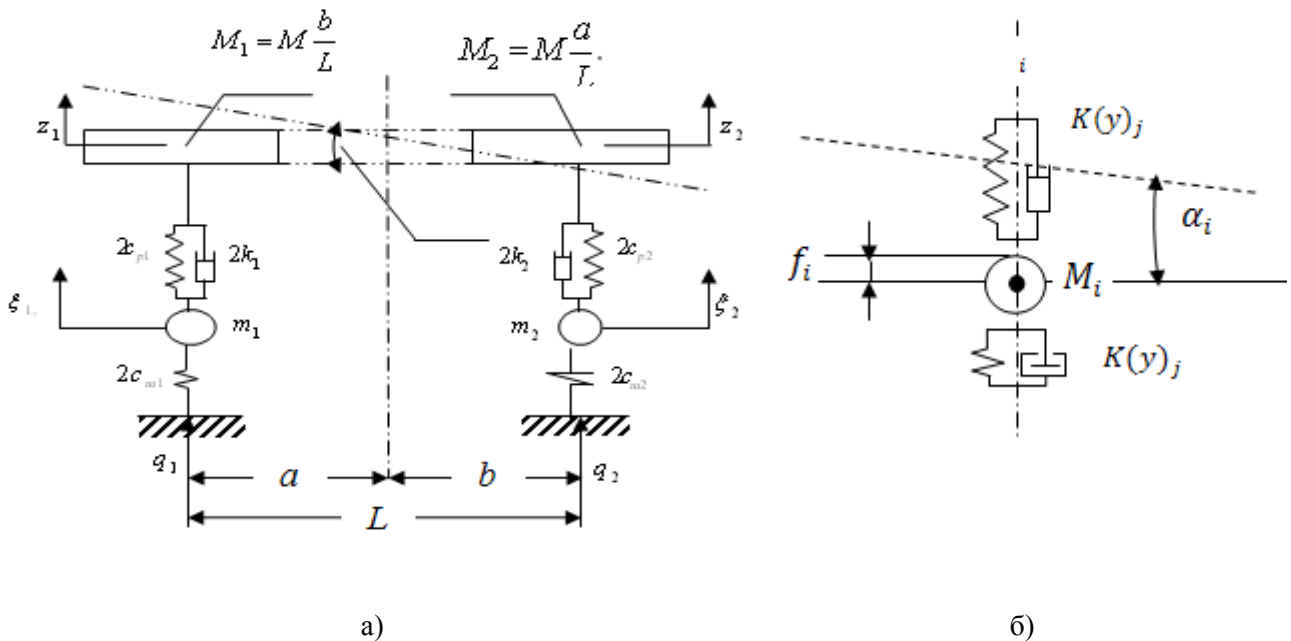
При эксплуатации пожарно-спасательных автомобилей (ПСА) до 70 % времени приходится на движение с повышенными скоростями, в результате чего элементы автомобильного базового шасси (АБШ) подвергаются воздействию динамических нагрузок превышающих значения нормальных рабочих режимов. Возникающие динамические перегрузки приводят в ряде случаев к существенному снижению надежности техники и отказу оборудования, которые существенно удорожают стоимость восстановления работоспособности, так как в 30% случаев являются причиной неремонтопригодного разрушения элементов узлов и агрегатов АБШ и монтируемого оборудования (МО) [1].

Эффективная защита элементов АБШ ПСА от динамических перегрузок при их эксплуатации возможна лишь при условии создания (синтеза) ВС с оптимальными жесткостными и демпфирующими характеристиками. Для решения задачи синтеза рассмотрим пожарно-спасательный автомобиль как многомассовую колебательную систему (рисунок 1а) и упруго закрепленное МО (рис. 1б).

На основе систем дифференциальных уравнений колебательного движения АБШ (рис. 1а) и МО (рис. 1б), приведенных к нормальной форме [2],

$$\dot{\bar{\theta}}_i = F_i(\bar{\theta}; \bar{U}; \bar{Q}; t); \quad \bar{\theta}(t_0) = \bar{\theta}_0,$$

где  $\bar{\theta} = (\theta_1; \theta_2 \dots \theta_n)$  – выходные координаты объекта виброзащиты (агрегата или узла);  
 $\bar{U} = (c_1; c_2 \dots c_n; k_1; k_2 \dots k_n)$  – оптимизируемые параметры динамической системы;  
 $\bar{Q} = (q_1; q_2 \dots q_n)$  – возмущающие функции;  
 $\bar{\theta}_0 = (\theta_{01}; \theta_{02} \dots \theta_{0n})$  – начальные условия.



**Рис. 1.** Схема динамической системы АБШ и МО ПСА

Получаем математические модели динамических систем закрепления узлов и агрегатов АБШ и МО ПСА, работающие в разнообразных режимах.

Задачи синтеза динамических систем с заданной структурой сведены к определению оптимальных значений их параметров  $\bar{U}$  на основе выбранного критерия качества и известных возмущающих функций  $\bar{Q}$ . Применительно к ВС задача состоит в определении жесткостных -  $c_i$  и демпфирующих -  $k_i$  характеристик упругих элементов, входящих в состав динамической системы.

Поскольку, при проектировании подвесок АБШ приходится решать задачу о выборе оптимального соотношения параметров управляемости и комфорта (плавности хода), следовательно, встает вопрос о выборе эмпирических параметров, способных характеризовать качество ВС подвесок АБШ, при этом критерии качества должны правильно отражать цели оптимизации, быть простыми и удобными в вычислительном аспекте.

Для ВС элементов АБШ и МО критериям качества  $I$  приняты функционалы от векторов выходных координат объекта виброзащиты  $\bar{\Theta}$  и оптимизируемых параметров  $\bar{U}$ , то есть  $I = f(\bar{\Theta}; \bar{U})$ .

В соответствии с целями оптимизации критерии качества ВС элементов АБШ и МО применительно к ПСА разделены на три группы [2]. К первой группе могут быть отнесены критерии, обеспечивающие минимизацию динамических нагрузок, действующих на элементы АБШ и МО. Оптимизация параметров виброзащитных систем с целью максимизации скоростей движения ПСА, а также длительные эксплуатации на них элементов АБШ и МО при определенном виде возмущений (например, при движении по одному из типов дорог и т.д.) проводится на основе критериев, относящихся ко второй группе. Оптимизация нерегулируемых ВС с постоянными параметрами проводится на основе более обобщенных критериев, относящихся к третьей группе.

Для решения задач оптимизации использованы глобальные методы случайного поиска, основанные на шаговых алгоритмах [3]:

На основе данных методов оптимизации характеристик и анализа эффективности существующих ВС разработана методика синтеза ВС для защиты агрегатов ПСА от динамических нагрузок [4]:

а) Выбор компоновки ПСА и опор элементов АБШ, выбор типа конструктивной схемы вторичной ВС МО.

б) Выбор расчетных режимов динамических воздействий на АБШ и МО, исходя из условий использования ПСА по прямому назначению.

в) Выбор и обоснование колебательной схемы агрегата, составление дифференциальных уравнений, описывающих движение ПСА при расчетных режимах возмущений.

г) Выбор критериев качества вторичных ВС МО.

д) Определение ограничений.

е) Выбор метода оптимизации.

ж) Определение оптимальных характеристик вторичных ВС ПСА.

и) Выбор типов упругих и демпфирующих элементов.

к) Определение максимальных значений ускорений элементов АБШ и МО и деформаций упругих элементов.

Экспериментальная проверка данных теоретических исследований, показала возможность существенного снижения динамических нагрузок, действующих на элементы АБШ и МО, при использовании подвесок с оптимальными параметрами. Так, при параметрах подвески АЦ-5-40 на шасси КамАЗ 4314, оптимальных для условий ее движения по бульжному шоссе со скоростью 40...45 км/ч ( $\omega_z^* = 8,8 \text{ сек}^{-1}$ ,  $h_z^* = 4,9 \text{ сек}^{-1}$ ), ускорения элементов подвески АБШ по сравнению со штатной могут быть снижены в 1,5...2,0 раза (рис. 2).

Таким образом, разработанные эмпирические критерии оценки качества ВС, позволяют провести на этапе формирования технического предложения объективное сравнение качества различных конструкций виброзащитных систем с учетом условий их дальнейшего применения. Разработанные группы критериев позволяют производить объективную оценку по ряду выходных параметров в зависимости от целей, ставящихся перед ВС при проектировании. Методика, созданная, на основе шаговых алгоритмов оптимизации жесткостных и демпфирующих параметров, позволяет добиться оптимальных результатов при создании систем защиты элементов АБШ и МО ПСА от динамических перегрузок при различных условиях эксплуатации.

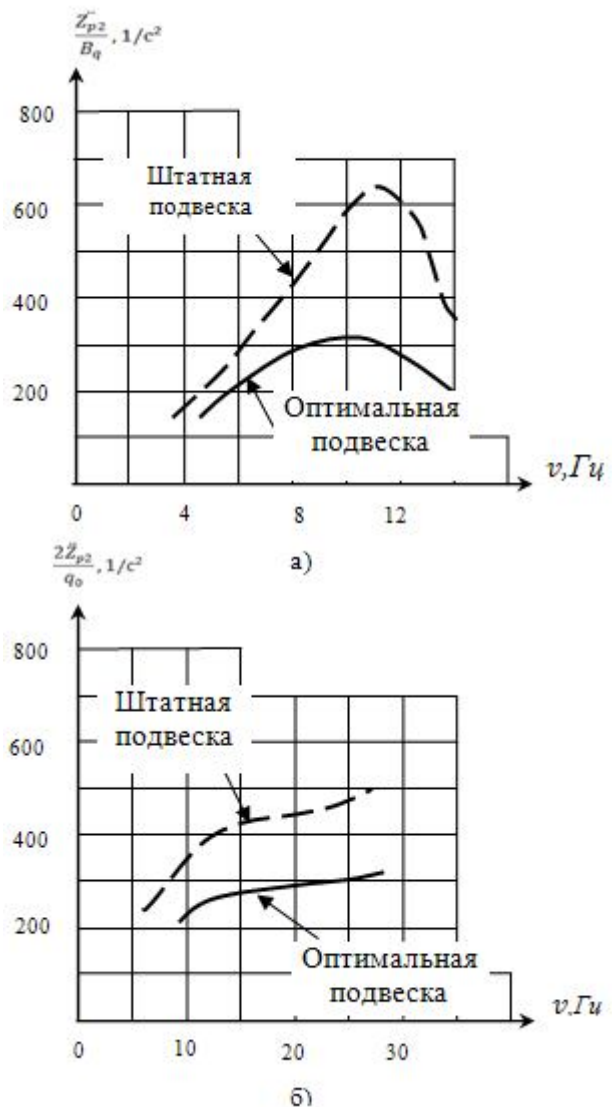
### ЛИТЕРАТУРА

1. *Иванов К.С.* Методика статистического анализа динамических нагрузок, действующих на пожарные автомобили при движении по лесным дорогам: дис...канд.тех.наук:05.26.02/ Иванов Константин Серафимович. М.,2005.-118 с.

2. *Широухов А.В., Иванов К.С.* Эмпирические критерии качества виброзащитных систем пожарно-спасательной техники. /Широухов А.В., Иванов К.С. // Проблемы управления рисками в техносфере». – СПб.: СПб УГПС МЧС России.-2014 г.- № 3, -191 с., ISSN 1998-8990

3. *Широухов А.В., Иванов К.С.* Оптимизационные задачи синтеза виброзащитных систем элементов автомобильных базовых шасси пожарно-спасательной техники. /Широухов А.В., Иванов К.С. //Проблемы управления рисками в техносфере». – СПб.: СПб УГПС МЧС России.- 2015 г.-№3.- 175 с., ISSN 1998-8990

4. *Широухов А.В.* Методика синтеза оптимальных систем защиты узлов и агрегатов пожарно-спасательных автомобилей от динамических перегрузок: автореферат к дис...канд.тех.наук:05.26.03 /Широухов А.В.//.- 2016.- 23с.



**Рис. 2.** Экспериментальные данные по величинам относительных ускорений с оптимальной первичной ВС при периодических (а) и единичных (б) воздействиях (АЦ-5-40, шасси КамАЗ 4314)

## РАЗДЕЛ 2 СМАЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ПРОЦЕССЫ

*К. С. Бурченков, В. В. Новиков, М. А. Колбашов\**

(ФГБОУ ВО «Ивановский государственный университет»,

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

### ЭКРАНИРУЮЩЕЕ ДЕЙСТВИЕ СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ТРЕНИИ И РЕЗАНИИ

В настоящее время считается, что смазочное свойство минеральных масел при трении и при резании обеспечивается различными механизмами. Тем не менее эксперименты свидетельствуют, что СОТС, эффективно снижающие силу резания, и при обычном трении также обеспечивают минимальные силы трения [1, 2]. Мы считаем, что такая корреляция не случайна и основана на едином механизме смазывания трущихся поверхностей в условиях граничного трения. Целью нашей работы является изложение теоретических и экспериментальных доказательств нашей точки зрения.

**Теория.** Общеизвестным является следующее представление о том, каким образом формируется тангенциальная сила на передней поверхности резца. Изучение напряжений в зоне вторичной деформации облегчено возможностью изучения напряженного состояния на контакте по деформациям инструмента, изложенная в работах [3, 4].

Основные теоретические выкладки изложены в работе [5].

Очевидно, что применение СОТС, которое вызывает снижение тангенциальной силы при резании связано исключительно с уменьшением длины адгезионного контакта. Поэтому если сравнивать различие тангенциальных сил при резании всухую и с применением СОТС, это различие будет связано только с различием длин зоны адгезионного контакта при резании всухую и при резании с СОТС. Эту разницу удобно выразить коэффициентом экранирования контакта смазкой при резании.

$$k_{рез} = \frac{F_{\tau}^{смаз}}{F_{\tau}^{сух}} = \frac{l_1^{смаз}}{l_1^{сух}} \quad (1)$$

Если рассматривать обычное граничное трение, то там в отличие от резания застойной зоны не возникает. Однако металлические поверхности контактируют по вершинам шероховатостей. Согласно модели сухого трения Бодена-Тейбора именно адгезия на вершинах микронеровностей приводит к возникновению сил трения [6]. Если перенести эту идею на трение со смазкой оказывается, что давления на микроконтактах вполне достаточно, чтобы как и при резании смазка была вытеснена с вершины смазочный материал и микроконтакт вновь произошел с адгезионным схватыванием [7]. Эффективность действия смазочной среды при трении также удобно выразить безразмерным коэффициентом

$$k_{трени} = \frac{\mu_{смаз}}{\mu_{сух}} \quad (2)$$

**Эксперимент.** Было проведено экспериментальное исследование для сравнения экранирующего действия одних и тех же минеральных масел при трении и при резании. Для испытаний были взяты несколько классов смазочных материалов, применяемых для смазки различных узлов машин. Индустриальное масло — И-12, моторное масло — М-8В, трансмиссионное масло — ТНК SAE 80w90, специальные СОТС — режущие масла ГСВ-1 и СП-7.

Исследование смазочной способности СОТС при резании металлов исследовалось на стенде трибостенд выполненным на основе вертикального сверлильного станка JET JPD-10L с гравитационной подачей. Материалом для обработки служила круглая болванка из стали 40X толщиной 10 мм, инструментом являлось сверло Р6М5 диаметром 6,8 мм, сила прижатия равнялась 270 Н, скорость скольжения равнялась 16,6 м/мин. Принималось, что сила трения при резании будет пропорциональна силе, создающей крутящий момент. Тогда можно записать

$$k_{рез} = \frac{F_{\tau}^{смаз}}{F_{\tau}^{сух}} = \frac{M^{смаз}}{M^{сух}} \quad (3)$$

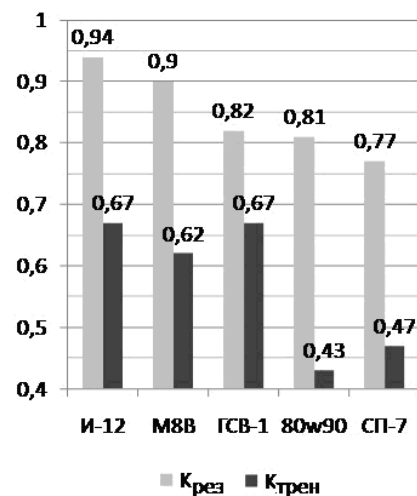
Испытание на трение было выполнено на универсальной машине трения МТУ-01. Для обеспечения высоких контактных давлений была применена схема с концентрированным контактом, в которой насадка из трех жесткозакрепленных закаленных шариков ШХ15 прижималась к пластине из закаленной стали 40X. Диаметр пятен контакта равнялся 1,0-1,1 мм. Сила прижатия варьировалась от 0 до 400 Н. Давление на контакте достигало значений 40 МПа. Скорость скольжения 11,3 м/мин. Результаты исследований представлены на рис. 1.

При исследовании экранирующего действия минеральных масел при трении как и ожидалось наименьшим коэффициентом обладают трансмиссионные масла, содержащие пакеты антифрикционных присадок. Их использование дает экранирующий эффект при трении до 0,43 (рис. 1). При исследовании действия минеральных масел при резании наилучшим смазочным действием обладают режущие масла – специально разработанные СОТС для резания, также содержащие пакеты специальных присадок. Их использование дает экранирующий эффект при резании до 0,77. Видно, что экранирующий эффект смазки при резании менее выражен, чем при трении. Мы считаем, что это различие связано с затруднительным и односторонним проникновением СОТС при резании в отличие от более свободных условий двухстороннего проникновения смазки при меньших размерах зон контакта, что характерно для трения.

Об одинаковом механизме смазочного действия свидетельствует обнаруженная нами корреляция между экранирующими свойствами минеральных масел при трении и при резании (рис. 2):

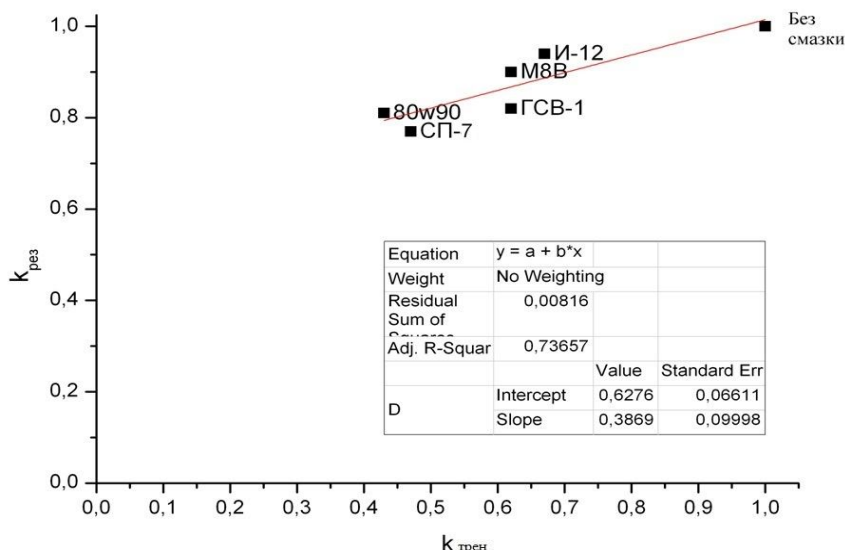
$$k_{рез} = 0,63 + 0,34k_{трени} \quad (4)$$

Коэффициент корреляции значим и равен 0,74. Можно сделать вывод, что исследуемые смазки, проявляющие хорошие свойства при трении будут проявлять такие же свойства при резании.



**Рис. 1.** Диаграмма экранирующего действия различных масел при трении и резании





**Рис. 2.** Корреляция коэффициентов экранирования для испытанных масел при трении и резании

Анализ результатов также показал, что наиболее эффективный смазочный материал для трения – трансмиссионное масло 80w90 не является таковым при резании. В то же время режущее масло ГСВ-1, проявляющее себя хорошо при резании, не является эффективной смазкой для трения. Очевидной причиной этому является различие условий трения и резания по температурам и давления в зоне контакта, а также условия поступления смазки в контактную зону. Поэтому эксперименты на трении при подборе СОТС могут носить только приблизительный оценочный характер их смазочной способности при резании.

**Выводы.** Механизм смазочного действия и при резании минеральных масел и при трении одинаковый и заключается в экранировании адгезии на участках соприкосновения контактирующих поверхностей.

Описать степень эффективности смазки оказывать экранирующее действие и при трении и при резании можно за счет коэффициента экранирования, определяемого отношением силы трения при смазывании к силе трения всухую.

Коэффициент экранирования при резании выше чем при трении, что связано с ухудшением доступа смазки при резании, более высокими контактными давлениями и температурами, что снижает эффективность экранирования.

Экспериментально подтверждена корреляция между коэффициентами экранирования при трении и при резании, что говорит о наличии единого механизма их смазочного действия.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ по проектной части государственного задания вузу № 9.700.2014/К.*

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ражковский А.А., Кисель А.Г., Федоров А.А., Реченко Д.С. Влияние СОЖ на момент трения при обработке резанием стали У8 // Омский научный вестник. 2013 №2 (120) С. 111—114.
2. Кисель А.Г., Федоров А.А., Реченко Д.С. Оценка технологической эффективности смазочно-охлаждающих жидкостей при лезвийной обработке //Механики XXI века Труды XII Всероссийская научно-техническая конференция с международным участием. Братский государственный университет. Братск, 2013 С. 160—161.
3. Колев Н.С. Повышение износостойкости твердосплавных пластин методом ионной имплантации // Вестник ДГТУ. Сер. Трение и износ. 2000. С. 50—55.

4. Механика деформирования и разрушения при резании / Б.В. Барбышев, У.С. Путилова, Р.Ю. Некрасов и др. Под ред. М.Х. Утешева. — Том. 1. Нестационарный процесс резания. — Тюмень: ТюмГНГУ, 2012. — 212 с.
5. *Новиков В.В., Бурченков К.С.* Сравнительные испытания смазочного действия минеральных масел при трении и резании. Физика, химия и механика трибосистем: межвуз. сб. науч. тр. / под ред. В.Н. Латышева. - Иваново : Иван.гос. ун-т, 2015. Вып. 12.—157с.
6. *Боуден Ф., Тейбор Д.* Трение и смазка твердых тел. М.: Машиностроение, 1968.
7. *Komvopoulos K., Saka N., Suh N.P.* The mechanism of friction in boundary lubrication, Trans. ASME, J. Tribol.,107, 4(1985) P. 453—462.

**А. А. Ватлин, В. П. Зарубин, И. А. Легкова, В. Е. Иванов**  
(ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»)

## ПРОБЛЕМЫ ТРЕНИЯ И СМАЗКИ В УЗЛАХ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

Основное назначение смазочных материалов – уменьшение износа трущихся деталей и снижение затрат энергии на преодоление трения. Кроме этого, смазочные материалы выполняют и другие функции: отводят тепло от трущихся деталей, предохраняют детали от коррозии, очищают поверхности трения от продуктов износа и других примесей, герметизируют узлы трения [1].

По наличию и распределению на трущихся поверхностях смазочного материала различают следующие виды трения:

- сухое, когда между трущимися поверхностями отсутствует смазочное вещество;
- жидкостное, при котором трущиеся поверхности полностью разделены слоем смазочного вещества;
- граничное, когда трущиеся поверхности разделены тончайшим молекулярным слоем адсорбированных на них смазочных веществ;
- полужидкостное – переходное между жидкостным и граничными видами трения.

Сухое трение – самое опасное для узлов и механизмов, так как сопровождается резким увеличением износов, потерей энергии на трение, температур и т.д.

Жидкостное трение обеспечивается, если смазывающая жидкость полностью разделяет трущиеся поверхности, т.е. трения между твердыми телами заменяется трением между частицами жидкости. При этом в 10-15 раз снижаются затраты мощности на преодоление трения, резко уменьшаются износ и нагрев деталей, узел трения выдерживает более высокие нагрузки. Работа узла трения, а следовательно, машины в целом становится более продолжительной и надежной. В ряде случаев узел трения может кратковременно работать в неблагоприятных условиях (резкое возрастание нагрузки, перегрев, чрезмерное понижение вязкости масла и др.), при которых гидродинамический слой масла нарушается, и жидкостное трение переходит в граничное.

Полужидкостной смазкой называют такой режим трения, когда наряду с жидкостной имеет место и граничная смазка (например, при пуске и остановке двигателя, неустановившейся нагрузке, резком изменении скоростей). Полужидкостное трение будет наблюдаться при высоких удельных нагрузках и рабочих температурах, низкой вязкости масла, нарушении геометрии деталей, недостаточном поступлении масла, попадании в масло абразивных и механических примесей. Указанные виды смазывания могут встречаться практически во всех узлах трения. И как указано, зависят и от условий работы и от самой смазки. Для правильного подбора смазочного материала в конкретном узле трения необходимо знать какому виду изнашивания подвергаются его детали [1].

Изнашивание (износ) – это процесс, взаимосвязанный с трением, который происходит в результате целого ряда различных явлений, возникающих при перемещении сопряженных трущихся поверхностей.

Принято различать следующие виды изнашивания: механическое (абразивное), молекулярно-механическое и коррозионно-механическое.

Механическим называют изнашивание, образующееся при сопряжении рабочей поверхности с достаточно твердыми телами, которые могут царапать ее или резать.

Молекулярно-механическое изнашивание характеризуется вырыванием частиц рабочих поверхностей в результате их налипания и наволакивания, а также переносом металла с поверхности одного сопряженного тела на поверхность и в приповерхностный слой другого.

Коррозионно-механический износ наблюдается, когда трущиеся поверхности находятся в агрессивной среде (кислот и щелочей), которая химически действует на них, в результате чего наряду с механическим происходит коррозионный износ. При этом продукты химического взаимодействия (оксиды) отделяются при трении или смываются смазочным маслом.

Учитывая вид износа пар трения следует подбирать «правильные» масла, учитывая их вид происхождения и агрегатное состояние. К самой большой группе масел относятся – минеральные, или нефтяные, которых выпускается более 90%. Остальной объем выпускаемых масел занимают растительные, животные и синтетические. Растительные масла получают путем переработки семян определенных растений, вырабатываются касторовое, горчичное и сурепные масла. Животные масла вырабатывают из животных жиров. Органические масла по сравнению с нефтяными обладают более высокими смазывающими свойствами и более низкой термической устойчивостью. Поэтому их чаще используют в смеси с нефтяным. Синтетические масла получают из различного исходного сырья различными методами (каталитическая полимеризация жидких или газообразных углеводородов нефтяного и не нефтяного сырья, синтез кремнийорганических соединений, получение фторуглеродных масел и т.д. Синтетические масла обладают всеми необходимыми свойствами, однако из-за высокой стоимости применяются только в самых ответственных узлах трения.

По агрегатному состоянию смазочные материалы делятся на жидкие смазочные масла, которые в обычных условиях являются жидкостями, обладающими определенной текучестью (нефтяные и растительные масла); пластичные, или консистентные, смазки, которые в обычных условиях находятся в мазеобразном состоянии (технический вазелин, солидолы, констатины, жиры и др.); твердые смазочные материалы, которые не изменяют своего состояния под действием температуры и давления (графит, слюда, тальк и др.) [2]. Происхождение и агрегатное состояние масел, а также действие на пару трения определяет их назначение. По назначению смазочные материалы делятся на моторные моторные, предназначенные для двигателей внутреннего сгорания; трансмиссионные, применяемые в трансмиссиях самоходных и других машин; гидравлические для гидросистем различных машин.

Используя различного рода и назначения масла и смазки в узлах трения машин и механизмов, не все смазочные материалы отвечают возлагаемым на них требованиям. Например в масла, используемые в тяжело нагруженных парах трения, для улучшения их триботехнических свойств добавляют пакет присадок и наполнителей. Перспективным направлением является поиск различного рода добавок преимущественно твердого характера, позволяющих более расширить диапазон работы смазочных материалов. В качестве присадок используется графит, дисульфид молибдена, гексагональный нитрид бора (белый графит) и другие [2, 3].

В последнее время широкое распространение получают металлокерамические материалы как наполнители к маслам и смазкам. Обработка поверхностей трения с помощью природных геомодификаторов зародилась во второй половине прошлого века в России и в настоящее время широко распространена в практике упрочняющей антифрикционной обработки тяжело нагруженных передач, бурового инструмента и т.д.

Геомодификаторы – это порошковые минерало-силикатные композиции на основе подвидов минерала серпентинита. При введении мелкофракционных порошков серпентина на поверхности трения деталей образуется упрочненный металлокерамический слой. Твердые фракции порошка, попадая в тонкие зазоры между поверхностями трения, производят их микрошлифовку, убирая следы износа. Процесс сопровождается сильным разогревом поверхностей, которому способствует выделение внутренней энергии при разрушении серпентина. Высокие температуры размягчают микронеровности поверхностей трения вплоть до их перехода в пластическое состояние. В размягченные слои внедряются твердые частицы минералов, образуется композит «металл-минералы», который обычно называют металлокерамикой. При этом использование такого рода наполнителей значительно улучшают триботехнические свойства масел и смазок снижая коэффициент трения и интенсивность изнашивания.

Область применения минеральных наполнителей очень широка [3]. Проводятся исследования возможности применения геомодификаторов в качестве добавок к приработочным маслам, а также к маслам и смазкам в качестве ремонтно-восстановительных составов. Однако у природных наполнителей имеются недостатки, которые пытаются устранить заменой природных геомодификаторов на их искусственные аналоги. Проведение исследований в этом направлении показали положительные результаты. Использование искусственно полученного модификатора трения в качестве добавки к минеральному маслу привело к снижению коэффициента трения на 10 – 60 %, снижению интенсивности изнашивания на 70 – 85 %, время приработки пары трения сократилось в 1,5 раза. Однако остаются открытыми ряд вопросов: связанных с концентрацией наполнителя в смазке, дисперсностью частиц, влияние модификатора на изменение структуры поверхности трения различных материалов. Поэтому исследование влияния модификаторов трения на триботехнические свойства масел и смазок является актуальной задачей.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Гаркунов, Д.Н.* Триботехника. Износ и безызносность / Д.Н. Гаркунов. – М.: МСХА, 2001. – 616 с.
2. *Заславский, Ю. С.* Новое в трибологии смазочных материалов: Монография / Ю. С. Заславский, В. П. Артемьева. – М.: Нефть и газ, 2001. – 480 с.
3. *Зарубин В.П.* Перспективы применения нанопорошков силикатов в смазочных материалах, используемых в пожарной технике / В.П. Зарубин, В.В. Киселев, А.В. Топоров, П.В. Пучков, А.А. Мельников // Пожаровзрывобезопасность. Том 22, №5, 2013. – С.65-69.

*Д. Н. Вокуев, В. В. Киселев*

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

#### **ВОЗМОЖНОСТЬ РЕАЛИЗАЦИИ БЕЗЫЗНОСНОГО ТРЕНИЯ В ПОЖАРНОЙ И АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКЕ**

Повышение надежности техники является важной хозяйственной задачей. В настоящее время для оснащения формирований МЧС России отечественные предприятия аварийно-спасательного машиностроения предлагают свыше 40 образцов аварийно-спасательных машин различных типов и более 1500 наименований инструмента, приборов, оборудования и имущества для их комплектации. Государство должно быть прямо заинтересовано в том, чтобы российские пожарные и спасатели были мобильными, хорошо экипированными, оснащенными самыми передовыми оборудованием и техникой.

Столь важную и дорогостоящую технику необходимо поддерживать в хорошем рабочем состоянии и в постоянной боевой готовности. Помимо качества изготовления машин и механизмов на срок их службы оказывает влияние и культура обслуживания техники. Обслуживающий технику персонал не всегда информирован о возможностях эффективного влияния на ее качество посредством изменения условий эксплуатации, используя последние достижения в области трибологии, такие как: современные смазочные материалы, специальные средства и технологии. Следует отметить, что в определенной степени это является следствием недостаточной подготовленности и информированности инженерно-технических кадров в данной области, отсутствия даже во многих передовых высших технических учебных заведениях курсов дисциплин по трибологии - науке о трении, изнашивании и смазке машин и оборудования.

Уже длительное время за пределами нашей страны для снижения износа деталей машин начали использовать образующуюся в процессе трения между контактируемыми деталями пленку, образованную мягкими металлами. Отмечается, что образование такой пленки во всех случаях приводит к повышению износостойкости узлов трения, а иногда и к проявлению безызносности. Достижимое повышение износостойкости может быть объяснено осуществлением в зоне трения явления избирательного переноса.

В процессе поиска средств увеличения износостойкости деталей машин в нашей стране открыт избирательный перенос при трении. Избирательный перенос (ИП) – это комплекс физико-химических явлений на контакте поверхностей при трении, который позволяет преодолеть ограниченность ресурса трущихся сочленений машин и снизить потери на трение. ИП есть особый вид трения, который обусловлен самопроизвольным образованием в зоне контакта неокисляющейся тонкой металлической пленки с низким сопротивлением сдвигу и неспособной наклепываться. На пленке образуется в свою очередь полимерная пленка, которая создает дополнительный антифрикционный слой. ИП, его системы снижения износа и трения (системы СИТ), разработанные А. А. Поляковым, не вытекают из ранее имевшихся представлений о трении и изнашивании. Сложность ИП состоит также в том, что ряд его химических и физических процессов не встречался в практике исследований трения. Большинство химических реакций ИП являются гетерогенными, поэтому их изучение затруднено.

Но в то же время ИП имеет в своей основе полезные физико-химические явления и группы явлений (систем). Они подавляют изнашивание, снижают сопротивление сдвигу и обладают свойством самоорганизации, а иногда и способностью к обратной связи с возбуждающей причиной. Их основная ценность состоит в том, что они работают дифференцированно против факторов, ведущих к разрушению поверхности. Почти каждая из систем имеет глубокое содержание; например, система защиты от водородного изнашивания представляет собой целое трибологическое направление.

Традиционной системой снижения износа и трения (СИТ) является самопроизвольное образование слоя смазочного материала при трении с граничной смазкой в результате адсорбции молекул смазочного материала на поверхности. А в ИП имеется максимальное число систем СИТ, и эффект здесь наиболее полный и существенный. Весьма полезным свойством ИП является также свойство работать в средах, где трение при граничной смазке не может эффективно выполнять свои функции. ИП проявляет способность перестройки защитных систем, которые варьируются в зависимости от свойств среды, являющейся исходным материалом для образования системы снижения износа и трения.

Актуальной задачей современного машиностроения является рациональное применение смазочных материалов, определяющих во многих случаях работоспособность и долговечность машин. Сложные условия эксплуатации современных машин резко повысили требования к смазочным материалам. В результате этого получила дальнейшее развитие теория смазочного действия, особенно при граничном трении.

Возникла необходимость глубокого изучения механизмов и закономерностей механического и физико-химического действия смазок различного состава при различных условиях трения. Особое значение приобретает применение присадок к смазочным маслам.

Трение, смазка и износ в машинах органически связаны между собой. Невозможно говорить о решении задачи износостойкости без привлечения представлений теории трения и смазки или о разработке смазочной техники и материалов без понимания сущности явлений трения и износа. Неразрывная связь между задачами трения, смазки и износа всегда выступает на первый план в исследовательских работах, имеющих прикладное направление. Между тем, эти три взаимосвязанные области во многих теоретических работах рассматриваются раздельно как самостоятельные.

В теоретических исследованиях наиболее разработана механическая сторона явлений, при этом физические представления в большинстве случаев противоречивы или недостаточны, химические явления еще менее изучены. Мало используются последние достижения тех дисциплин, которые должны составлять основу науки о трении, смазке и износе, не являющейся самостоятельной среди естественных наук. Ее основные положения и законы должны основываться на синтезе достижений многих смежных дисциплин: механики упругих и пластических сред, реологии, металловедения, физики твердого тела, физической химии, химии поверхностных явлений и др. Таким образом, можем сделать вывод о том, что поле деятельности в данном направлении является чрезвычайно широким.

Однако все эти функциональные присадки к маслам определяют работу узла сопряжения в штатных условиях гидродинамического трения и никаким образом не учитывают реальное состояние поверхности цилиндров, поршневых колец, шеек валов и т.д. Они работают одинаково как для нового, так и для изношенного двигателя, а ведь условия смазывания для различных стадий эксплуатации двигателя сильно отличаются. Эксплуатационный износ поверхностей трения вносит индивидуальные особенности в работу каждого узла трения двигателя.

Применение прогрессивных смазочных материалов позволит добиться значительных положительных результатов, а именно продлить ресурс работы узлов автотранспортной техники до двух раз, резко снизить аварийные разрушения оборудования, сократить затраты на внеплановые ремонты оборудования, экономить горюче-смазочные материалы.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Зарубин В.П., Пучков П.В., Киселев В.В., Топоров А.В., Мельников А.А. Перспективы применения нанопорошков силикатов в смазочных материалах, используемых в пожарной технике. Пожаровзрывобезопасность. Том 22, №5, 2013. – С.65 – 69.
2. Киселев В.В., Мельников В.Г., Замятина Н.И., Бельцова Е.А. Реализация безызносного трения в индустриальных маслах с присадками. // Межвузовский сборник научных трудов «Физика, химия и механика трибосистем». – Иваново, ИвГУ, 2002. – С. 98 – 99.
3. Киселев В.В., Шигорин С.А. О возможностях повышения надежности и износостойкости узлов трения пожарной и аварийно-спасательной техники. // Вестник Ивановского института ГПС МЧС России. – Иваново, 2008. – №1. – С. 22 – 24.

*Н. С. Герасимчук, Т. Ю. Степанова, Т. Г. Шикова*  
(ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет»)

## **ЗАМАСЛИВАЮЩАЯ КОМПОЗИЦИЯ КАК РЕГУЛЯТОР ФРИКЦИОННЫХ СВОЙСТВ ПОЛИПРОПИЛЕНОВЫХ НИТЕЙ**

Механическая переработка синтетических нитей связана со значительными трудностями, и эффективность ее проведения определяется фрикционными свойствами перерабатываемых нитей.

Синтетические нити характеризуются ювенальной поверхностью и соответственно высоким коэффициентом трения по металлу, что приводит к снижению качества готовой продукции. Поэтому возникает необходимость в разработке замасливающих композиций – регуляторов фрикционных свойств синтетических нитей, которые позволяют придать волокнистому материалу новые свойства, улучшающие способность к механической переработке при минимальных затратах. Они представляют собой смазочный материал, включающий в свой состав минеральное масло и поверхностно-активные вещества. Минеральное масло обладает низким поверхностным натяжением, что способствует образованию равномерных граничных слоев на поверхности синтетических нитей. Адсорбционный слой обладает упругостью формы и выдерживает значительные нормальные нагрузки, разделяя контактирующие поверхности нитей и металлических деталей оборудования, снижает коэффициент трения и электризацию синтетических нитей [1-4].

Целью данной работы является использование замасливающей композиции в качестве формовочной подготовки при производстве полипропиленовой нити.

В работе исследовалось влияние 10, 20, 40, 60 и 80 % водных растворов замасливающей композиции на процесс формования и физико-механические характеристики полипропиленовой нити. Полученные растворы замасливателя имеют плотность от 1,01 до 1,06 г/см<sup>3</sup> и поверхностное натяжение от 40,77 до 38,17 мН/м. Следовательно, при использовании данных растворов можно быть уверенными, что они будут равномерно наноситься на поверхность формуемой нити, а коэффициент трения нити по металлу будет незначительно изменяться по ее длине.

Содержание замасливателя на нити определяли весовым методом, путем экстракции известной навески нити кипящим этанолом. Экспериментально установлено, что наилучшие результаты получены при формовании и вытяжке нитей на галетах при использовании 20% водного раствора замасливающей композиции и 4% содержании ее на нити.

Исследования физико-механических показателей замасленных полипропиленовых нитей показали, что наблюдается выравнивание показателей удельной прочности и относительного удлинения с уменьшением концентрации замасливающей композиции в водном растворе. Снижение электрического сопротивления приводит к увеличению электропроводности нити. Обработка синтетических нитей водными растворами содержащими антистатик, повышает их электропроводность в 1000 раз по сравнению с необработанными.

Коэффициент трения полипропиленовых нитей снижается в среднем на 25% по сравнению с необработанными образцами.

Экспериментально установлено, что водные растворы замасливающей композиции на основе минерального масла могут использоваться в виде подготовки при формовании и вытяжке на галетах полипропиленовой нити. Оптимальной является 20% концентрация водного раствора масляной композиции, которая обеспечивает равномерное распределение вещества на поверхности нити и соответственно снижение коэффициента трения и поверхностного электрического сопротивления полипропиленовой нити. Все это способствует повышению прочных свойств материала и качества готовой продукции.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Текстильно-вспомогательные вещества: справочное пособие. Ч 2. / под ред. А. Хвалы, В. Англера. – М.: Легпромбытиздат, 1991. – 432 с. – ISBN 5-7088-355-X.
2. Степанова, Т. Ю. Исследование замазливших композиций для полиамидных нитей / Т. Ю. Степанова, Т. Г. Шикова // «APRIORI. Серия. Естественные и технические науки» - Электронный научный журнал, 2015 - № 2. – <http://apriori-journal.ru/seria2/2-2015/Stepanova-Shikova.pdf> - 19.03.2015.
3. Абрамзон, А. А. Поверхностно-активные вещества: свойства и применение / А. А. Абрамзон. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Химия, 1982. – 752 с.
4. Серебрякова, З. Г. Поверхностно-активные вещества в производстве искусственных волокон / З. Г. Серебрякова. – М.: Химия, 1986. – 192 с.

**В. А. Годлевский**

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

### **СПЕЦИФИКА ЭКСПЛУАТАЦИИ УЗЛОВ ТРЕНИЯ МОБИЛЬНЫХ СРЕДСТВ ПОЖАРОТУШЕНИЯ**

Наличие механических передач свойственно различным мобильным средствам пожаротушения, таких, например, как пожарные автомобили и мотопомпы. Типичным примером такого рода механизмов являются пожарные насосы, имеющие подшипниковый узел ведущего вала рабочего колеса. Для насосов с двумя и более рабочими колесами характерно наличие мультипликатора и дополнительными элементами привода колес. Множество пар трения имеют такие механизмы, как коробки перемены передач, коробки отбора мощности, приводы мостов, поворотные механизмы и т.п.

Для обеспечения надежной работы пар трения этих и других устройств используются смазывание путем применения жидкотекучих трансмиссионных масел или пластичных смазочных материалов. Пожарные автомобили, по сравнению с транспортными средствами общего применения, работают в отягченных условиях. Это, главным образом, «всепогодный» характер работы, возможность аномального теплового воздействия, избыточное увлажнение техники в зоне тушения пожара. Вода в жидком или парообразном виде, может проникать, в особенности при дефектах уплотнительных устройств, в топливные емкости и полости устройств трансмиссии.

Наличие загрязнений водой топлива может приводить к отказу двигателей внутреннего сгорания, а попадание воды в смазочное масло приводит к деградации последнего и многократного снижения износостойкости пар трения. Применительно к пожарной технике избежать подобных последствий можно полной заменой смазочного материала, что приводит к перерасходу масла, к дополнительным затратам по утилизации, к росту потерь использованных материалов и экологического загрязнения окружающей среды. Однако сроки замены смазочного материала регламентированы, наличие загрязнения водой может долгое время не диагностироваться, поэтому возможна работа в течение некоторого времени на масле с присутствием воды? А это означает неизбежное сокращение долговечности узла. В реальных эксплуатационных условиях вода проникает в смазочные и топливные материалы различными путями, например, вследствие конденсации на холоде из воздушной среды. В условиях тушения пожара влажность воздуха может быть локально повышенной. Водное загрязнение накапливается внизу емкостей, при естественном перемешивании способна формировать с углеводородами нестабильные эмульсии [1]. Такой процесс интенсивнее происходит при неполных баках.



Естественным решением для сильно загрязненных емкостей является их очистка, а для потерявших функциональные свойства смазочных масел – полная их замена. При трудных эксплуатационных условиях нормативные сроки замены сокращают. Осложненные условия эксплуатации означают нагруженность трансмиссии, температурный режим, интенсивность загрязнения масла пылью, водой и продуктами износа деталей. Поступающая из атмосферы песчаная пыль, например, усиливает интенсивность абразивного износа.

Было установлено, что при попадании в масло воды даже в количестве до 5 % интенсивность изнашивания подшипника качения увеличивается до двух раз [1], поэтому необходимым условием длительной работы масла является надежная капсуляция узлов трения. Среднестатистические интервалы замены отечественных масел для коробок передач и других агрегатов трансмиссии подвижной техники в зависимости от режима работы составляет 15...50 тыс. км. Рассмотрим более подробно воздействие воды на свойства смазочных материалов и топлив.

При граничном трении добавление в смазочный материал присадок поверхностно активных веществ повышает устойчивость граничного смазочного слоя и способствует снижению интенсивности изнашивания в 1,5-2 раза [2]. При трении с граничной смазкой износ деталей велик. Ввиду наличия неровностей поверхностей, их контактирование происходит на очень малых участках трения, в этом случае контактное давление имеет высокое значение, и тонкая граничная пленка масла не предохраняет поверхности от пластической деформации, что и приводит к износу деталей. Это является недостатком режима граничной смазки. Химическим явлениям принадлежит важная роль в организации смазочного действия. Это подтверждает то обстоятельство, что инертные металлы и стекло плохо смазываются в силу их химической пассивности. Имеются косвенные основания считать, что между металлом и углеводородными маслами протекают реакции, способствующие более прочной связи пленки с основанием [2]. Можно предположить, что также, и вода как примесь будет влиять на протекание трибохимических реакций.

В режиме жидкостного трения возможно воздействие водорода на трущиеся поверхности, который может выделяться из имеющейся адсорбированной воды, а также смазки, топлива, пластмассы. Переход из сверхравновесной концентрации в растворенном состоянии в условиях деформирования в молекулярную форму может совершаться почти мгновенно благодаря динамике образования дефектов [3]. По данным Д.Н. Гаркунова, тепловые, электрические и магнитные явления при трении управляют концентрацией водорода, а следовательно, способны управлять износом. Так, например, явление экзотермической эмиссии из поверхностей трения может способствовать выделению водорода из адсорбированной воды на поверхности трения. Или, например, электрическое поле, возникающее при трении полимера и металла, может быть решающим фактором наводороживания сопряженной с ней в паре трения сталью и др. Поэтому считают, что среди факторов, влияющих на износ при трении, наводороживание может быть преобладающим, особенно для деталей, работающих во влажном климате [2, 4].

Соотношение между водородным изнашиванием и другими механизмами изнашивания при граничной смазке могло быть небольшим, если бы не адсорбция поверхностно-активных веществ (ПАВ), вытесняющих водород с поверхности. ПАВ содержатся в ряде масел и смазок; они также могут образовываться в процессе трибодеструкции на контакте. Торможение процесса проникновения в сталь может осуществляться покрытием активных участков поверхности слоем нейтральных молекул, например, оксида.

Влияние водорода на износ зависит от ряда факторов и в первую очередь от индивидуальных свойств защитных покрытий. В случае, например, воздействия паров воды, разлагающихся на контакте, разрушительное действие водорода усиливается линейно с ростом концентрации паров воды на поверхности трения [2].

Создающаяся при трении одновременно с тепловой электрическая неравновесность, имеющая множество форм, и в частности выражающаяся в явлении экзоэлектронной эмиссии, делает свою часть работы. Некоторые исследователи полагают, что экзоэлектроны, испускаемые поверхностями трения, влияют на молекулы воды, разлагая их на водород и кислород, благодаря туннельному эффекту [5, 6].

При добавлении в смазочный материал ПАВ уменьшается сила трения и поверхностные (упругие) деформации. Если при использовании масла без присадок различие в упругих деформациях при одностороннем и реверсивном трении было большим, то при введении ПАВ это различие резко уменьшается [2]. В агрегатах трансмиссий смазочное масло является неотъемлемым элементом конструкции. Способность масла выполнять и длительно сохранять функции конструкционного триботехнического материала определяется его эксплуатационными свойствами. Общие требования к трансмиссионным маслам определяются конструкционными особенностями, назначением и условиями эксплуатации агрегата трансмиссии [7].

Некоторые исследователи [8, 9] считают, что устойчивость образующихся эмульсий углеводородов зависит не только от концентрации органических стабилизаторов, но и от их коллоидного состояния, которое, в свою очередь, определяется содержанием в нефти парафиновых и ароматических углеводородов и наличием в них веществ, обладающих дефлокулирующим действием.

Исследованиями многих ученых [8, 10] установлено, что стабилизацию обеспечивают: 1) вещества с высокими поверхностно-активными свойствами, которые образуют неструктурированные молекулярные слои, например, нафтеновые и жирные кислоты; 2) вещества с низкими поверхностно-активными свойствами, которые образуют структурированные слои 3) лиофильные коллоидные системы, обладающие определенными упругостью и прочностью и обеспечивающие высокую стабильность эмульсий (асфальтены, асфальтогеновые кислоты и их ангидриды);

Механизм образования агрегативно-устойчивых углеводородных эмульсий и прямого, и обратного типа так же, как и общие вопросы стабилизации и разрушения дисперсных систем, в настоящее время нельзя считать окончательно выясненными. В то же время перевод водных загрязнений в составе смазочного масла или топлива в высокодисперсную эмульсионную форму может снижать вредное воздействие от присутствия воды в углеводородной среде.

На стойкость сформированных в составе масел эмульсий будет оказывать и гидродинамические режимы эксплуатации масла. Так авторы работы [8] указывают, что, например, оборудование, которое используется для перекачки водонефтяных эмульсий, оказывает существенное влияние на их стойкость. Центробежные насосы могут в значительной степени способствовать образованию высокодисперсных устойчивых эмульсий при перекачке составляющих эмульсию компонентов. Неравномерность поля скоростей и давлений в рабочем колесе центробежного насоса, в направляющем аппарате и в зазорах способствуют интенсивной турбулизации потока.

В меньшей степени обладают диспергирующей способностью по отношению к смазочному материалу поршневые, плунжерные и винтовые насосы. Эти данные говорят о том, что с помощью совершенствования механических устройств можно повышать стойкость технических водомасляных эмульсий. Данные устройства, конечно, будут потреблять энергию и расходовать дополнительное количество топлива. Но этот расход топлива может быть незначительным при ощутимом эффекте повышения надежности работы узлов трансмиссии, например, центробежных насосов.

К настоящему времени не установлены допустимые нормы содержания воды в трансмиссионном масле, при которых работа подшипникового узла центробежного пожарного насоса будет надежной.

Для расширения этих норм могут быть использованы различные методы, а именно применение эмульгаторов, разработки специальных устройств, обеспечивающих гидродинамическое эмульгирование и стабилизацию эмульсии или наоборот применение деэмульгаторов либо особых технических устройств типа сепараторов для оперативного вывода воды из смазочного материала, без потерь его основных свойств и эффективности функциональных присадок. Уже выполнены экспериментальные исследования того, как добавки воды влияют на трибологическую эффективность масел [11, 12].

Исследования действия водных примесей на функционирование узлов трения пожарного оборудования могут быть применены к аналогичным проблемам надежного функционирования топливных систем, других типов механических трансмиссий и объемного гидропривода, а также к насосам различных типов для перекачивания чистой и загрязненной воды в мобильных и стационарных системах пожарного водоснабжения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Кузнецов А.В.* Топливо и смазочные материалы. – М.: Колосс, 2007. – 199с.
2. *Гаркунов Д.Н.* Триботехника. – М.: «Издательство МСХА», 2001. 616с.
3. *Поляков А.А., Гаркунов Д.Н., Симаков Ю.С.* и др. Защита от водородного износа в узлах трения. М.: Машиностроение, 1980. 133с.
4. *Костецкий Б.И.*, Трение, износ и смазка в машинах. Киев.: Техника, 1979.
5. *Кутьков А. А., Гречко В.О., Кужаров А.С.* и др. Исследование механизма трения меднофторопластового композита. Трение и износ. 1980. Т.1, №6. С 993-999.
6. *Мюке В.* Избирательный перенос рабочего материала в подшипниках скольжения // Исследования по триботехнике. М.: Изд. НИИ информации по машиностроению, 1975. С 125.
7. Топлива, смазочные материалы, технические жидкости. Ассортимент и применение. / И.Г. Анисимов, К.М. Бадыштова, С.А. Бнатов и др.; Под ред. В.М. Школьников. – М.: Изд. Центр «Техинформ», 1999. – 596 с.
8. *Сахабутдинов Р.З., Губайдулин Ф.Р., Исмагилов И.Х., Космачева Т.Ф.* Особенности формирования и разрушения водонефтяных эмульсий на поздней стадии разработки нефтяных месторождений. - М.: ОАО «ВНИИОЭНГ», 2005. - 324 с.
9. Роль отдельных компонентов высокомолекулярной части нефти в стабилизации нефтяных эмульсий / С.И. Борисов, А.А. Петров // Тр. Гипростокнефть. – Куйбышев, 1975. – Вып. 26 – С. 102-112.
10. *Ребиндер П.А.*, Поверхностные явления в дисперсных системах. Коллоидная химия. Избранные труды. – М.: Наука, 1978. – 177с.
11. *Годлевский В.А., Малый И.А.* Борьба с водным загрязнением смазочного материала в узлах трансмиссии пожарной техники // Сб. мат-лов V Всеросс. научно-технич. конф. «Надежность и долговечность машин и механизмов». Иваново, 17–18 апреля 2014 г. С. 37–39.
12. *Годлевский В.А., Лобач А.В., Назаров Г.Е., Мусеев Ю.Н., Федотов Е.В.* Влияние водного загрязнения на работоспособность смазочных материалов // Физика, химии и механика трибосистем. Межвуз. Сб. науч. Тр. Иваново. Изд-е ИвГУ. 2011. С. 169–172.

*В. А. Годлевский*

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

## **ИСТОРИЯ НАУКИ О ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛАХ**

Смазочно-охлаждающие технологические средства (СОТС) применяются во многих технологических процессах обработки материалов. Эти процессы охватывают различные методы обработки резанием и давлением. Примерами может служить, в частности, лезвийная обработка (точение, фрезерование, сверление и т.д.), абразивная обработка (шлифование, полирование и т.д.), штамповка, резка, прокатка, волочение и проч. Можно распространить понятие СОТС и на многие другие технологические процессы, существующие в ряде обрабатывающих отраслей, где искусственная внешняя среда способна повышать экономические параметры процессов и повышать качество обработки.

По мере совершенствования технологий внимание к проблемам внешней технологической среды постепенно возрастало. Возникновение научного подхода к этой проблеме произошло достаточно поздно, только в XX веке, хотя сам по себе принцип применения СОТС сформировался в далекие доисторические времена. Скорее всего, применение кварцевых суспензий в процессе сверления и полирования каменных изделий произошло еще в эпоху неолита [1]. В самом начале эпохи технической революции повысился интерес к обработке стекла, в частности, к процессу полирования плоских стекол и криволинейных линз, для чего были разработаны специальные суспензии и полировочные пасты [2].

Новые надежды на существенное улучшение функциональных свойств СОТС возникли после открытия в 1929 г. П.А. Ребиндером «явления адсорбционного понижения прочности» и связанным с ним научным направлением «физико-химическая механика материалов». Во всяком случае, это резко повысило интерес к научным исследованиям в сфере механизмов действия СОТС. Начиная с конца 50-х годов XX в. На предприятиях машиностроения стала происходить интенсивная замена ранее применявшихся керосина и водных растворов соды на водомасляные эмульсии, в состав которых входили в качестве эмульгаторов и стабилизаторов вновь разработанные поверхностно-активные вещества.

Было обнаружено, что применение в СОТС химически-активных компонентов (хлора, серы и фосфора) приводит к существенному повышению антизадирных свойств металлических поверхностей, и уже в 60-е гг. значительная часть процессов зубообработки происходила в среде сульфированного масла («сульфофрезол»). Впрочем, скоро выяснилось вредное действие этого продукта на операторов препятствует его применению, так что вскоре он был запрещен санитарной инспекцией.

В те же времена повысился интерес к применению СОТС в распыленном виде. Этой проблемой активно занимались М.И. Клушин, М.Б. Гордон, В.В. Подгорков. Применение такого способа подачи снижало производительность подачи охладителя, усиливало его охлаждающие свойства [4]. Но распыленные вокруг станка гидрозолы также оказались вредными при их вдыхании человеком, и казавшийся столь эффективным метод оказался также под запретом.

Со времени выхода в те времена фундаментальных трибологических трудов А.С. Ахматова [5], Ф. Боудена и Д. Тейбора [6] началось проникновение идей «общей» трибологии в сферу разработки и применения СОТС. Интересный цикл исследований по физикохимии смазочного действия СОТС выполнили Дж. Бейли [7], Дж. Уильямс и Д. Тейбор [8, 9, 10]. Они рассматривали трибологию процесса резания как реализацию в специфических условиях механизма граничной смазки, предложенной В. Харди [11]. Трибология резания стала естественным разделом общей науки о трении, износе и смазке.

Помимо адсорбционных механизмов смазочного действия, рос интерес и к химическому пленкообразованию в зоне контакта инструмента с обрабатываемым материалом, к развитию применительно к металлообработке новых научных областей — «трибохимии» и «механохимии» [12]. В качестве основного механизма образования слоя граничной смазки принимался лэнгмюровский механизм монослойной адсорбции. Развивались и более широкие представления о том, как может образовываться смазочный слой из трибоактивных компонентов различной природы [13].

В то же время (60-70-е годы) на передний план научной дискуссии вышла проблема о путях проникновения внешней среды в контактную зону в условиях весьма плотного контакта при резании металлов. Казалось невероятным, чтобы активная внешняя среда проникала на контактные площадки, находящиеся под экстремальным давлением и при высокой температуре. Точки зрения на этот процесс очень различались вплоть до самых противоположных. Так, например, некоторые считали, что среда всегда проникает вплоть до режущей кромки [14], и в противоположность этому бытовало мнение о том, что проникновение среды в контакт вообще невозможно [15].

Существовало утверждение, что «кислород проникает на поверхность контакта при любой скорости резания» [16]. Съемка с использованием скоростной кинокамеры показала, что возможно существуют очень непродолжительные моменты отрыва инструмента от заготовки, что должно бы способствовать проникновению СОТС в зазор между ними [17]. Постепенно сообщество специалистов приходило к мнению, что ограниченный доступ внешней среды в зону резания обусловлен «скорее кинетическим, чем термодинамическим фактором» [18].

Н.Н. Зорев [19], а позднее П. Уэллэйс и Г. Бутройд [20] отмечали, что наличие микронеровностей между передней поверхностью инструмента и стружкой способствует процессу проникновения, что способствует разъединению контактных поверхностей. В доказательство этому приводили факт, что после внезапного прекращения резания поверхности не остаются в состоянии адгезионного сцепления. Были построены разные модели контактной зоны, которые были объединены пониманием того, что на самом деле контакт не является однородным и имеет по крайней мере некоторую ограниченную зону неплотного контакта.

Де Шифр попытался классифицировать различные варианты описания механизма проникновения следующими представлениями: 1) Через сеть межповерхностных капилляров. 2) Через зазоры, периодически возникающие вследствие вибраций. 3) Через полости, периодически возникающие вследствие срыва нароста с режущей кромки. 4) Благодаря аномально быстрой диффузии молекул смазочного материала, происходящей в толще области первичного сдвига [21].

Из этих четырех гипотетических вариантов наибольшее развитие получил первый из них, связанный с капиллярным течением в межповерхностном зазоре [22]. Эта модель кинетики смазочного действия приобрела форму многоступенчатого механизма («теория микрокапельного взрыва»). Теория в явном виде учитывала тот факт, что при температуре резания происходит испарение жидкости, и собственно процесс смазывания происходит в парообразной фазе. Этот подход позволил объяснить большинство феноменов, связанных с применением СОТС [23], кроме того, была создана базовая основа для метода подачи СОТС в минимально необходимых количествах [24, 25].

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Виргинский В.С., Хотеев Д.С.* Очерки истории науки и техники с древнейших времен до середины XV века. Москва: Просвещение, 1993. 288 с.
2. *Буяновский И.А., Фукс И.Г., Бобров С.Н.* Занимательная трибология. М.: Нефть и газ. 1999. 232 с.

3. *Ребиндер П.А., Шукин Е.Д.* Поверхностные явления в твердых телах в процессе их деформации и разрушения // *Успехи физических наук*, 1972. Т. 108, Вып. 1, С. 3–43.
4. Повышение эффективности шлифовальных операций путем совершенствования техники применения СОЖ // *Методические рекомендации*. М.: НИИМАШ, 1984. 76 с.
5. *Ахматов А.С.* Молекулярная физика граничного трения. М.: Машиностроение. 1962.
6. *Bowden F P, Tabor D.* The Friction and Lubrication of Solids Vol. 1, 2. Oxford: Clarendon Press, 1950-1964.
7. *Bailey J.A.* Friction in metal machining - mechanical aspects // *Wear*, 1975. V. 31. P. 243-275.
8. *Williams J.A.* The action of lubricants in metal cutting // *J. Mech. Eng. Sci.*, 1977. V. 19. - P. 202-212.
9. *Williams J.A., Tabor D.* The role of lubricants in machining // *Wear*. 1977. V. 43. N 3. - P. 275-292.
10. *Williams J.A.* The role of the chip-tool interface in machining // *Bulleten du cercle d'etude des metaux*. 1980. V. 14. N 11. P. 235-241.
11. *Hardy B.W.* Collected Works. - Cambridge: Cambridge University Press, 1936.
12. *Heinicke G.* Tribochemistry. Akademie-Verlag Berlin. 1984. 582 p.
13. *Годлевский В.А., Марков В.В.* О совместном действии трибоактивных компонентов различной химической природы в составе СОТС // *Вестник Рыбинского государственного авиационного технического университета им. П.А. Соловьева*. 2014. № 3. С. 55–62.
14. *Гордон М.Б.* О физической природе трения и механизме смазочного действия внешней среды при резании металлов // *Научные и технические основы применения СОЖ при резании металлов*. Иваново. 1968. сс. 21-45.
15. *Талантов Н.В.* и др. Исследование проникающей способности СОЖ // *Обработка конструкционных материалов с применением СОЖ*. Москва, МДНТП, 1978. сс. 108-111.
16. Технологические свойства новых СОТС для обработки металлов резанием / под ред. М.И. Клушина. М.: Машиностроение. 1979. 192 с.
17. *Rowe G.W.* Lubrication in metal cutting and grinding // *Philosophical magazine A*, 1981. V. 43. N 3. P. 567-585.
18. *Rowe G.W.* Lubrication in metal cutting and grinding // *Philosophical magazine A*, 1981. V. 43. N 3. P. 567-585.
19. *Zorev N.N.* Results of work in the field of the mechanics of the metal cutting process // *Proc. Conf. Tecnology of Engineering Manufacture, Inst. Mech. Engrs*. 1958. - P. 255-268.
20. *Wallace P., Boothroyd G.* Tool forces and tool-ship friction in orthogonal machining // *J. Mech. Eng. Sci.* 1964. N 6. P. 74–81.
21. *De Chiffre L.* Lubrication in cutting: a critical review and experiments with restricted contact tool // *ASLE Trans.*, 1981, V. 24. P. 340–344.
22. *Godlevskiy V.A., Volkov A.V., Latyshev V.N., Maurin L.N.* The Kinetic of Lubricant Penetration Action during Machining // *Lubrication Science* 9-2, February 1997. P. 127–140.
23. *Astakhov V P, Joksch S, Godlevskiy V A, et al.* Metalworking Fluids for Cutting and Grinding: Fundamentals and Recent Advances. Cambridge: Woodhead Publishing Limited, 2012.
24. *Astakhov V P.* Metal cutting theory foundations of near-dry (MQL) machining. *International Journal of Machining and Machinability of Materials*, 2010, 7(1–2): P. 1–16.

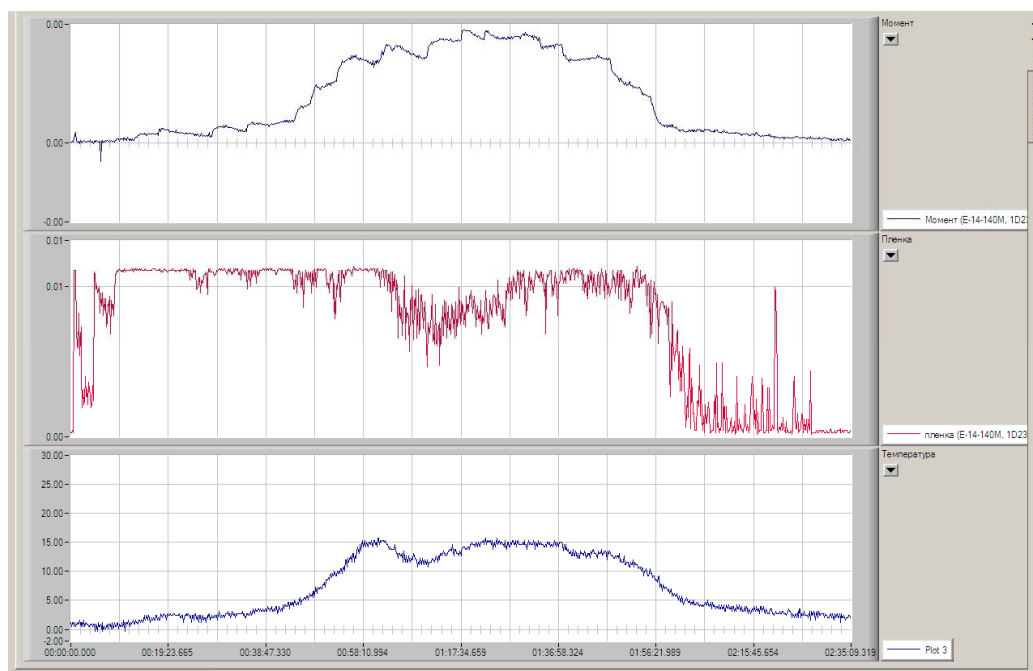
*Г. В. Даровской, В. Н. Поляков, М. А. Буракова*  
(ФГБОУ ВО «Ростовский государственный университет путей сообщения»)

## РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЯ ФРИКЦИОННЫХ СВОЙСТВ ВЫСОКОТЯГОВЫХ МАСЕЛ

Для надежного функционирования фрикционных вариаторов необходимы жидкие смазочные материалы (ЖСМ), обладающие рядом специфических свойств. Кроме высокой охлаждающей способности, они должны обладать повышенными адгезионными свойствами и, в первую очередь, высоким коэффициентом трения в условиях качения с небольшим проскальзыванием [1].

Авторами разработана методика по определению служебных свойств ЖСМ: коэффициентов трения и способности к пленкообразованию в сопряжениях на модернизированной машине трения ИИ 5018.

Результаты исследований в виде зависимостей вращающего момента  $M$ , относительной продолжительности существования сплошной смазочной пленки ДСП и температуры  $T$  ЖСМ на выходе из контакта от времени выводились на экран монитора (рис. 1).



**Рис. 1.** Осциллограммы изменения  $M$ , ДСП и  $T$  ЖСМ

Для определения ДСП методом электропроводимости нижний вал машины трения ИИ 5018 был электроизолирован от ролика, а верхний - снабжен токосъемником оригинальной конструкции (рис. 2). Модернизация механизма нагружения машины трения ИИ 5018 позволила существенно повысить точность величины контактных напряжений в сопряжении путем непосредственного измерения силы сжатия между роликами с помощью специальной скобы [2]. Измерения величины ДСП осуществлялось одновременно с оценкой вращающего момента на ведущем валу машины трения и температуры ЖСМ на выходе из контакта. На машину трения устанавливались ролики, размеры которых должны были обеспечить требуемые значения скорости качения и скольжения (рис. 3). Количество и диаметры роликов обеспечивали проведение испытаний в полном объеме без дополнительного изменения час-

тоты вращения ведомого вала. Это позволило существенно уменьшить трудоемкость испытаний и повысить их точность за счет использования одной пары роликов в нескольких экспериментах без дополнительной сборки-разборки.

Исследованию подвергались высокотяговый смазочный материал (трактант) «Santotrac 50» и базовая основа отечественного высокотягового смазочного материала ВТМ.



Рис. 2. Токосъемник верхнего вала

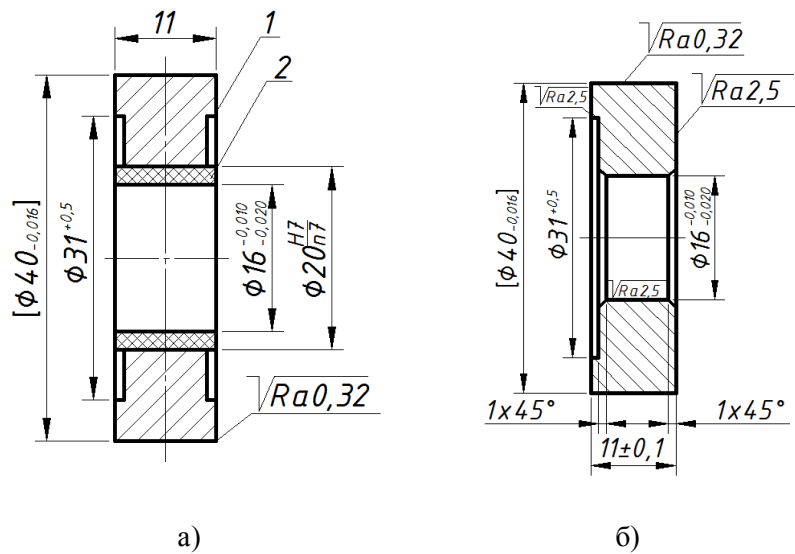


Рис. 3. Конструкции нижнего (а) и верхнего (б) роликов: 1 – ролик; 2 – электроизолирующая втулка

Установлено, что способность базовой основы ВТМ к образованию сплошной смазочной пленки, оцениваемая методом электропроводимости по величине относительной длительности ее существования в контакте, значительно выше, чем у ЖСМ «Santotrac 50», особенно при повышенной температуре испытаний.

Фрикционные свойства базовой основы ВТМ несколько выше, чем у ЖСМ «Santotrac 50». При температуре при  $t_1 = 40\text{ }^\circ\text{C}$  это превышение достигает 11%. С повышением температуры коэффициент трения у обоих материалов увеличивается и при  $t_2 = 90\text{ }^\circ\text{C}$  практически выравнивается.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Елманов, И.М. Механика контактного взаимодействия / И.М. Елманов, В.И. Колесников – Ростов-н/Д : СКНЦ ВШ, 1999. – 173 с.
2. Елманов, И.М. Особенности градуировки машин трения типа «Амслер» / И.М. Елманов, Г.В. Даровской. – Ростов н/Д : РГУПС, 2010. – 157 с.
3. Даровской, Г.В. Методика определения коэффициента трения антифрикционных сопряжений на машинах трения типа «Амслер» / Г.В. Даровской, И.М. Елманов, В.Н. Поляков // Трение и износ. – 2015. – Том 36, № 5. – С. 483–490.



*С. А. Егоров, Е. С. Егорова, А. А. Мухин*  
(ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет»)

### МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕНА В УЗЛАХ ТРЕНИЯ

Процесс трения в узлах машин и рабочих органах сопровождается деформацией и нагревом. Выбор режима работы любого органа машины обусловлен эффективностью эксплуатации и, как следствие, задаваемыми параметрами безотказности и долговечности. Долговечность деталей, работающих на износ, задается ресурсом. На ресурс детали влияет температурный режим эксплуатации.

В качестве объекта исследования была выбрана игла швейной машины. В процессе работы игла испытывает деформацию, приводящую к нагреву. Нагрев способствует потере прочности острия иглы, расплавлению сшиваемого материала, что приводит к останову и снижению производительности.

Цель работы заключается в исследовании процесса теплообмена и способах влияния на снижение температуры острия швейной иглы.

Работа, затрачиваемая силой трения при прокалывании материала пропорциональна пути движения:

$$dA = Fdx, \quad (1)$$

где  $F$  – сила трения. Сила трения иглы о сшиваемый материал величина непостоянная и меняется в зависимости от многих факторов. Например, плотность материала, наличие смазочной среды, фаза рабочего цикла, угол заострения, толщина иглы. Поэтому силу трения представим в виде функции:

$$F = F(x, \xi), \quad (2)$$

где  $x$  – координата фазы рабочего цикла,  $\xi$  – случайный фактор.

Сила сопротивления прокалыванию была определена экспериментально на швейной машине, оснащенной тензодатчиком.

Источник тепла движется вдоль тела иглы, в процессе шитья, нагревая ее. Наибольшее воздействие оказывает источник там, где работа силы трения максимальна. Как показали исследования, максимальное значение силы трения наблюдается при проколе сшиваемого материала, следовательно, наибольшее воздействие наблюдается на острие иглы.

Сила прокалывания меняется от 0,2 Н до 10 Н, в зависимости от плотности материала и состояния иглы, коэффициент трения иглы может принимать значения от 0,02 до 0,8.

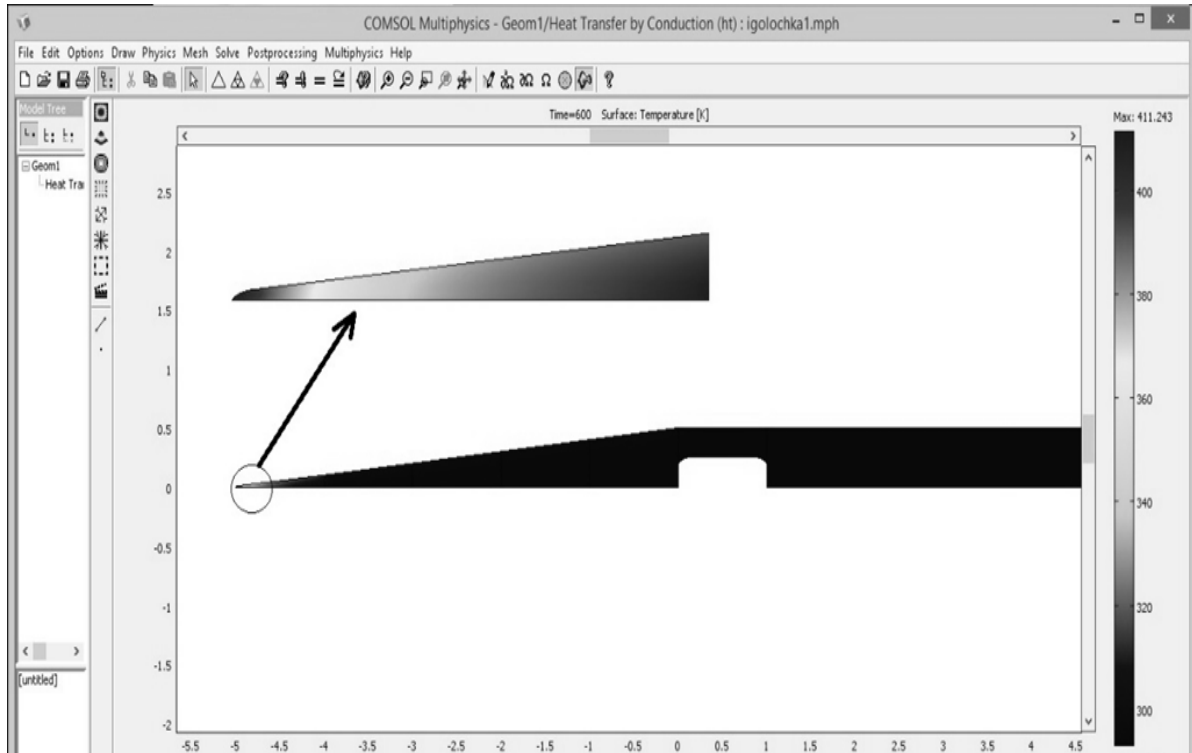
Задача Коши для рассматриваемой модели формулируется в виде:

$$\lambda \left( \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \right) = q + \alpha(T)(T_f - T), \quad (3)$$

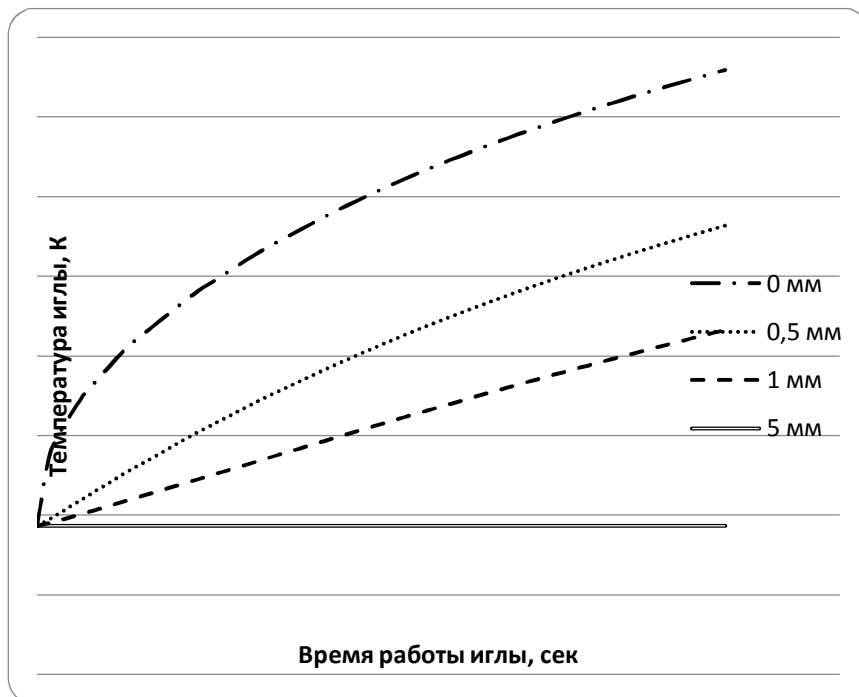
где  $\lambda$  коэффициент теплопроводности стали,  $\alpha(T)$  коэффициент теплоотдачи,  $T$  температура иглы,  $T_f$  температура окружающего воздуха,  $q$  тепловой поток.

Результаты численного моделирования представлены на рис. 1, рис. 2.

Графически представлено изменение температуры нагрева острия иглы в градусах Кельвина от времени работы иглы при сшивании камвольной ткани.



**Рис. 1.** Результаты моделирования теплообмена при работе иглы



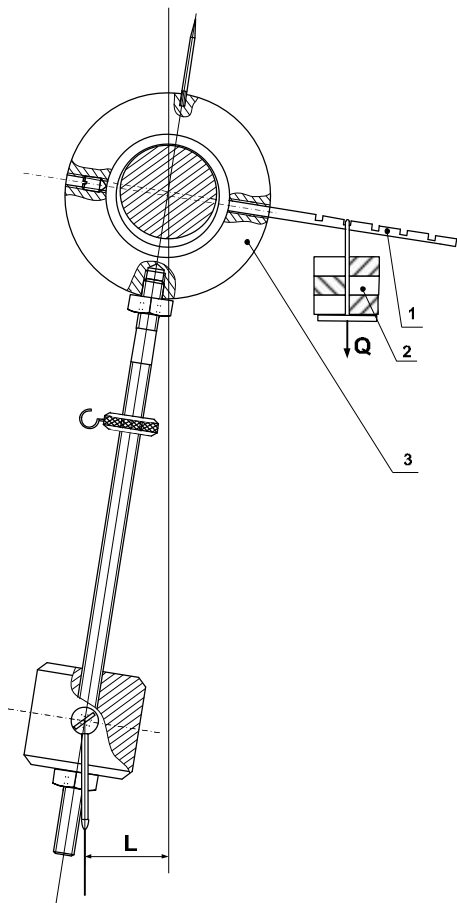
**Рис. 2.** Зависимость температуры нагрева острия иглы от времени работы: представлены данные для 0 мм, 0,5 мм 1 мм и 5 мм от конца иглы

Самый значительный нагрев наблюдается в начале острия (0 мм от края). За 10 мин непрерывной работы иглы происходит нагрев острия до 570 К. На расстоянии 1 мм от края температура нагрева не превышает 415 К. На расстоянии 5 мм, где острие заканчивается, температура остается постоянной и равна температуре окружающего воздуха, что свидетельствует о значительном теплоотводе в лезвие и окружающее пространство.

*И. А. Калинин, П. В. Пучков*

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

### ОЦЕНКА КОЭФФИЦИЕНТА ТРЕНИЯ В РЕЗЬБОВЫХ СОЕДИНЕНИЯХ С ПОМОЩЬЮ ТРИБОМЕТРА МАЯТНИКОВОГО ТИПА



**Рис. 1.** Схема приложения к трибометру градуировочного момента:  
1 - штанга, 2 - груз, 3 - трибومتر

Машина трения является сложным и дорогостоящим агрегатом. Зачастую ее использование неоправданно, поскольку возникает задача качественной оценки коэффициента трения. Предлагаемое устройство трибометра трения призвано решать подобные задачи.

Сущность трибометра состоит в том, что груз установлен на стержне с возможностью его перемещения по стержню, который содержит измерительную шкалу, предназначенную для замера положения груза относительно центра вращения. Положение груза фиксируется контргайкой. На муфте трибометра закреплен стрелочный указатель, который передвигается по измерительной шкале. Муфта установлена на вращающемся ролике, рабочая поверхность которого имеет шероховатость поверхности соответствующую условиям проводимых экспериментов. Муфта в верхней части имеет гнездо для крепления в ней образца испытуемого материала (см. рис. 1).

Вывод формулы для определения коэффициента трения включает следующие математические преобразования:

$$N = Q \cdot \cos \alpha ; \quad (1)$$

$$F_{тр} = \mu \cdot N ; \quad (2)$$

Исходя из формул 1 и 2, указанных выше, можно записать, что

$$F_{тр} = \mu \cdot Q \cdot \cos \alpha , \quad (3)$$

где  $F_{тр}$  – сила трения, кг;  $\mu$  - коэффициент трения;  $Q$  – масса трибометра, кг;  $\alpha$  - угол отклонения оси трибометра от вертикали, (°).

Формулы для определения момента трения имеют следующий вид:

$$M_{тр} = (F_{тр} \cdot d) / 2; \quad (4)$$

$$M_{тр} = Q \cdot h , \quad (5)$$

где  $M_{тр}$  – момент трения, Н\*м.

Учитывая то, что левые части уравнений 4 и 5 равны, можно записать:

$$(F_{\text{ТР}} \cdot d)/2 = Q \cdot h \quad , \quad (6)$$

где  $d$ - диаметр вала;

$h$ - перемещение центра тяжести системы, м.

Подставляя равенство (3) в (6) получаем:

$$\frac{(\mu \cdot Q \cdot \cos \alpha \cdot d)}{2} = Q \cdot h \quad (7)$$

Из равенства (7) можно выразить коэффициент трения  $\mu$  :

$$\mu = \frac{2 \cdot h}{d \cdot \cos \alpha} \quad ; \quad (8)$$

Угол  $\alpha$  вычисляется исходя из следующего равенства:

$$\frac{R}{\sin 90} = \frac{L}{\sin \alpha} \quad ,$$

где  $R$ - расстояние между центром тяжести груза и осью вращения вала, м;  $L$ - отклонение центра тяжести груза от вертикальной оси, м;  $\sin 90^\circ = 1$ .

Следовательно,  $\sin \alpha = \frac{L}{R}$  ;

$$h = r \cdot L/R,$$

где  $r$ - расстояние от центра вращения вала до центра тяжести системы, м.

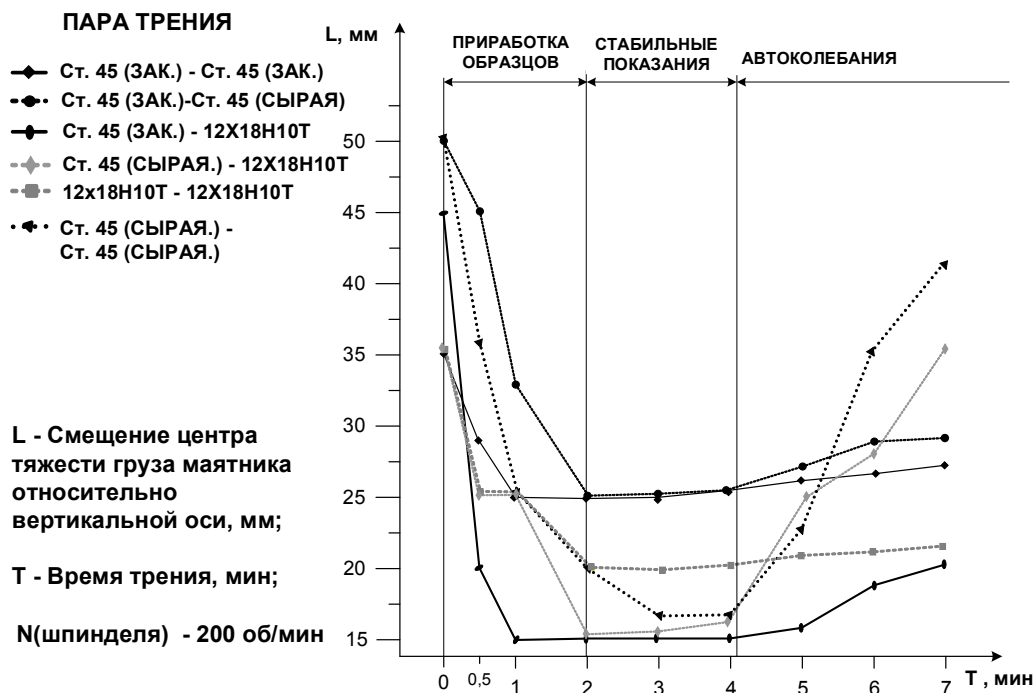
Угол  $\alpha$  также можно измерить экспериментально по градусной шкале трибометра.

Перед проведением измерений коэффициентов трения трибометр был отлажен и экспериментально установлен интервал времени, в котором показания трибометра наиболее стабильны.

Для этого перед экспериментом проведены отдельные замеры и выявлен интервал времени, в котором измеряемые параметры будут наиболее достоверными. Эти замеры производились на таких же скоростях вращения шпинделя станка, что и при эксперименте. Обороты шпинделя станка составляли 200 об/мин. График оптимизации проведения эксперимента представлен на рис. 2

Нестабильность показаний трибометра в зависимости от времени проведения эксперимента связана с тем, что в первые минуты после пуска станка происходит притирка контактирующих поверхностей образцов. Затем наступает временной интервал наиболее стабильных показаний, в этот момент и необходимо снимать показания трибометра. Далее в трибометре с течением времени начинают нарастать автоколебания. В процессе измерения коэффициентов трения в образцах из различных материалов, возникающие автоколебания являются паразитными, их наличие обусловлено лишь конструкцией трибометра.

Результаты предварительной отладки стенда показали, что снимать показания устройства необходимо в интервале времени от 2 до 4 минут, после его включения. В этом временном интервале результаты измерений наиболее достоверны и относительно стабильны.



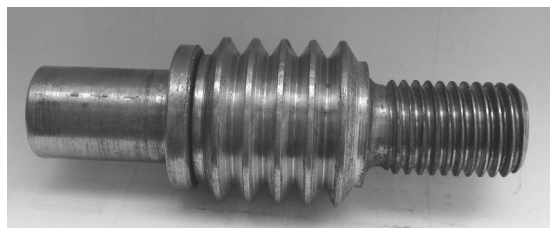
**Рис. 2.** График зависимости стабильности показаний трибометра от временного интервала трения образцов

Эксперимент по определению моментов и коэффициентов трения проводился с помощью трибометра на токарно-винторезном станке модели 16К20.

Для проведения эксперимента вал (образец №1) зажимается в патроне станка, на вал устанавливается муфта со втулкой (образец №2), стержнем и грузом. Предварительно произведен замер массы муфты, образца, стержня, винтов, груза, гаек и вычислено положение центра тяжести груза и всей системы относительно центра вращения. Далее для ограничения перемещения муфты вдоль оси вала и предотвращения её соскальзывания с него на вал устанавливается шайба и фиксируется гайкой. При таком креплении трибометр не сможет слететь с вала при его вращении. Во время проведения эксперимента необходимо, чтобы муфта во время вращения вала не касалась своими боковыми поверхностями шайбы и ограничительного буртика на валу т.к. при этом возникает дополнительное трение в системе, которое вносит дополнительную погрешность в результаты измерений.

Методика проведения эксперимента основана на том, что при равномерном вращения вала происходит отклонение стержня трибометра с грузом, под действием сил трения, возникающих на контакте вала и втулки. Величина значения отклонения (угол отклонения) трибометра от вертикальной оси пропорциональна силе трения, возникающей в зоне контакта образцов.

Для определения величины отклонения груза предусмотрено две шкалы: линейная и градусная, которые закрепляются на станке при помощи штатива. Для измерения момента трения в резьбовых соединениях рабочие поверхности вала и втулки должны имитировать винтовую поверхность резьбы (см. рис. 3). Трение в резьбовых соединениях происходит на боковых поверхностях витков резьбы.



**Рис. 3.** Вал образец с имитацией резьбовой поверхности

Основные результаты, полученные в ходе эксперимента представлены на гистограмме, показывающая зависимость коэффициента трения от материалов пары трения (см. рис. 4). Наиболее интересными являются значения коэффициентов трения для сталей 12X18H10T и стали 45. Из графика видно, что в паре трения сталь 12X18H10T по стали 12X18H10T коэффициент трения составляет 0,134, а в паре трения сталь 45 (сырая) по стали 45 (сырая) составляет 0,156. Этот эксперимент еще раз подтверждает, что в резьбовые соединения из коррозионно – стойкой стали 12X18H10T обладают лучшими трибологическими характеристиками, чем резьбовые соединения из стали 45.

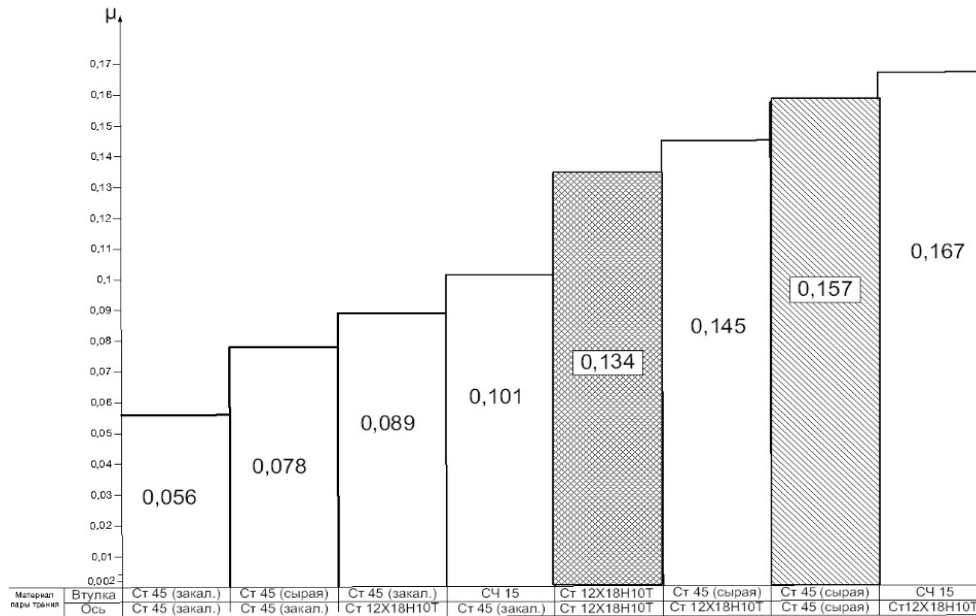


Рис. 4. График зависимости коэффициента трения от материала пары трения

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Патент РФ на полезную модель № 115482 МПК G01N3/00. Триботехнический маятник. Топоров А.В., Малый И.А., Никитина С.А., Пучков П.В., Киселёв В.В., Топорова Е.А. Опубликовано 27.04.2012.
2. Пучков П.В., Глебов Д.Н. Маятник Фруда – Подгоркова// Сборник научных трудов «Физика, химия и механика трибосистем», выпуск 5.,–Иваново: ИвГУ, 2006, - С. 130-132.

**Б. Р. Киселев, А. А. Мельников, Д. В. Смирнов, Р. Э. Аллахвердиев**  
(ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный химико-технологический университет»)

#### ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПАВ НА АНТИФРИКЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ПАРЫ ТРЕНИЯ

Известно, что присадки представляют маслорастворимые поверхностно- и химически-активные вещества (ПАВ и ХАВ), которые предотвращают и стабилизируют физико-химические изменения масел в процессе работы машин и механизмов. Они независимо от своего функционального назначения влияют на смазочную способность. Эффективность их функционального действия по различным направлениям заметно изменяется в зависимости от химического состава присадки, полярности и поляризуемости, а также от концентрации и технологии приготовления присадок.

В зависимости от условий работы пары трения на поверхности возникают определенные структуры, содержащие в основном металлоорганические продукты, соответствующие составу композиции, что создает широкие возможности для регулирования свойств смазок. В этих композициях имеются постоянно действующие органически связанные группы, а также носители ионов металлов, которые, попадая в масляную среду, стабильны и входят в органическую связанную часть низко- или высокомолекулярного вещества. Эти композиции присадок относятся к истинным (полноценным) маслорастворимым металлоплакирующим смазкам. Некоторые присадки, улучшая одни эксплуатационные характеристики смазок, ухудшают другие, при совместном применении различных присадок может проявляться синергизм, иногда незначительное взаимное понижение их функциональной эффективности, а иногда антогонизм, что необходимо учитывать при выборе композиции присадок.

В данной работе рассматривается влияние антифрикционных присадок на эксплуатационные свойства смазок. Для того чтобы исследовать эффективность влияния ПАВ принята основа: чистый технический вазелин. Испытания смазочных материалов проводилось на модели: ролик (Сталь 45) - ролик (Сталь 40X) на машине трения СМТ-1 в несколько этапов. На первом этапе исследованы четыре вида стеаратов: (Cu)St, (Ni)St, (Sn)St, (Co)St (рис. 1).

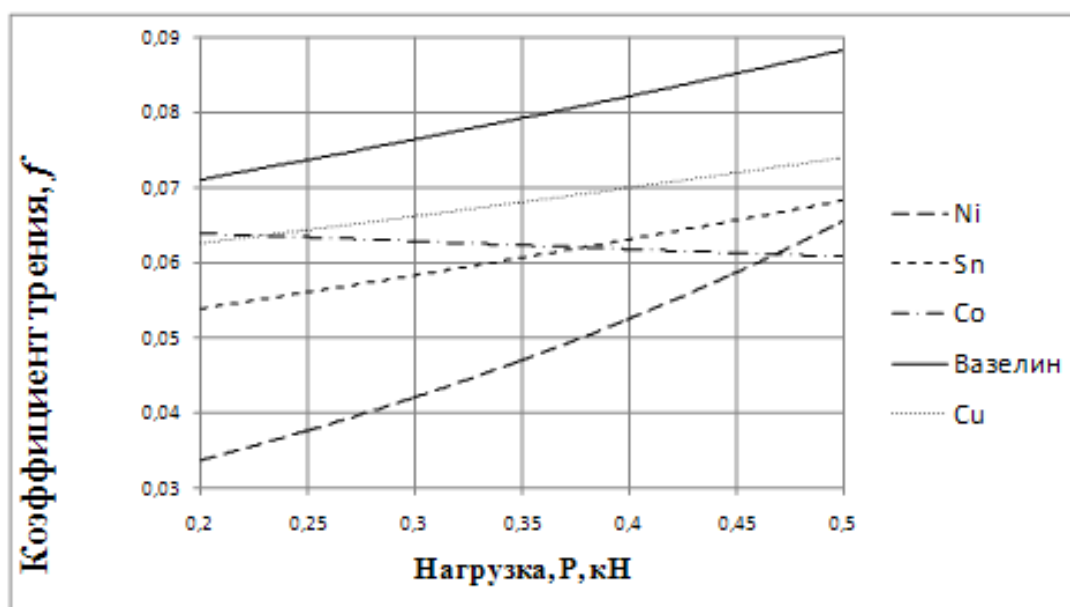


Рис. 1. Зависимость коэффициента трения от нагрузки при использовании одинарного ПАВ

Результаты испытаний отдельных стеаратов показывают, что наименьший коэффициент трения в зависимости от нагрузки наблюдается при использовании смазки с (Co)St. Наихудшие результаты - (Cu)St. Это объясняется разностью потенциалов между  $\text{Co} \rightarrow \text{Co}^{++} + 2e - 0,27$  и  $\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^{++} + 2e + 0,34$ . По отношению к железу ( $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{++} + 2e - 0,44$ ) разница составляет для Cu:  $-0,78$ , а для Co:  $-0,17$ . Кинетика химических реакций в контакте трения скольжения обуславливается электрохимическими явлениями. Далее эти стеараты исследовались в двойных комбинациях (рис. 2).

Наилучшие антифрикционные показатели соответствуют комбинации (CuCo)St. Что касается тройной комбинации — лучшим показателем (CuCoSn)St (рис. 3).

Анализируя результаты коэффициентов трения одинарных, двойных, тройных и общую комбинацию — (CuNiSnCo)St можно сделать вывод, что при одном и том же % масс. введение стеаратов в технический вазелин, коэффициент трения в среднем увеличивается, так как при этом повышается электрохимическая активность.

Однако, важную роль при совмещении присадок играет процент массы введения каждого вида стеарата. Это доказывается проведением ряда экспериментов методом симплекс планирования, благодаря которому получен оптимальный состав присадки (рис. 4).

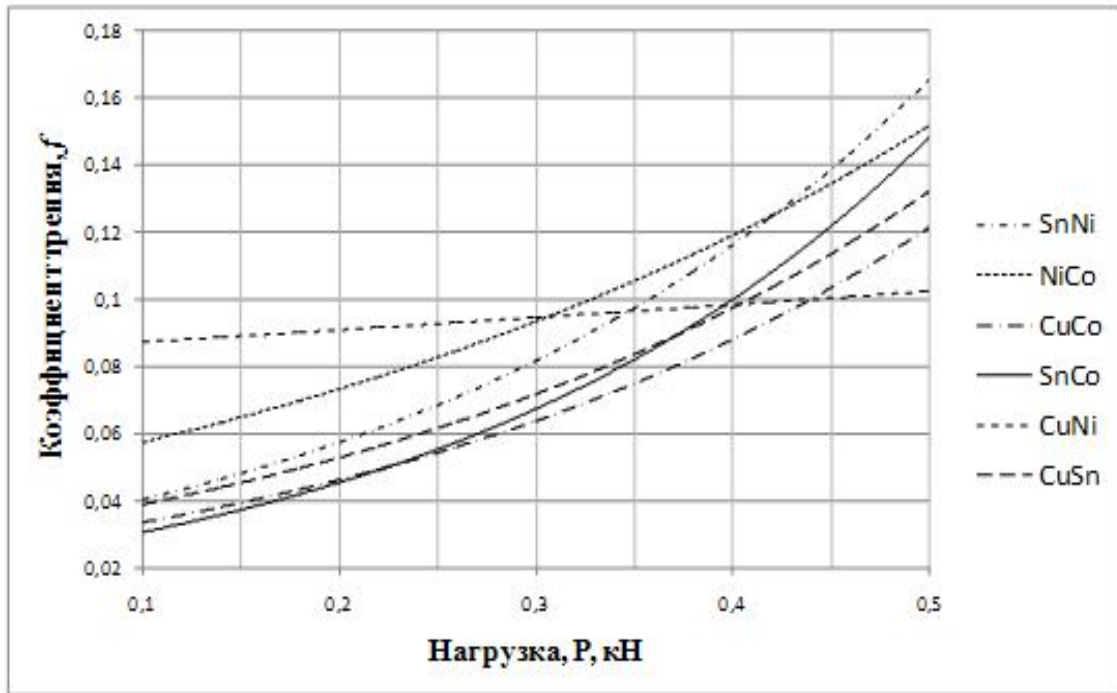


Рис. 2. Зависимость коэффициента трения от нагрузки при использовании двойных ПАВ

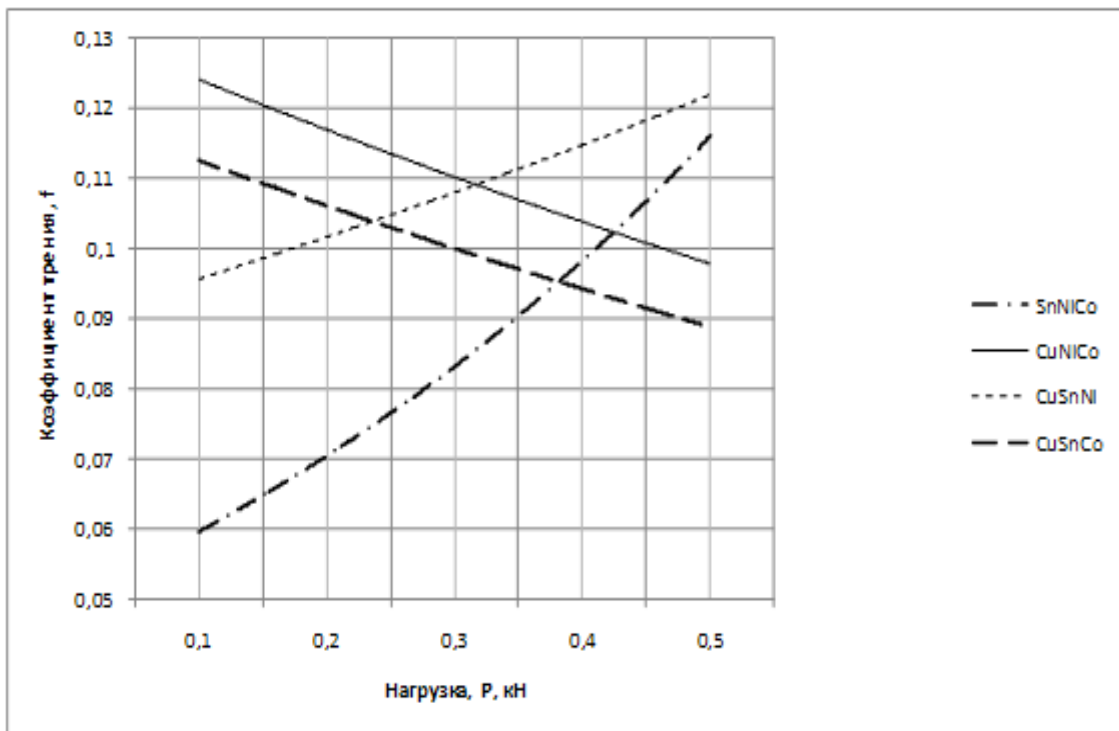
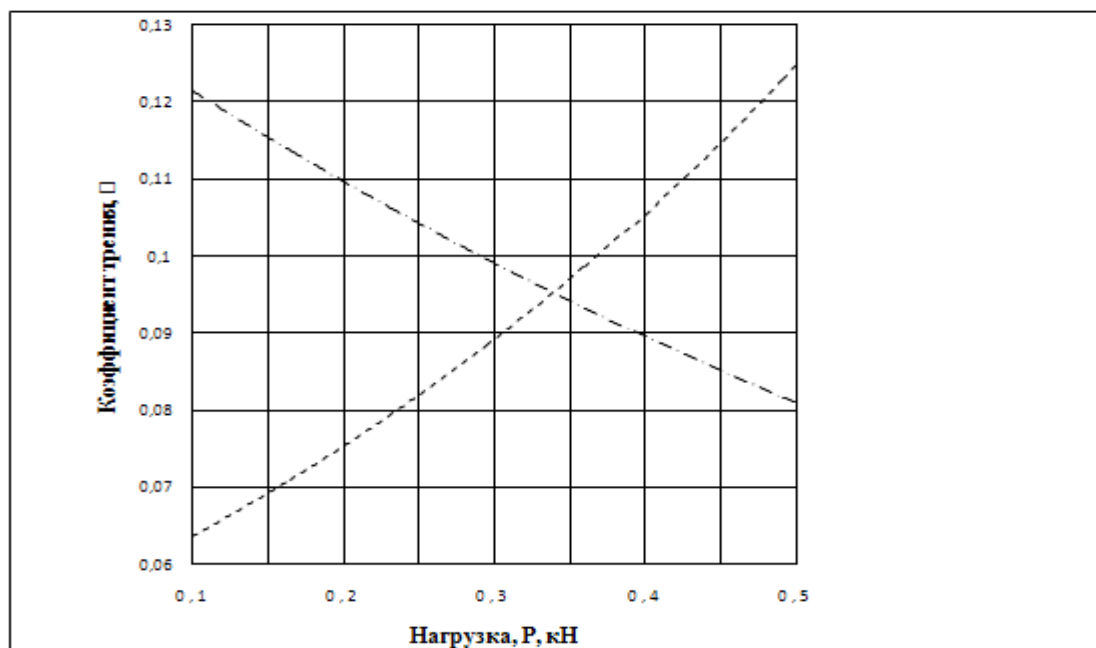


Рис. 3. Зависимость коэффициента трения от нагрузки при использовании тройных ПАВ





**Рис. 4.** Зависимость коэффициента трения от нагрузки при использовании комплексного ПАВ

Отсюда можно сделать вывод, что синергизм комплекса присадок может достигаться путем изменения соотношения процента масс каждого вносимого ПАВ в смазку.

*М. А. Колбашов, В. С. Еловский, В. А. Комельков, Е. В. Сергеев, А. С. Казеев*  
(ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»)

#### **УВЕЛИЧЕНИЕ ДИСПЕРСНОСТИ И УЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВА ОГНЕТУШАЩЕЙ СРЕДЫ ОРОСИТЕЛЕЙ ТОНКОРАСПЫЛЕННОЙ ВОДЫ ПРИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ СМАЗОЧНО-ОХЛАЖДАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СРЕД**

В настоящее время применение установок пожаротушения тонкораспыленной водой, является актуальным вопросом развития систем автоматического пожаротушения для противопожарной защиты объектов различного функционального назначения. К основным преимуществам систем пожаротушения тонкораспыленной водой, по сравнению с традиционными установками водяного пожаротушения, можно отнести следующие факторы:

- низкий расход огнетушащего вещества при пожаротушении, что особенно важно для мест с ограниченным потреблением воды;
- высокая степень использования огнетушащего вещества;
- незначительный ущерб от срабатывания установки, позволяющий применять для тушения пожаров архивов, музеев и серверных;
- высокая огнетушащая способность, обусловленная повышенным охлаждающим эффектом за счет высокой удельной поверхности капель, что повышает охлаждающий эффект за счет проникающего равномерного действия воды непосредственно на очаг горения и увеличения теплосъема, снижением концентрации кислорода и разбавления горючих паров в зоне горения в результате образования пара [1,2].

Важнейшим конструктивным параметром оросителя установки пожаротушения тонкораспыленной водой является шероховатость поверхности оросителя. При механической обработке материалов, из которых изготавливаются оросители, возникает ряд определенных трудностей. Как правило, это сплавы из латуни, при механической обработке которых трудно получить поверхности с заданными параметрами микронеровностей. При движении жидкости с большими скоростями через отверстия оросителей имеющих высокую степень шероховатости возникают турбулентные потоки, и как следствие на выходе из оросителя неравномерно распыленные струи с неконтролируемым размером частиц. К эффективным методам повышения качества обработанной поверхности оросителей пожаротушения тонкораспыленной водой относится применение смазочно-охлаждающих технологических средств (СОТС). Ионизированный воздух, как СОТС, оказывает положительное влияние на трибологическую обстановку в зоне контакта инструмента и обрабатываемого материала, улучшая качество обрабатываемой поверхности. Действие ионизированной воздушной среды на процесс обработки приводит к снижению шероховатости поверхности. Однако ионизированный воздух не обладает удовлетворительной охлаждающей функцией [5,6]. Повышение охлаждающей функции ионизированного воздуха является актуальной научной проблемой.

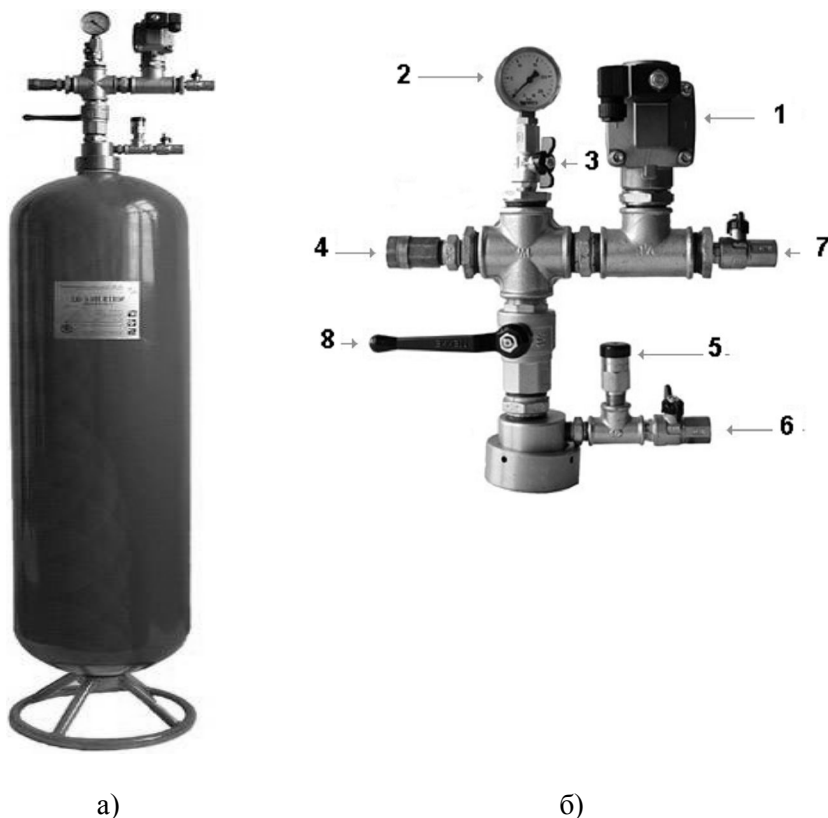
Для изучения влияния шероховатости поверхности оросителя на дисперсность и качество огнетушащей среды решались следующие задачи:

- механическая обработка оросителей тонкораспыленной водой различными способами;
- исследование шероховатости поверхности оросителей тонкораспыленной водой;
- произвести лабораторные исследования влияния шероховатости оросителей тонкораспыленной на огнетушащую способность.

В качестве обрабатываемого материала оросителей использовалось латунь. При выборе данного материала учитывалась необходимость его применения в промышленности, наличие ценных конструктивных свойств, а также сложность механической обработки, нередко препятствующей его широкому применению.

В качестве режущего инструмента применялись упорно – проходные резцы из быстрорежущей стали Р6М5. Все резцы прошли предварительную термическую обработку (закалку при температуре 1220 °С и двукратный отпуск при 560 °С по одному часу). Выбор материала обусловлен его применимостью на этапах современной металлообработки и высокой чувствительностью к негативным воздействиям среды. Геометрия резцов была выбрана согласно справочной литературе: при точении нержавеющей стали:  $\varphi = 90^\circ$ ,  $\varphi_1 = 12^\circ$ ,  $\gamma = 12^\circ$ ,  $\alpha = 6^\circ$ ,  $\alpha_1 = 6^\circ$ ; титановых сплавов:  $\varphi = 90^\circ$ ,  $\varphi_1 = 12^\circ$ ,  $\gamma = 5^\circ$ ,  $\alpha = 10^\circ$ ,  $\alpha_1 = 6^\circ$ ; углеродистых сталей и алюминиевых сплавов:  $\varphi = 90^\circ$ ,  $\varphi_1 = 15^\circ$ ,  $\gamma = 20^\circ$ ,  $\alpha = 6^\circ$ ,  $\alpha_1 = 6^\circ$ .

В качестве смазочно-охлаждающих сред на операциях точения применялись обдув воздушным потоком под давлением, положительно и отрицательно ионизированный воздух, ионизированный охлажденный воздух, дистиллированная вода, масло И-40. Эксперименты по определению качества обработанной поверхности проводились на токарно-винторезном станке Т16К20. Подача  $S$  равнялась 0,1 мм/об, глубина резания  $t$  – 0,5 мм. Шероховатость поверхности обработанного материала измерялась профилографом–профилометром «Абрис», снабженным программным обеспечением. Анализ состояния поверхности проводился на базовой длине 2,4 см по следующим параметрам: среднему арифметическому отклонению профиля  $R_a$ , наибольшей высоте неровностей профиля  $R_{max}$ , среднему шагу неровностей профиля  $S_m$ . Для проведения исследований огнетушащей способности использовалась огневая испытательная камера. В качестве рабочей установки для проведения исследований на огнетушащую способность принята модульная установка пожаротушения тонкораспыленной водой МУПТВ-100-Г-ВД-УХЛЗ (рис.1 а), которая предназначена для тушения пожаров классов: А (А1, А2) - твёрдых сгораемых материалов; В (В1, В2) - горючих жидкостей и Е - электроустановок, находящихся под напряжением до 1000 вольт.



**Рис. 1.** Рабочая установка: а) внешний вид модульной установки пожаротушения тонкораспыленной водой закачного типа; б) схема устройства арматуры: 1 - эл. магнитный клапан, 2 – манометр, 3 - кран для проверки манометра, 4 - обратный клапан для заправки газом и перемешивания ОТВ, 5 - предохранительный клапан, 6 - кран выпуска газа при заливке ОТВ, 7 - кран для заливки ОТВ, 8 - кран для проверки электромагнитного клапана

Формирование струй осуществляется с помощью специальных распылителей (рис. 2). Распылители обеспечивают формирование тонкораспыленных струй с дисперсностью капель воды в пределах 100-200 микрон и подачу их в зону горения с заданной интенсивностью.

Высокая огнетушащая эффективность достигается за счет создаваемых аэрогидродинамических характеристик дисперсных струй. Формирование струй осуществляется в рабочей камере распылителей. Конструкция распылителей обеспечивает подачу огнетушащего состава с требуемой интенсивностью равномерно по защищаемой площади.

Схема автоматизации установки пожаротушения представленная на рис. 3. Сигнал от ручного извещателя поступает на приёмную станцию (ППКОП). От приемной станции через блок С2000-КПБ подается импульс на запорно-пусковое устройство (ЗПУ). Срабатывание ЗПУ обеспечивает подачу огнетушащего вещества в испытательную камеру.

Исследование огнетушащей способности заключалось в фиксировании факта тушения модельных очагов пожаров (класса А и/или В на площади, указанной в ТД). Свободное горение происходит при включенной вентиляции в огневой камере и открытых проемах.

При испытаниях используются модельные очаги пожара:

- класса В, цилиндрические противни из стали по ГОСТ 5632 с внутренним диаметром  $(180 \pm 20)$  мм и высотой  $(70 \pm 10)$  мм, горючая жидкость – н-гептан (ГОСТ 25828) или бензин с октановым числом не ниже 80 (ГОСТ Р 51105) в количестве  $(630 \pm 15)$  мл. Время свободного горения горючей жидкости 1 мин;

- класса А, штабеля из пяти рядов брусков, сложенных в виде колодца, образующих в горизонтальном сечении квадрат и скрепленных между собой. В каждый ряд укладывают по три бруска, имеющие в поперечном сечении квадрат размером  $(25 \pm 1)$  мм и длину  $(150 \pm 5)$  мм. Средний брусок укладывается по центру параллельно боковым граням. Штабель размещается на двух стальных уголках (ГОСТ 8510), установленных на бетонных блоках или



**Рис. 2.** Внешний вид оросителя

жестких металлических опорах таким образом, чтобы расстояние от основания штабеля до пола составляло  $(100 \pm 10)$  мм. Длина стального уголка должна быть не менее указанной длины бруска. В качестве горючего материала используют бруски хвойных пород дерева не ниже 3-го сорта (ГОСТ 8486). Влажность пиломатериала от 10 % до 14 %. Под штабелем устанавливается металлический противень размером  $(150 \times 150)$  мм с бензином для зажигания древесины. Время от момента зажигания очага до момента начала подачи ОТВ (время свободного горения) составлять  $(3 \pm 1)$  мин. ГОСТ Р 53288—2009.

По истечении времени свободного горения выключается вентиляция и приводится в действие испытываемая МУПТВ. Факт тушения модельных очагов определяется визуально или с помощью доступных технических средств. Проводится не менее двух испытаний.

Результаты испытаний считаются положительными, если время тушения всех модельных очагов не превысило времени работы МУПТВ и отсутствует повторное воспламенение очагов в течение 10 мин. Схема расположения и количество очагов, применительно к круговой площади распыла, приведена на рис. 4.

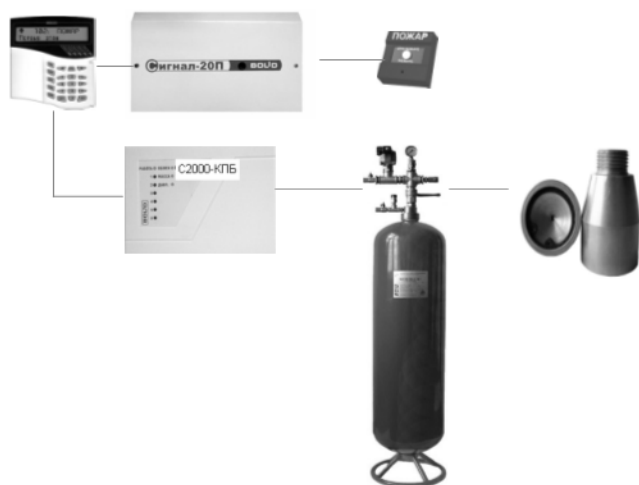


Рис. 3. Схема автоматизации установки

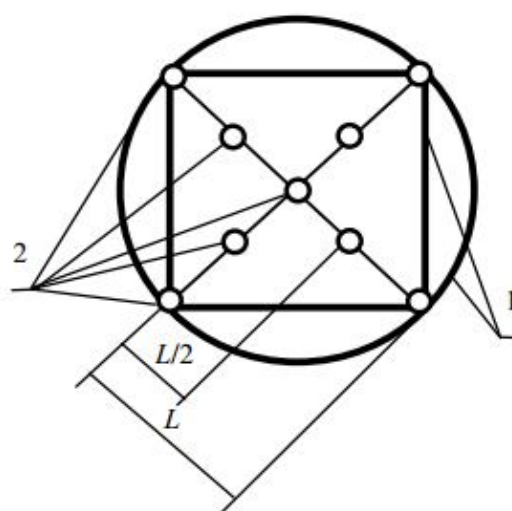
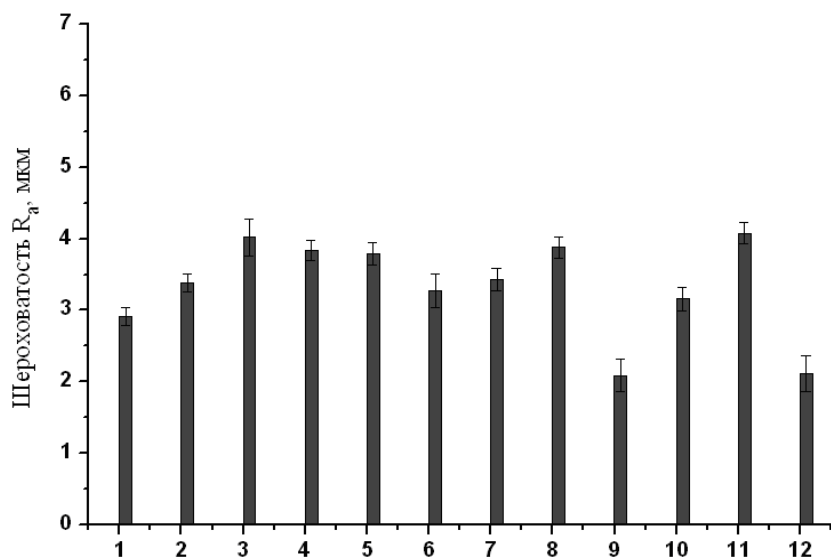


Рис. 4. Схема расположения модельных очагов пожара:  $L$  – радиус (половина диагонали) защищаемой площади; 1 – граница защищаемой площади; 2 – модельные очаги

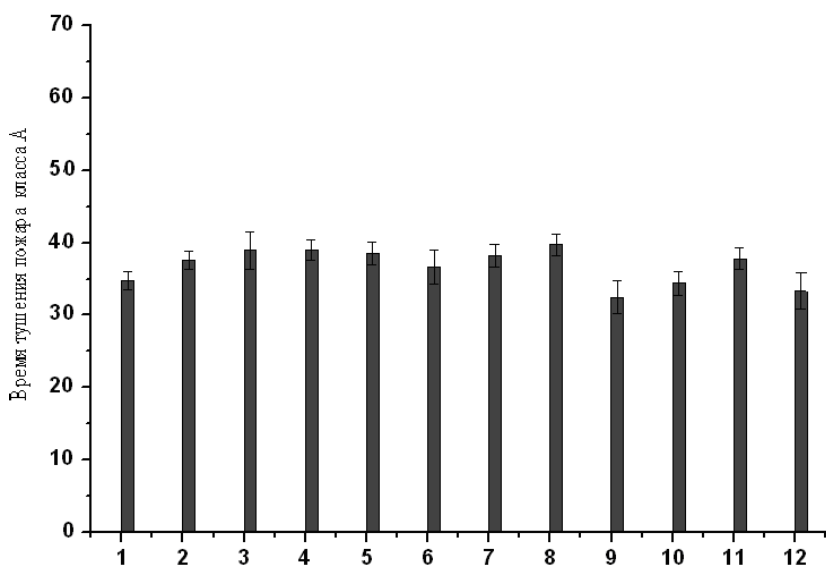
Исследование шероховатость обработанной поверхности латуни показали (рис. 5), что ионизированная воздушная среда положительно влияет на трибологическую обстановку в зоне резания улучшая качество обрабатываемой поверхности. Действие ионизированной воздушной среды на процесс обработки приводит к снижению шероховатости поверхности на 20-50 %. Можно отметить отдельные значения давления и потенциала, при которых наблюдались меньшие средние значения высоты микронеровностей по сравнению со значениями при сухом резании.

Исследование огнетушащей способности заключалось в фиксировании факта тушения модельных очагов пожаров (класса А и/или В на площади, указанной в ТД). Полученные исследования показали (рис. 6 а, б), что шероховатость поверхности оросителей влияет на результирующую огнетушащую способность, вместе с тем прослеживается, что время тушения модельных очагов пожара А и В сокращается там, где выпуск огнетушащего вещества осуществлялся через оросители имеющие меньшее значение шероховатости поверхности.

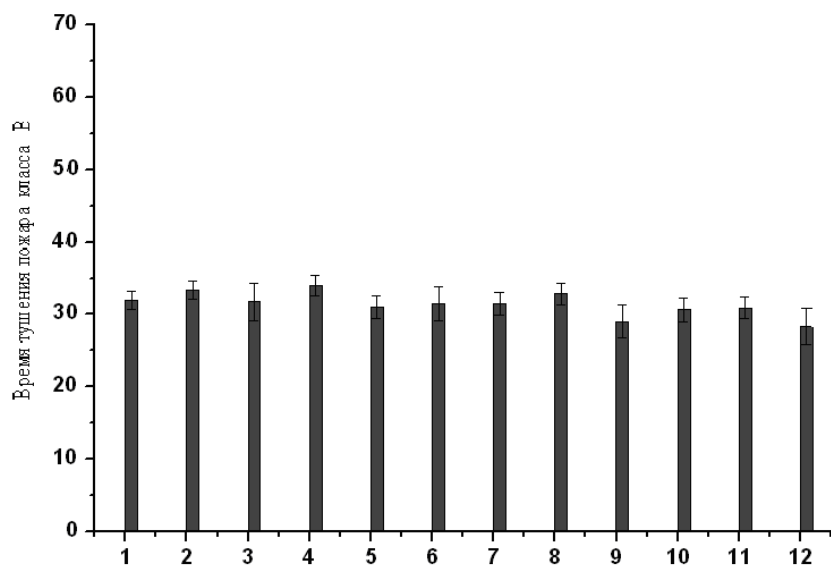
Результаты проведенных исследований показали влияние шероховатости обработанной поверхности оросителей на время тушения модельных очагов пожара, поэтому данные обстоятельства необходимо учитывать при изготовлении оросителей.



**Рис. 5.** Шероховатость поверхности после механообработки ( $t = 0,5$  мм,  $S = 0,1$  мм/об,  $V=45$  м/мин)



а)



б)

**Рис. 6.** Время (с) тушения модельного очага пожара:  
 а) класс А, б) класс В  
 Способы обработки поверхности оросителей:  
 1) резание всухую; 2) резание с обдувом воздухом 0,3 МПа; 3) обдув охлажденным воздухом 0,2 МПа; 4) обдув охлажденным воздухом 0,7 МПа; 5) резание с обдувом и ионизацией 0,2 МПа, +2 кВ; 6) 0,2 МПа, +6 кВ; 7) 0,7 МПа, +2 кВ; 8) 0,7 МПа, +6кВ; 9) 0,2 МПа, -2 кВ; 10) 0,2 МПа, -6 кВ; 11) 0,7 МПа, -2 кВ; 12) 0,7 МПа, -6 кВ

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Пахомов Г.Б.* Новейшая технология пожаротушения тонкораспыленной водой. Характеристики устройств и перспективы развития // Мир и безопасность -2008. №3.
2. *Тагиев Р.М.* Тонкораспыленная вода: правда и вымысел // Системы безопасности -2008. №4.
3. *Еловский В.С., Комельков В.А., Колбашов М.А.* Влияние механической обработки оросителей тонкораспыленной воды на дисперсность и качество огнетушащей среды Актуальные вопросы совершенствования инженерных систем обеспечения пожарной безопасности объектов: материалы Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 24 апреля 2014 г. –Иваново: ИВИГПС МЧС России.
4. *Латышев, В.Н.* Трибология резания. Кн.2 :Принципы создания эффективных СОТС / В.Н. Латышев. – Иваново: Иван. гос. Ун-т, 2009. – 156 с.: ил.
5. *Подураев В.Н., Татаринов А.С., Петрова В.Д.* Механическая обработка с охлаждением ионизированным воздухом // Вестник машиностроения. 1991 №11. С. 27-31.

**А. Б. Колобов, Ф. Б. Огурцов**

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

### **ДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ СМАЗКИ ПОДШИПНИКОВ НА ОСНОВЕ СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ВИБРАЦИИ**

Проблема оценки состояния смазки подшипников качения (ПК) является крайне актуальной при организации и планировании технического обслуживания машин и механизмов. В настоящее время для решения этой проблемы широко используется анализ вибрации подшипников в процессе их работы. Однако простейший критерий – увеличение уровня вибрации при ухудшении состояния смазки – на практике не обладает достаточной достоверностью, поскольку уровень виброактивности зависит от мощности, степени загрузки и частоты вращения роторной машины.

Целью данной работы является оценка возможностей статистического анализа высокочастотной вибрации подшипника для формирования диагностических признаков состояния смазки.

Анализ сигнала виброускорения, выделенного с помощью узкополосного фильтра с центральной частотой в диапазоне 8–30 кГц, широко используется при диагностике подшипников [1]. Однако известными методами оказывается невозможно разделить влияние дефекта смазки и контактный износ. В то же время, улучшение условий смазки качественно проявляется в изменении формы ударных импульсов, а именно – в увеличении их длительности и уменьшении амплитуды, поэтому диагностическая информация потенциально может быть получена из анализа динамики огибающей.

На данном этапе исследования были ограничены статистическим анализом производной огибающей узкополосной вибрации. Объектом исследования были образцы бездефектных подшипников типов 1203, 7203 и 3603. Исследования проводились в состояниях отсутствия смазки (протирка и обезжиривание бензином) и смазывания солидолом УС-1 (количество смазки 0,5 г на подшипник).

В процессе эксперимента внутреннее кольцо подшипника с помощью лабораторного стенда вращалось с частотой 1100 об/мин, вибрация измерялась на неподвижном наружном кольце пьезоакселерометром. Радиальная нагрузка на подшипник составляла 0,2 кгс.

Узкополосный сигнал выделялся с помощью третьооктавного фильтра с центральной частотой 8 кГц. После аналого-цифрового преобразования временной дампы с частотой дискретизации 100 кГц и временем наблюдения 10 с сохранялся в виде файла и дальнейшая его обработка проводилась в цифровом виде.

Выделение сигнала огибающей осуществлялось путем интегрирования с усреднением на полупериоде сигнала несущей. Вычисление производной производилось численным дифференцированием. Для исключения влияния дисперсии была использована нормировка и все данные представлялись в относительных единицах. Среди возможных показателей нормирования наибольшая стабильность в плане нечувствительности к выбросам была выявлена для медианного значения.

Типичный нормированный сигнал производной огибающей представлен на рис. 1.

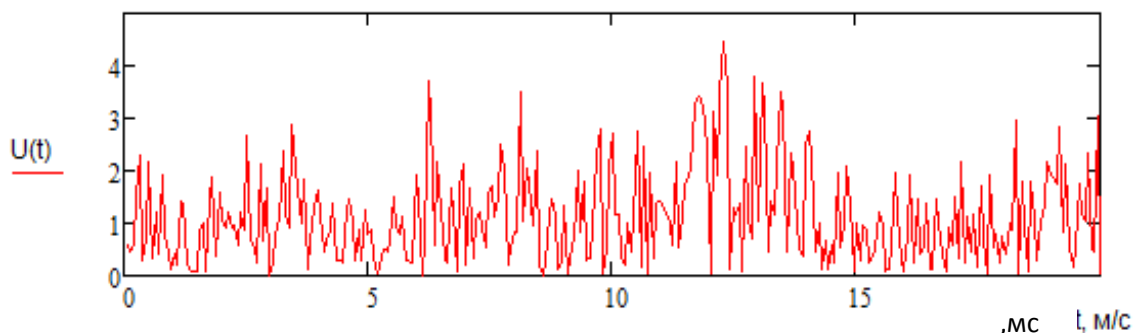


Рис. 1. Сигнал производной огибающей

Далее вычислялись гистограммы плотности распределения вероятности и были проанализированы возможности подбора подходящего закона распределения. Установлено, что статистика производной огибающей описывается законом, который при единичной дисперсии имеет только один свободный параметр.

Дополнительными исследованиями установлено, что при изменении состояния смазки распределение качественно изменяется в пределе от экспоненциального до нормального. В связи с этим было предложено описать экспериментальные результаты с помощью нецентрального хи-квадрат распределения с двумя степенями свободы, записанного в следующем виде:

$$P(x) = A \cdot e^{-\frac{k \cdot x + m}{2}} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(m \cdot k \cdot x)^n}{n! \cdot \Gamma(n+1)}$$

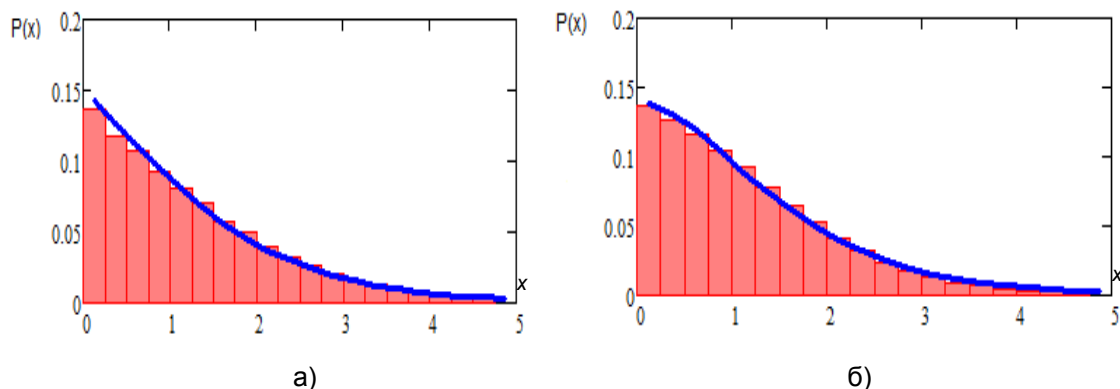
Коэффициенты  $A$  и  $k$  в данном случае выполняют роль масштабных факторов, а параметр смещения  $m$  является основной характеристикой распределения. Было установлено, что бесконечный ряд в данном выражении быстро сходится, и при полученных в эксперименте данных достаточно ограничиться 5 членами ряда.

Подбор параметров распределения осуществлялся методом наименьших квадратов. Результаты регрессии представлены в табл. 1.

Таблица 1. Значения параметра  $m$

Состояние смазки	Хорошее			Недопустимое		
	1	2	3	1	2	3
Повтор						
1203	0,38	0,4	0,39	0,51	0,52	0,52
3603	0,45	0,43	0,43	0,91	0,93	0,89
7203	0,48	0,48	0,49	0,58	0,59	0,6

Гистограммы плотности распределения вероятности и подобранные законы для подшипника 7203 при различных состояниях смазки представлены на рис. 2.



**Рис. 2.** Гистограммы и законы плотности распределения производной огибающей при хорошем (а) и неудовлетворительным (б) состоянии смазки

Как видно из полученных результатов, различие состояния смазки существенно влияет на величину параметра  $m$ , и потенциально он может служить в качестве основного или вспомогательного диагностического признака. В то же время, чувствительность данной методики существенно зависит от типа подшипника, и пороговые уровни требуют конкретной типовой привязки. Кроме того, физическое обоснование использования нецентрального хи-квадрат распределения требует дальнейших исследований.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Клюев, В.В. Неразрушающий контроль: Справочник. В 7 т. Т.7. Вибродиагностика / В.В.Клюев и [др.]. – М.: Машиностроение, 2007. – 732 с.

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

#### ТРИБОМЕТР ЛАБОРАТОРНЫЙ ПОСТУПАТЕЛЬНЫЙ ТЕРМОСТАБИЛИЗИРОВАННЫЙ

Надежное тестирование смазочных свойств масел, трибоактивных присадок является одной из актуальных задач, стоящей машиностроению. Особенно это важно для смазочных материалов, использующихся в спасательной технике, которые работают в условиях повышенных температур.

В настоящее время существуют большое число испытательных установок, обеспечивающих различные схемы трения [1]. Однако большинство из них не предполагает испытания с нагревом зоны трения. А если нагрев и предусмотрен, но в приборе не предполагается стабилизация температуры зоны трения. Таким образом, создание трибометра, позволяющего надежно изучать зависимость трибологических свойств смазочных материалов от температуры, является актуальным.



Устройство трибометра ТЛПТ-01. Для решения поставленной задачи нами была сконструирована экспериментальная установка по исследованию трения – трибометр с рабочим названием ТЛПТ-01 (трибометр лабораторный поступательный термостабилизированный). Конструкция трибометра защищена патентом на полезную модель RUS 138016 05.02.2014 [2].

Трибометр ТЛПТ-01 предназначен для испытания материалов на трение при поступательном относительном перемещении образцов, а именно, для воспроизведения явления трения скольжения между материалами образца и контробразца в среде жидкого, твердого и пластичного смазочного материала. Трибометр ТЛПТ-01 может применяться в лабораториях научно-исследовательских организаций в нормальных условиях окружающей среды для определения силы трения при поступательном относительном перемещении образцов из однородных или разнородных материалов на различных режимах эксперимента.

В состав трибометра ТЛПТ-01 входят следующие составные части: установка испытательная; блок управления приводом и записи силы трения на базе ПК и блок управления нагревом. Установка испытательная (рис. 1) состоит из следующих составных частей: плиты основания с регулируемыми опорами (1); модуля возвратно-поступательного перемещения стола (2); механизма нагружения образцов (6); силоизмерителя (9). Модуль возвратно-поступательного движения стола собран на базе координатного стола SKD-200 (3) с диапазоном рабочего хода 200 мм и нагрузочной способностью до 300 кг. Движение винта осуществляется шаговым двигателем FL57STH56-2804A (10), обеспечивающим максимальный момент 12.6 кгс·см и угловой шаг —  $0,9^\circ$  и дробление основного углового шага до  $0,009^\circ$ . Для ограничения хода стола и аварийной остановки установлены концевые выключатели (8).

На координатном столе закреплен нагревающий элемент - тен, обеспечивающий подогревание ванночки с исследуемой смазкой и образца трения мощностью до 1000 Вт. Для уменьшения теплотерь и защиты привода от нагрева между нагревательным элементом и столиком помещена каолиновая вата (11). Механизм нагружения образцов представляет собой рычаг (6) с тарированными грузами (2). Рычаг через шарнирную опору соединен с динамометром ТС603-0,2 (9), который позволяет измерять горизонтальную силу, возникающую из-за трения, действующую на опору и передавать сигнал для записи на ПК. Диапазон измеряемой силы трения 0,5...200 Н. Прижимная нагрузка на образец создается ступенчато системой тарированных грузов.

Узел трения испытательной установки представлен на рис. 2. На координатном столе на нагреваемой снизу металлической плите (4) устанавливается металлическая ванночка (1) полостью для заливки смазочного материала и образцом в виде пластины размером  $140 \times 20 \times 3$  мм (2). Контртелом пары трения является стальной шарик (3) диаметром 5 мм. Он закрепляется в держателе на рычаге нагружающего устройства.

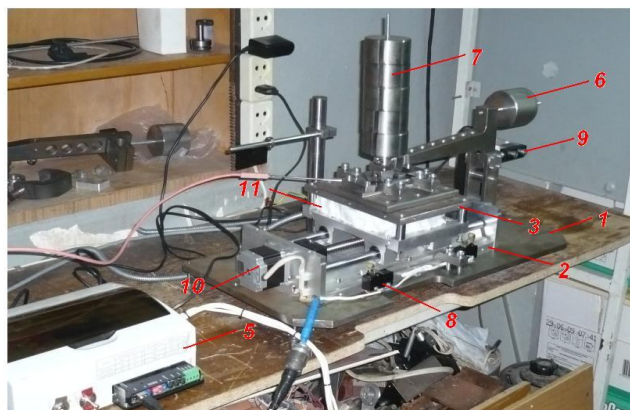


Рис. 1. Общий вид установки испытательной ТЛПТ-01

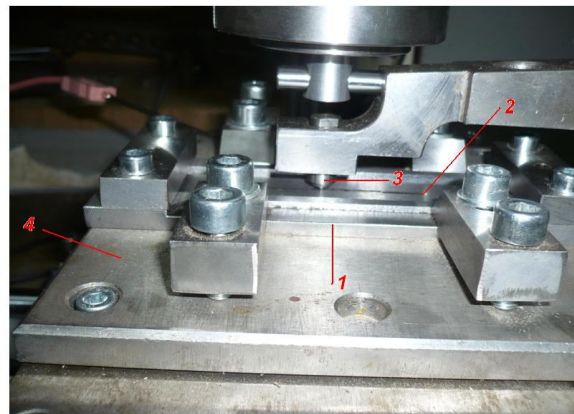
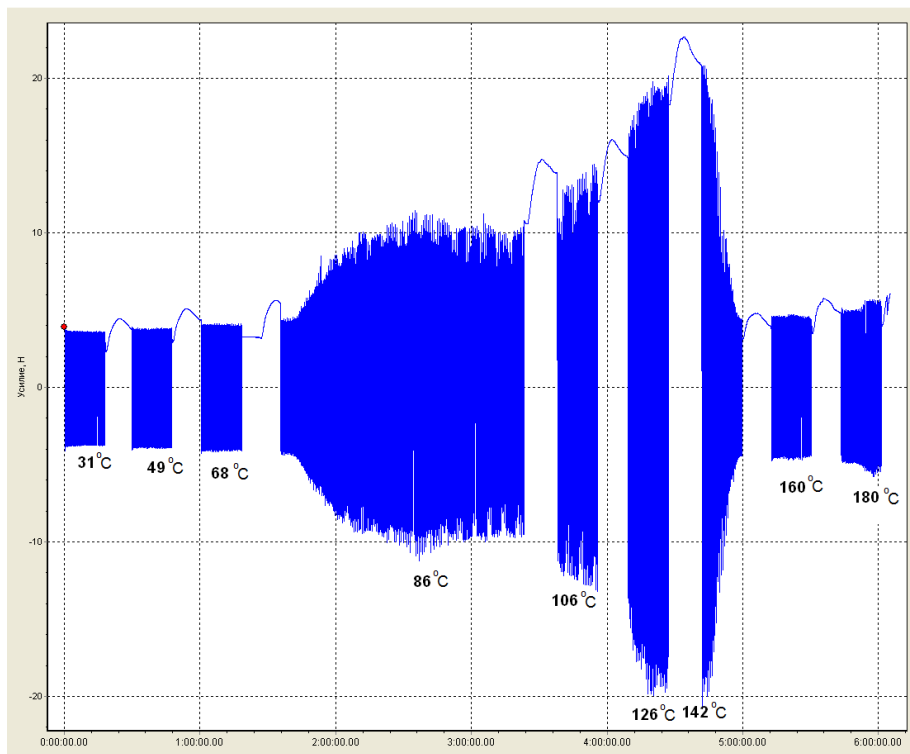


Рис. 2. Узел трения установки ТЛПТ-01: 1 – ванна со смазочным материалом; 2 – образец; 3 – контртело; 4 – нагреваемая плита

Блок управления шаговым двигателем SMSD-4.2 позволяет программно управлять перемещением координатного стола по заданной программе с ПК. Это обеспечивает широкий диапазон скоростей поступательного перемещения стола 0...200 мм/мин, и путей трения — 0...100 мм.

Управление нагревом осуществляется блоком терморегуляции на базе регулятора МЕТАКОН-523-Т-ТП-1. Сигнал по температуре с термопары, опущенной в смазочную ванну, подается на семисторный регулятор, который за счет изменения мощности нагрева позволяет поддерживать заданную температуру. Диапазон температур нагрева — до 200 °С. Методика работы на трибометре. Управление приводом можно осуществлять в ручном режиме или с помощью контроллера. Ручной режим служит для предварительной регулировки прибора. Переключение режимов осуществляется тумблером на блоке управления. Рабочим режимом испытаний является управление подачей с контроллера. Программирование контроллера осуществляется с ПК. В программе можно задавать скорость и ускорения подачи, режим паузы, направление движения, длину пути, смену направления движения и т.п. характеристики привода.

Сила трения измеряется динамометром (рис. 1). Сигнал с тензодатчика динамометра передается и регистрируется на ПК через СОМ-порт в режиме реального времени с интервалом опроса не более 200 мс. Пример работы программы записи силы трения от времени испытания приведен на рис. 3. По окончании работы массив данных сохраняется в txt-файле и может и может быть использован для дальнейшего анализа и обработки.



**Рис. 3.** Пример трибограммы испытаний при ступенчатом нагреве: пара трения Р6М5 – ШХ15, вазелиновое масло, скорость трения – 2 мм/с, амплитуда перемещения – 2 мм, нагрузка – 30 Н

Тестовые испытания. Для проверки работоспособности были проведены тестовые испытания. В результате подбора режима испытаний было установлено, что варьирование скорости испытаний от 200 мкм/с до 2 мм/с не влияет на силу трения. Использование больших значений путей трения оказалось нецелесообразно из-за неравномерности условий трения на различных участках длинного пути. Кроме того, малый путь трения позволяет наносить ма-

лые объемы жидких и консистентных смазочных материалов до  $10^{-3}$  мл, что важно при испытании смазок с дорогостоящими присадками, когда исследователь имеет ограниченные материальные возможности их тестирования. В результате предварительных таких тестов нами были выбраны следующие параметры трибоиспытаний: скорости 100 шагов/сек (200 мкм/с) и длина пути трения в одном направлении – 2000 шагов (4 мм).

Результаты тестовых испытания показали, что увеличение нагрузки дает пропорциональный рост силы трения в соответствии с законом трения Кулона-Амтона [3]. Были также измерены коэффициенты трения для различных смазочных материалах и пар трения. СМ с трибоактивными присадками, как и ожидалось, значительно уменьшали коэффициент трения исследуемой пары. Исследования показали, что необходимо тщательная очистка поверхности трения от внешних загрязнений и смазочных пленок.

Влияние температуры носит нелинейный характер (рис. 3). Таким образом, созданная установка позволит изучать явления фазообразования в граничных смазочных слоях на основе изучения изменения трибологических свойств смазочного слоя от температуры на следующем этапе исследований.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ по проектной части государственного задания вузу № 9.700.2014/К и гранта РФФИ № 15-43-03125 р\_центр\_а.*

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Комбалов В.С.* Методы и средства испытаний на трение и износ конструкционных и смазочных материалов. Справочник. — М.: Машиностроение, 2008. 384 с.
2. Устройство для измерения силы трения // Патент на полезную модель RU 138016 Авторы: Новиков В.В. и др. Опубл. 05.02.2014.
3. *Мышкин Н.К., Петроковец М.М.* Трибология: принципы и приложения. — Гомель: ИМПС НАН, 2002. 310 с.

***Е. Ю. Моисеева, В. П. Зарубин, И. А. Легкова, В. Е. Иванов***  
(ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»)

#### **ВЫБОР СХЕМЫ ТРЕНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТРИБОТЕХНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Понятие надежности и долговечности актуально для любой техники и особенно для пожарной, работающей в тяжелых, а иногда и экстремальных условиях. Детали узлов пожарной техники должны безотказно работать в любых условиях. Особое внимание стоит уделять узлам механизмов, в которых детали перемещаются относительно друг друга, и как следствие между ними возникает трение, влекущее за собой потери мощности и износ. Для снижения трения в узлах машин и механизмов применяют различные масла и смазки. Применение в машинах масел и смазок высокого качества позволяет не только понизить трение, но и дает возможность значительно продлить срок службы узла трения и машины в целом. Поэтому в настоящее время с ростом нагрузок и скоростей в технике исследователи создают новые смазочные материалы, позволяющие не только снизить трение и защитить пару трения от износа, но и значительно продлить срок службы деталей машин.

Одним из этапов в разработке новых смазочных материалов является проведение лабораторных триботехнических исследований. Очень часто такого рода исследования проводятся на стандартных машинах трения с различными парами трения. Одной из самых распространенных пар трения в лабораторных условиях является пара диск – колодка (рис. 1).

Очень часто материалом для образцов является сталь 45 с твердостью HRC 45 – 50. Вращающийся диск (ролик) имеет диаметр 40 мм и ширину 10 мм. Образец имеет размеры  $l \times b \times h = 10 \times 10 \times 10$  мм. Все образцы имеют одинаковые поверхности 8 класса шероховатости по ГОСТ 2789. Образец и контртело представлены на рис. 2.

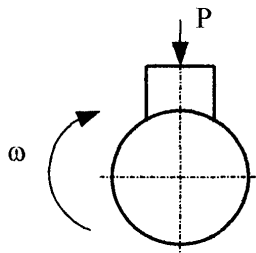


Рис. 1. Схема испытания образцов («диск – колодка»)

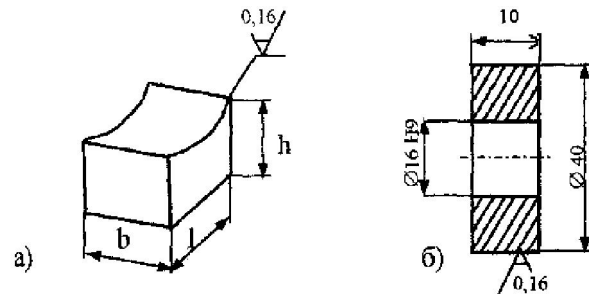


Рис. 2. Образец (а) и контртело (б) для проведения испытаний на трение и изнашивание

С помощью представленной схемы трения определяют коэффициент трения и износ деталей пары трения. Датчики машины трения измеряют момент трения на валу, а величина коэффициента трения определяется по формуле:

$$f = 2M_{\text{ТР}} / (d_p \cdot P),$$

где  $f$  – коэффициент трения;  $M_{\text{ТР}}$  – момент трения, Н·м;  $d_p$  – диаметр ролика, м;  $P$  – нагрузка, Н.

Износ поверхности трения при такой схеме определяют либо взвешиванием образца до и после трения, либо с помощью искусственных баз – установлением линейного износа по заранее нанесенным отпечаткам на твердомемере ТКС – 1 М коническим твердосплавным индентором с углом при вершине  $\alpha = 120^\circ$  (рис. 3). Диаметры отпечатков определяются с помощью микроскопа.

Величина линейного износа с учетом вогнутости поверхности определяется по формуле:

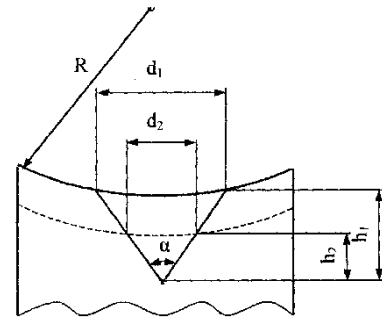


Рис. 3. Схема определения линейного износа по методу «искусственных баз»

$$\Delta h = \frac{(d_1 - d_2)}{m} - \frac{(d_1 - d_2)}{8 \cdot R}, \quad m = \frac{2}{\text{tg}(90 - \alpha/2)},$$

где  $\Delta h$  – линейный износ, мкм;  $d_1$  – диаметр отпечатка до изнашивания, мкм.;  $d_2$  – диаметр отпечатка после изнашивания, мкм.;  $R$  – радиус вогнутости поверхности, мкм.

Интенсивность изнашивания определяется по формуле:

$$I = \Delta h / S,$$

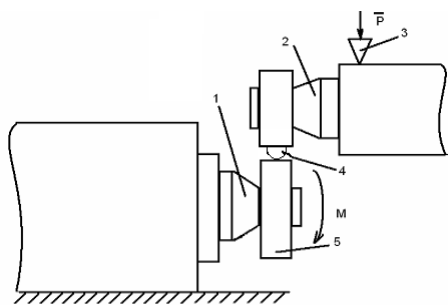
где  $I$  – интенсивность изнашивания, мкм/км;  $S$  – путь трения, км.

Однако представленная выше схема требует значительных затрат времени на проведение приработки (получения полного пятна контакта) и на проведение самого эксперимента. Поэтому такая схема не совсем удобна для отбора образцов смазки с лучшими показателями из большого перечня.

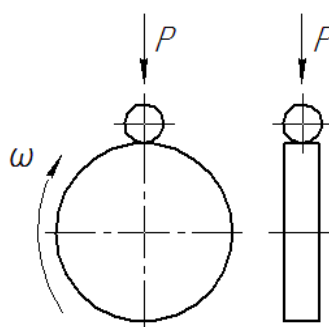
Для оценки антифрикционных, противозадирных и противоизносных свойств жидких и пластичных смазок широкое применение нашли схемы трения с переменной площадью контакта. К ним можно отнести: пару трения «диск – диск», при этом оба диска могут быть подвижными и вращаться либо с одинаковой, либо с разной скоростью моделируя различные условия трения; «цилиндр – цилиндр» с различным расположением осей цилиндров; пару трения четырехшариковой машины состоящей из четырех шариков составленных в пирамиду. Опыт показывает [1-4], что испытания по таким схемам отличаются высокой экспрессностью и надежностью результатов. Среди экспериментальных установок, предназначенных для оценки смазочных свойств масел, смазок и композиций, наиболее распространена четырехшариковая машина трения [2]. Однако дефицитность ее заставляет исследователей разрабатывать методики оценки триботехнических свойств смазочных материалов, не уступающие по надежности и экспрессности методики четырехшариковой машины и легко реализуемые на серийных износоиспытательных установках типа СМЦ – 2, СМТ – 1 и аналогичных [3, 4]. В частности, в [4] применительно к указанным выше машинам предлагается использовать схему трения «вращающийся диск – неподвижный шарик». При этом ожидается уменьшение затрат времени при достаточно высокой надежности результатов.

Упрощенная схема узла трения машины представлена на рис. 4.

Схема испытаний, вращающийся диск – неподвижный шарик, представлена на рис. 5.



**Рис. 4.** Упрощенная схема узла трения машины СМТ – 1: 1 – нижний (вращающийся) вал; 2 – верхний (неподвижный) вал; 3 – нагружающее устройство; 4 – шарик; 5 – контртело



**Рис. 5.** Схема испытания образцов (диск – шарик)

Материалом пары трения может быть: диск – сталь 45 с твердостью HRC 45 – 50; шарик – сталь ШХ 15. Вращающийся диск (ролик) должен иметь диаметр 40 мм и ширину 10 мм. В качестве шарика предлагается использовать тело качения шарикоподшипника № 111 с диаметром  $d = 10,32$  мм.

В процессе исследований смазочных материалов по схеме трения вращающийся диск – неподвижный шарик можно фиксировать изменения коэффициента трения и изменения интенсивности изнашивания пары трения. Коэффициент трения определяется по формуле аналогичной для пары трения «диск – колодка». За характеристику противоизносных свойств предлагается принимать средний приведенный диаметр из условия равенства удельных нагрузок или площадей эллипса и приведенного круга:

$$d = ((d_1^2 + d_2^2)/2)^{1/2},$$

где  $d_1$  – диаметр пятна износа в горизонтальном направлении, мм;  $d_2$  – диаметр пятна износа в вертикальном положении, мм.

Указанный выше способ определения основных триботехнических характеристик смазочных материалов на стандартных машинах трения по схеме «диск – шарик» позволит проводить экспресс исследования большого количества образцов смазок и за относительно короткое время отобрать более интересные для дальнейшего исследования образцы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Пружанский Л.Ю.* Исследование методов испытаний на изнашивание. – М.: Наука, 1978. – 116 с.
2. Словарь-справочник по трению, износу и смазке. - Киев: Наука Думка, 1979. – 188 с.
3. *Калинин А.А.* и др. Ускоренная методика оценки противоизносных и антифрикционных свойств пластичных смазок // – Заводская лаборатория. - 1984. - №2. – С. 78 – 80
4. *Калинин А.А., Замятина Н.И.* Экспрессная методика оценки смазочных свойств жидкостей и пластичных смазок по схеме трения «диск – шарик» // – Заводская лаборатория. - 1986. - №4. – С. 64 – 67.

*Д. С. Репин, Е. В. Зарубина, Н. В. Ладанов*

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

#### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ ПРИСАДОК КАК СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СОТС

Повышение работоспособности режущего инструмента в металлообработке способствует повышению точности и качества обрабатываемых деталей. Быстрорежущие инструментальные материалы до сих пор имеют широкое применение для изготовления режущего инструмента. Выдерживая большие механические нагрузки, инструменты из быстрорежущей стали не могут работать с требуемыми на сегодняшний день скоростями резания из-за относительно малой теплостойкости. Применение высокоэффективных СОТС расширяет возможности быстрорежущих инструментов. Задача разработки таких СОТС, изыскание новых методов их активации, с целью достижения более высоких результатов, в металлообработке является актуальной [1].

Совершенствование процессов механической обработки металлов резанием тесно связано с разработкой эффективных смазочно-охлаждающих технологических (СОТС). Одним из направлений решения ряда этих задач является совершенствование СОТС посредством введения различных по химическому строению и функциональному назначению присадок и активация внешними воздействиями.

Исследование СОТС проходило на операции сверления. Сверление является одним из самых распространенных методов получения отверстий. Режущим инструментом здесь служит сверло. Сверло – более сложный инструмент, чем резец. В более сложных условиях протекает и процесс резания сверлом: затруднен отвод стружки и подвод охлаждающей жидкости; наблюдается значительное трение стружки о поверхность канавок сверла и самого сверла об обработанную поверхность и т.д. Все это вызывает более тяжелые, по сравнению с точением, условия процесса стружкообразования при сверлении, большие деформации срезаемого слоя, увеличенное тепловыделение и повышенный нагрев сверла.



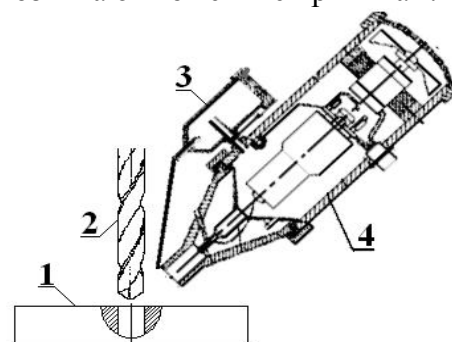
Если рассматривать процесс стружкообразования на небольшом участке режущей кромки, то он подчиняется тем же закономерностям и сопровождается теми же явлениями, что и при точении; упругие и пластические деформации, тепловыделение, наростообразование, упрочнение, износ инструмента здесь возникают по тем же причинам.

Для изучения смазочной способности активированных полимерсодержащих СОТС на операции сверления были взяты следующие материалы: сталь 45, сталь 12Х18Н10Т и титан ВТ1-0. Образцы были изготовлены в форме диска, что позволяло обеспечить возможность многократного проведения экспериментов. Используемые образцы имели следующие размеры: диаметр 80 мм, толщина 10 мм.

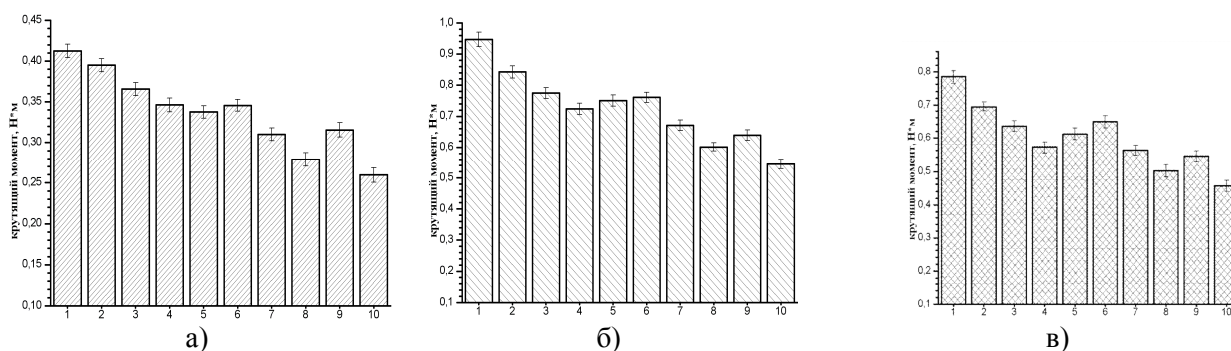
Режимы резания выбирались согласно справочнику для операции сверления стали 45, нержавеющей стали 12Х18Н10Т и титана ВТ1-0. Подача СОТС осуществлялась капельным путем и составила 110 – 120 капель в минуту. Ионизатор со специально разработанной насадкой размещался на установке, как показано на рис. 1. Были проведены эксперименты по определению крутящего момента при использовании полимерсодержащих СОТС как с применением, так и без применения активацией коронным разрядом.

В качестве присадок к СОТС были выбраны следующие вещества - полиэтиленгликоль (ПЭГ) и поливиниловый спирт (ПВС). Выбранные вещества не имеют запаха и нетоксичны, а также обладают высоким содержанием кислорода [3]. Благодаря содержанию атомов кислорода они обладают хорошей растворимостью в водных растворах [2]. «Эфтол» (композиция на основе гликоля, органических ПАВ с антифрикционными присадками и ингибиторами коррозии, рекомендуемая концентрация рабочего раствора (%) при лезвийной обработке 5,0), широко применяемый на производстве был выбран как базовое СОТС.

Результаты полученных экспериментов представлены на рис. 2.



**Рис. 1.** Схема размещения ионизатора при испытании на сверление: 1 – обрабатываемый материал, 2 – режущий инструмент, 3 – емкость для подачи СОТС, 4 – ионизатор



**Рис. 2.** Диаграмма крутящего момента при сверлении различных материалов с использованием активированных и неактивированных коронным разрядом полимерсодержащих СОТС:

- а) сталь 45 ( $V = 26$  м/мин,  $t = 3,35$  мм,  $S = 0,1$  мм/об);
- б) ВТ1-0 ( $V = 16$  м/мин,  $t = 3,35$  мм,  $S = 0,1$  мм/об);
- в) 12Х18Н10Т ( $V = 18$  м/мин,  $t = 3,35$  мм,  $S = 0,1$  мм/об)

В результате проведенных исследований установлено, что активированное полимерсодержащее СОТС, улучшает смазочные свойства базовой и неактивированной полимерсодержащей СОТС, способствует уменьшению крутящего момента.

Наибольший эффект от данных СОТС наблюдался при сверлении титана ВТ1-0. Данными экспериментами установлено, что как и в случае точения, наиболее лучшие результаты

были достигнуты при использовании в качестве присадки к СОТС ПВС активированной отрицательным зарядом. Как было сказано выше, наибольший эффект был достигнут при сверлении титанового сплава. При чем эффективными оказались как активированные так и неактивированные коронным разрядом полимерсодержащие СОТС. При обработке стали 45 и 12Х18Н10Т использование данных СОТС так же позволяет уменьшить величину крутящего момента, хотя и не так значительно как при сверлении ВТ1-0.

Так, использование в качестве присадки ПВС уменьшает  $M_{кр}$  по сравнению с базовой СОТС с 0,84 до 0,54 Н\*м при сверлении стали 12Х18Н10Т. При сверлении стали 45 значение  $M_{кр}$  для Эфтола составил 0,69 Н\*м, активированная полимерсодержащая СОТС позволила снизить  $M_{кр}$  до 0,45 Н\*м. При обработке титанового сплава ВТ1-0 были получены следующие значения  $M_{кр}$  0,39 Н\*м для базовой, использование активированной СОТС уменьшило  $M_{кр}$  до 0,26 Н\*м. Применение полимерсодержащего СОТС уменьшает величину крутящих моментов за счет снижения трения и работы, затрачиваемой на деформацию снятия стружки. Достигнуть такие результаты помогает применение полимерсодержащих СОТС активированных коронным разрядом.

Проведенные исследования смазочных свойств полимеров позволяют сделать вывод о том, что молекулярные цепи полимеров, подвергаясь действию коронного разряда, разрушаются с образованием макрорадикалов высокой реакционной способностью. Макрорадикалы адсорбируются на ювенильных поверхностях металлов, уменьшают свободную энергию поверхности, создают защитные смазочные пленки, тем самым, облегчая процесс сверления.

#### 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.

**С. Д. Сухих, В. В. Киселев**

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

#### ИССЛЕДОВАНИЕ СМАЗОК, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОТКРЫТЫХ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧАХ

В зависимости от конструктивного исполнения различают открытые и закрытые зубчатые передачи. В открытых передачах зубья колес не защищены от влияния внешней среды и работают всухую или периодически смазываются пластичным смазочным. Закрытые передачи помещаются в пыле- и влагонепроницаемые корпуса (картеры) и работают в масляной ванне (зубчатое колесо погружают в масло на глубину до  $\frac{1}{3}$  радиуса). Что касается пожарной техники, то здесь открытые зубчатые передачи применялись уже на рубеже XIX века в приводе подъема автолестниц.





Рис. 1. Автолестница

Известно, что в открытых зубчатых передачах абразивный износ, стирание поверхности зубьев происходит быстрее, чем процесс выкрашивания рабочих поверхностей зубьев. Поэтому актуальной задачей является регулярное смазывание зубчатых колес. Для открытых зубчатых передач, работающих при окружных скоростях до 4 м/сек, обычно применяют периодическую смазку весьма вязкими маслами или пластичными смазками, которые наносят на зубья через определенные промежутки времени. В некоторых случаях применяют капельную смазку или смазку из корыта, наполненного вязким маслом и расположенного под зубчатым колесом.

В настоящее время рынок смазочных материалов наполнен широким спектром разнообразных масел и смазок. В данной работе была исследована смазка компании TERMOLIT. Смазки серий «Termo» и «Elit» производятся на основе высококачественного масла, литиевого и комплексного литиевого мыла и современных присадок.

Компания заявляет, что данные смазки, способны полностью удовлетворить требованиям современного оборудования и в большинстве случаев заменить дорогостоящие импортные аналоги. Благодаря комбинации невысокой цены российского масла и высокой эффективности импортных присадок достигается конкурентоспособная цена на конечный продукт.

К заявленным преимуществам смазок серий «Termo» и «Elit» можно отнести следующее:

- качество смазок не уступает зарубежным аналогам, а цена значительно ниже;
- универсальные смазки защищают от износа в широком диапазоне температур – от -40°C до +250°C;
- увеличивают время между заменами смазки;
- увеличивают ресурс деталей в 2-3 раза;
- полностью устраняют мелкие и средние дефекты трения, значительно снижают отрицательное влияние крупных дефектов;
- значительно снижают шум и вибрацию изношенных узлов;
- обеспечивают стабильную работу узла в условиях воздействия кислой и щелочной среды, воды, влажности воздуха, СОЖей и других неблагоприятных факторов.

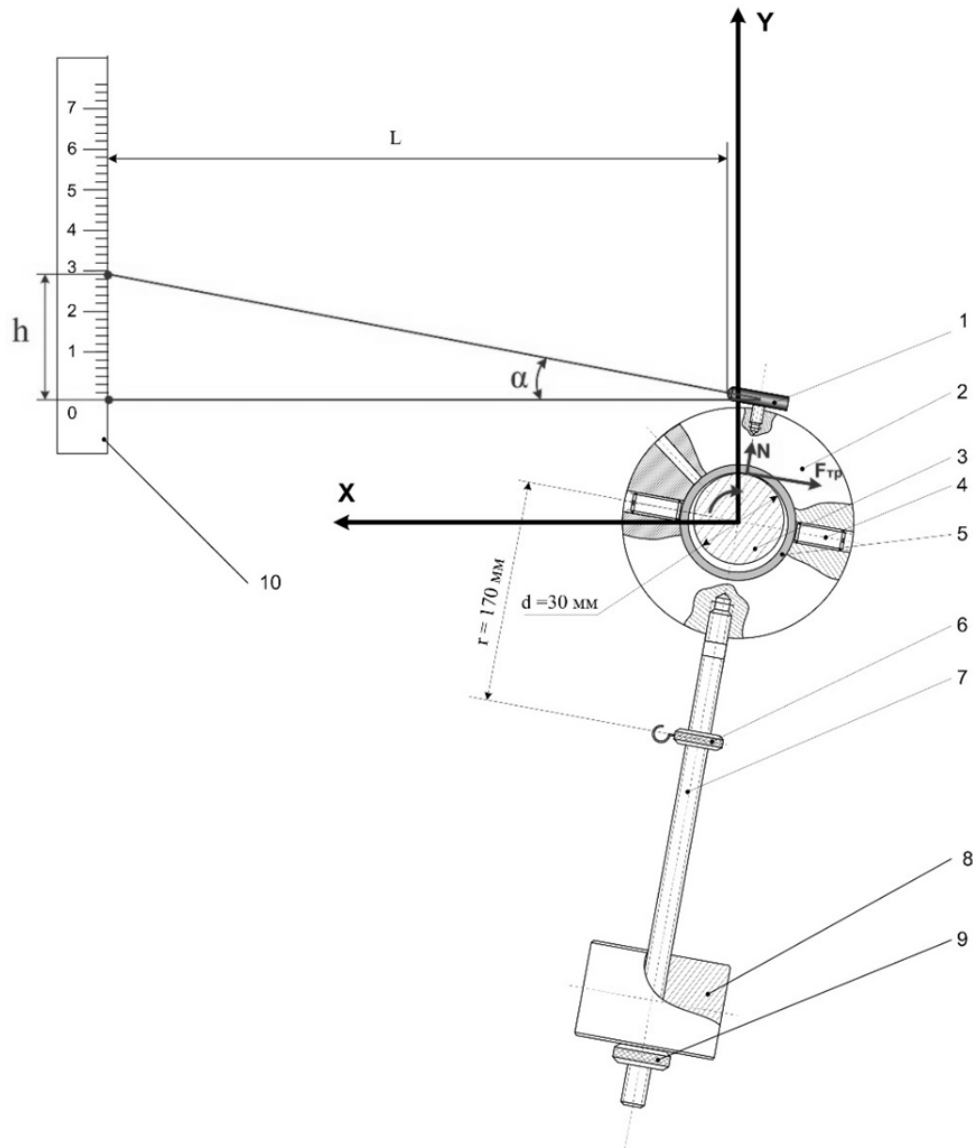
В данной работе для оценки триботехнических характеристик смазки была взята зависимость коэффициента трения от приложенной нагрузки. Данная характеристика определяет границы работоспособности пары трения, ресурс и срок службы узла трения.

Исследование триботехнических характеристик смазки проводилось на токарно-винторезном станке модели 16К20 с помощью маятника, принципиальная схема которого представлена на рис. 2. Нагрузка в контактирующей паре трения составляла 200 Н, скорость скольжения 5 м/с.

Коэффициент трения определялся по следующей формуле:

$$\mu = \frac{2 \cdot r \cdot h}{d \cdot L}, \quad (1)$$

где L – кратчайшее расстояние от источника излучения до измерителя в неподвижном состоянии, мм; h – перемещение луча на измерителе, мм; r – расстояние от оси вращения до центра тяжести маятника, мм; d – диаметр вала, мм.



**Рис. 2.** Экспериментальная установка:

1 – источник когерентного излучения, 2 – муфта, 3 – вал, 4 – винт, 5 – втулка-образец, 6 – гайка с крючком, 7 – стержень, 8 – груз, 9 – контргайка, 10 – шкала измерительная

Результаты испытания показали, что исследуемая смазка отвечает заявленным характеристикам. При увеличении нагрузки в узле трения коэффициент трения оставался практически неизменным и близким к нулю. При использовании испытуемой смазки удалось увеличить период между заменами смазки до 2,5 раз.

Применение смазок серий «Термо» и «Elit» в открытых зубчатых передачах позволит существенно повысить эффективность производства, увеличить ресурс оборудования, сократить трудозатраты по замене смазки и деталей, избежать частых остановок оборудования.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Киселев В.В., Зарубин В.П., Никитина С.А., Покровский А.А. Разработка новых смазочных композиций, повышающих надежность пожарной техники / Известия МГТУ «МАМИ» № 1 (19), т. 3, 2014. - С. 66 - 73.
2. <http://tpgargo.ru>
3. <http://www.mirsmazok.ru>

*В. Г. Спиридонова, В. В. Киселев, С. А. Никитина*  
(ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»)

## **АНАЛИЗ ВИДОВ ИЗНОСА И СПОСОБОВ СНИЖЕНИЯ ИЗНОСА ДЕТАЛЕЙ ПОЖАРНОЙ ТЕХНИКИ**

Работа всех машин и механизмов основана на относительном перемещении сопряженных поверхностей, сопровождаемым их трением и износом. Поэтому проблема трения и износа является одной из наиболее общих и важных, определяющих, в значительной мере, развитие и прогресс большинства отраслей техники. Этим и подтверждается влияние успешной разработки проблем трения и износа на развитие всех отраслей хозяйства.

Износ деталей оказывает решающее влияние на долговечность и эксплуатационную надежность пожарных 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.

Применительно к пожарной технике эта проблема наиболее актуальна, поскольку в данной сфере 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. Изнашивание деталей приводит к ухудшению технических характеристик механизмов, снижению скорости движения пожарных автомобилей, подачи и напора, развиваемых пожарными насосами. Все это приводит к преждевременной постановке автомобилей на техническое обслуживание или ремонт. Раскрытию механизма и основных закономерностей трения и изнашивания посвящены исследования многих российских и зарубежных ученых, среди которых фундаментальное значение имеют работы М.М. Хрущева, В.Д. Кузнецова, П.А. Ребиндера, И.В. Крагельского, А.С. Ахматова, Ф. Боудена и Д. Тейбора, Д.Н. Гаркунова, Н.Б. Демкина, Б.И. Костецкого и др.

И.В. Крагельский в работе отмечает, что взаимодействие твердых тел представляет собой сложное явление, состоящее из четырех групп процессов:

- 1) механических (деформация упругая и пластическая, колебания);
- 2) молекулярно-физических (диффузия, адсорбция, контактное плавление, нагрев);
- 3) механо-химических (хемосорбция на поверхностях, распад и образование химических и высокомолекулярных соединений в смазке);
- 4) электрических, электрокинетических, электрохимических и других в результате т.э.д.с., э.д.с., электромагнитной индукции, гальванического электричества.

Протекание всех этих процессов существенно влияет на свойства трущихся тел, особенно на их стойкость при повторных деформациях.

Исследованию изнашивания посвящено большое количество работ. Существуют несколько достаточно полных классификаций износа. Весьма интересна классификация, основанная на видах разрушения фрикционных связей, т.е. на видах деформирования и разрушения материала в зонах фактического касания твердых тел. Наиболее распространены виды изнашивания в узлах и рабочих органах машин и механизмах – абразивный, адгезионный, кавитационный, коррозионный, усталостный и эрозионный. Применительно к узлам трения, работающим в условиях граничной смазки, наиболее распространенными являются усталостный, коррозионный и частично – адгезионный виды износа.

Молекулярный износ имеет место при разрушении фрикционных связей, образованных в результате межмолекулярных взаимодействий между пленками, находящимися на поверхностях твердых тел.

Образование молекулярных связей, приводящих к разрушению поверхностного слоя в условиях граничной смазки, вероятно только в период сдвига, т.е. когда микронеровности продавливают смазочную пленку и могут образовывать достаточно прочные молекулярные связи. При скольжении пленка смазочной среды на поверхностях твердых тел существенно снижает интенсивность межмолекулярных взаимодействий и значительно уменьшает интенсивность молекулярного износа.

Коррозионный износ – это разрушение поверхностных слоев твердых тел вследствие механических воздействий и влияния среды. Разрушение возможно из-за механических воздействий на пленки, покрывающие твердые тела, и протекания электродных процессов. Этот вид изнашивания достаточно распространен в подвижных сопряжениях, работающих в сильных коррозионно – активных средах.

Усталостный износ происходит в подавляющем большинстве правильно сконструированных подвижных сопряжений в нормальных условиях их работы и особенно распространен в условиях граничной смазки. Усталостный износ происходит в результате фрикционной усталости поверхностных слоев. Разрушение при фрикционной усталости наблюдается при упругих и пластических деформациях в зонах касания. Однако особенностью фрикционной усталости является то, что разрушение происходит в поверхностных слоях, свойства которых значительно отличаются от объемных.

В Англии находит развитие теория износа на основе модели взаимодействия выступов трущихся тел. Теория рассматривает не только схватывание и срез выступов, но также и вопросы пластической деформации и усталости при повторно - многократном контактировании выступов. Некоторые исследователи считают, что при скольжении контакт происходит по одному выступу, на котором развивается повышенная температура, и происходит окисление. Когда выросшая частица окисных соединений отслоится, контакт переходит на другой выступ и т.д.

Х. Краузе (Германия) исследовал трибохимические реакции при трении и износе железа и установил, что процесс зависит от физических и химических характеристик пленок окислов и пары «окисел –  $H_2O$ » соответственно, образующихся на поверхности деформированного металла.

В Германии предложена гипотеза, согласно которой считают, что при работе деталей машин осуществляется два процесса: схватывание металлов и окисление пластически деформированных поверхностных слоев с образованием твердых растворов и химических соединений кислорода с металлом.

Решающую роль для многочисленных процессов трения и износа оказывает скорость восстановления нарушенных пленок различной природы, так как при трении практически всегда в микрizonaх образуются металлические ювенильные поверхности.

Физико-химическая активность поверхностных слоев при трении значительно выше, чем на недеформируемом твердом теле. Температура определяет ход химических реакций в значительной степени. При трении появляются реактивные узлы кристаллической решетки, свободные радикалы и другие факторы, которые резко ускоряют физико-химические процессы. Образующиеся при трении ювенильные участки металла каталитически воздействуют на протекающие реакции и являются весьма реакционно способными. Химическая и каталитическая активность ювенильного металла связана с тем, что поверхностные ионы металла являются как бы ненасыщенными в электростатическом и валентном отношении; металлическая поверхность представляет собой потенциальный источник свободных электронов. Поэтому именно ювенильный металл главным образом подвергается химическому воздействию.

Важную роль в процессах трения и износа оказывает кислород. Взаимодействие кислорода с металлами зависит от сродства кислорода с металлами. Очень малым сродством к кислороду характеризуются благородные металлы.

Наиболее широко применяемыми в узлах трения металлы – это медь, железо, олово, свинец и др. Они имеют слабое сродство к кислороду. Такие же металлы, как алюминий, титан и др., характеризуются большим сродством к кислороду. Оксиды их стабильны и плохо восстанавливаются. Металлы, входящие в состав антифрикционных сплавов, обладают различным сродством к кислороду. Это обстоятельство с учетом разной скорости диффузии металла в сплаве и пленки оксидов обуславливает обогащение или обеднение пленки элементами, входящими в состав сплава. Так, сплавы меди разделяются на образующие защитную пленку в основном из оксидов легирующих элементов. Изменение химического состава оксидной пленки изменяет соответственно и ее физико – химические свойства.

Оксид и металл оказывают друг на друга механическое воздействие, так как в оксиде обычно возникают сжимающие напряжения, а металлу – растягивающие. Наличие этих напряжений способствует отслаиванию оксидов по поверхности раздела. Время, необходимое для разрушения оксидной пленки, зависит от прочности ее сцепления с подложкой. Сцепление будет тем лучше, чем меньше отношение удельных объемов оксида и основного металла.

На процессы трения и изнашивания со смазками большое значение оказывает кислород, содержащийся в смазках. При наличии кислорода смазочное действие масел резко возрастает: уменьшается коэффициент трения, повышается нагрузка заедания. Расход кислорода на образование оксидных пленок непрерывно и легко восполняется благодаря переносу в зону трения растворенного в маслах молекулярного кислорода и окислению углеводородов, сопровождающемуся образованием нестойких кислородосодержащих производных. Это обеспечивает достаточно быструю и эффективную регенерацию оксидных слоев, предотвращающих заедание и схватывание металлических поверхностей. Оптимальные режимы трения могут быть достигнуты только при строго определенной концентрации кислорода в зоне трения. При тяжелых режимах трения в обычных смазках не хватает кислорода для регенерации оксидной пленки, и поэтому применяют присадки из других химических элементов, снижающих интенсивность процесса заедания (серу и хлор, по действию подобных кислороду) и повышающих нагрузочную способность (фосфорорганические соединения).

Действие химически активных по отношению к металлу добавок непрерывно возрастает с воздействием их концентрации в основной жидкости от полного насыщения их адсорбционного слоя на всех образующихся в металле поверхностях. При полном насыщении адсорбционного слоя действие этих добавок становится оптимальным (максимальным) и при дальнейшем возрастании концентрации или остается постоянным, или даже уменьшается. Для высших жирных кислот и мыл эти оптимальные концентрации в минеральном масле, соответствующие полному насыщению мономолекулярного адсорбционного слоя на поверхности металла, составляют обычно от 0.1 до 1 %.

Пленка металлического мыла – продукт химической реакции между жирной кислотой и металлом – способна без разрушения выдерживать значительные деформации, что приводит к резкому уменьшению металлического контакта поверхностей. По мере возрастания температуры мыла размягчаются и теряют свои защитные свойства.

При хемосорбции, в отличие от физической адсорбции, происходит перенос электронов между адсорбентом и адсорбируемым веществом, выделяемая теплота сравнима с теплотой химических реакций, а энергия связи более чем на порядок выше. Хемосорбция в измеримой степени протекает только выше определенной минимальной температуры и должна иметь заметную энергию активации. Таким образом, защитные пленки, образующиеся на поверхностях трения за счет химических реакций, являются важным средством снижения трения и износа.

Подводя итог вышесказанному, следует отметить, что одним из наиболее экономически выгодных путей повышения надежности и долговечности различных машин и механизмов является улучшение качества смазочных материалов, в первую очередь, улучшение их противоизносных и антизадирных свойств.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Гаркунов Д.Н.* Триботехника (износ и безызносность). – М.: «Издательство МСХА», 2001. – 616с.
2. *Крагельский И.В.* Новые аспекты науки о трении и износе.//Физико – химическая механика контактного взаимодействия и фреттинг – коррозия. – Киев: Книга, 1973. – С.3 – 4.
3. *Киселев В.В., Мельников В.Г.* Исследование свойств разработанных присадок на основе солей мягких металлов.// Эффект безызносности и триботехнологии. – 2004. – №1. – С. 16 – 20.
4. *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.
5. *Киселев В.В.* Исследования по выявлению оптимальной концентрации разработанного медно – оловянного комплекса в масле.//Депонирована в ВИНТИ 29.04.2003, № 836.

**В. В. Терентьев, О. Б. Аكوпова\*, И. А. Телегин**  
(ФГБОУ ВО «Ивановская ГСХА имени Д.К. Беляева»,  
\*ФГБОУ ВО «Ивановский государственный университет»)

**УЛУЧШЕНИЕ ТРИБОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЛАСТИЧНЫХ СМАЗОК**

Важнейшим свойством машин, во многом определяющим ее эффективное использование, является ее надежность. Особенно важна надежность для пожарной техники, у которой внезапный отказ может сопровождаться не только экономическими потерями, но и влиять на жизнь и безопасность людей. Поэтому повышение надежности работы пожарной техники всегда является важной и актуальной задачей.

Повысить надежность и долговечность машин можно за счет применения износостойких материалов деталей машин, а также за счет влияния на процесс трения посредством введения в трибосопряжения эффективных смазочных материалов на различной основе.

При эксплуатации самоходной техники в узлах трения широко используют пластичные смазочные материалы.

Так, например, одними из тяжело нагруженных элементов любой самоходной машины являются подшипники ходовых систем. В процессе эксплуатации данные элементы смазываются пластичными смазочными материалами в основном на литиевой основе (Литол-24). Данный смазочный материал позволяет снизить износ элементов подшипникового узла и, соответственно, повысить их ресурс. Однако характеристики серийной пластичной смазки «Литол-24» зачастую не в полной мере отвечают требованиям эксплуатации, поэтому ее дополнительно модифицируют введением противоизносных и антифрикционных присадок различной природы. Традиционным материалом, применяемым в качестве антифрикционной и противоизносной присадки, является графит.

Перспективным направлением улучшения трибологических характеристик пластичных смазочных материалов является также введение в них жидкокристаллических соединений [1 – 5].

Целью настоящей работы является определение противоизносных характеристик пластичного смазочного материала «Литол-24» модифицированного совместным введением в него жидкокристаллического соединения – ундецилата меди и графита.

При исследованиях использовался графит марки ЭУТ-2, а также графит ЭУТ-2, предварительно омедненный электрохимическим способом.

Исследование противоизносных свойств смазочных материалов проводилось на машине трения 2070 СМТ-1. Схема трения – «ролик–шар». Диаметр ролика 40 мм, диаметр шара 10 мм. Материал пары трения: ролик – сталь 45, шар – сталь ШХ-15. Частота вращения ролика  $500 \text{ мин}^{-1}$ . Нагрузка на образец – 200 Н. Пробег 1000 м. Износ определялся по площади пятна износа на шаре после испытаний, а также ширине дорожки трения на ролике. Контроль температуры осуществлялся при помощи хромель-копелевой термопары.

Результаты определения износа шара представлены на рис. 1.

Результаты определения износа ролика представлены на рис. 2.

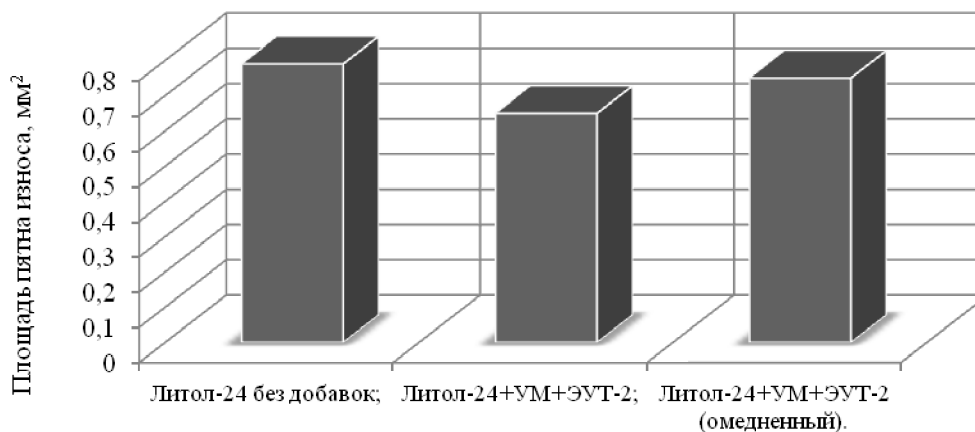


Рис. 1. Результаты определения износа шара

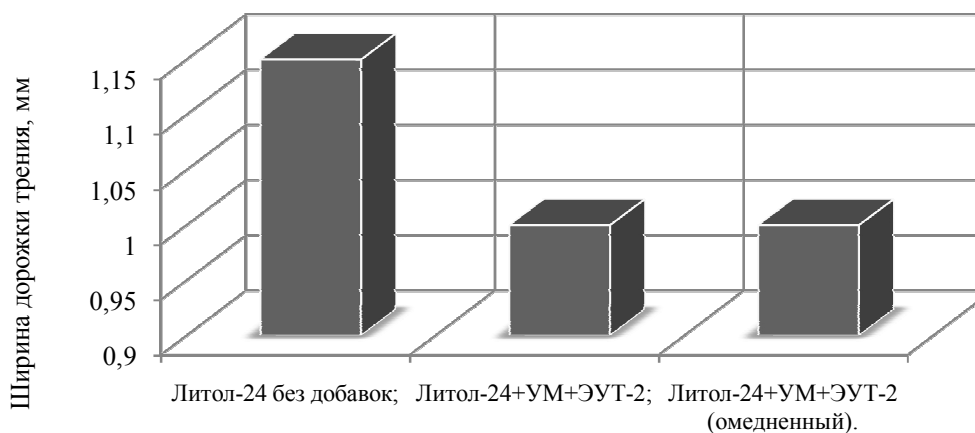
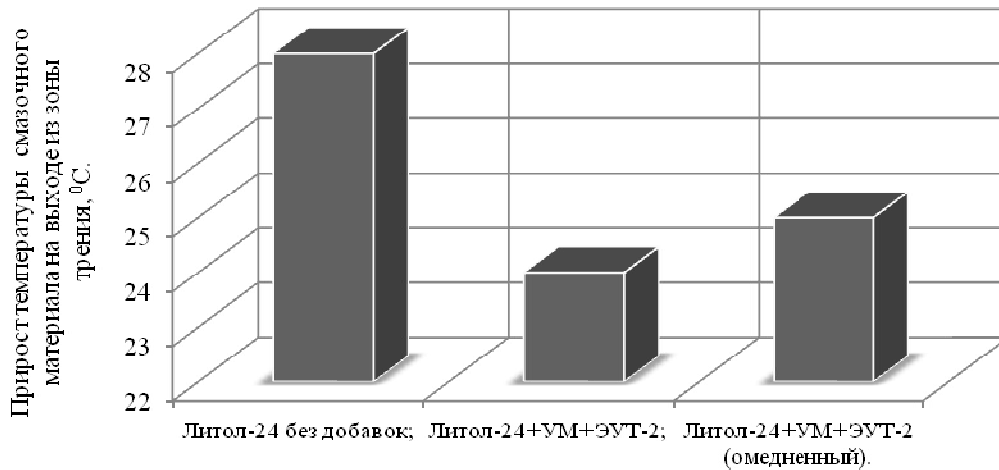


Рис. 2. Результаты определения износа ролика

Полученные нами результаты исследований показывают, что при введении в пластичную смазку «Литол-24» графита ЭУТ-2 совместно с ундецилатом меди, проявляющим жидкокристаллические свойства в широком температурном интервале от 86 до  $256^{\circ}\text{C}$  [4] происходит улучшение противоизносных характеристик (уменьшается пятно износа шара и ширина дорожки трения ролика см. рис.1 и 2, соответственно). При этом износ шара снижается в 1,05 - 1,22 раза, износ ролика в 1,15 раза.

Также нами установлено, что более эффективным является введение не омедненного графита. Такое поведение смазки в последнем случае мы связываем с окислением меди и ухудшением процесса сорбции жидкокристаллической присадки на поверхностях трения.

Было установлено также снижение и коэффициента трения, что позволило снизить общую температуру в зоне трения. Данные по изменению температуры в процессе исследований представлены на рис. 3.



**Рис. 3.** Результаты определения прироста температуры в процессе испытаний

Таким образом, нами показано, что улучшить антифрикционные и противоизносные характеристики серийных смазочных материалов на литевой основе можно за счет совместного введения в них жидкокристаллических материалов – карбоксилатов меди и графита. Улучшение противоизносных и антифрикционных характеристик смазочного материала позволяет в дальнейшем добиваться повышения ресурса узлов трения самоходной пожарно-спасательной техники.

*Работа выполнена при частичной поддержке гранта Минобрнауки РФ (проектная часть) № 4.106.2014К.*

#### 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.– 2014.– №3. – 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. 2014.– Т.14, №4.– С.97-102.
3. Годлевский В.А., Шилов М.А., Миронов С.В. Применение мезогенов в качестве нерастворимых порошковых трибоактивных наполнителей к пластичным смазкам // 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.– С.147-149.
4. Аكوпова О.Б., Лапшин В.Б., Терентьев В.В., Богданов В.С. Карбоксилаты меди. Моделирование, синтез, мезоморфизм и трибологические свойства // Жидкие кристаллы и их практическое использование.– 2012.– Вып. 2.– С. 20 – 28.
5. Терентьев В. В., Аكوпова О.Б., Телегин И.А. Влияние присадок из смесей карбоксилатов меди на трибологические характеристики пластичных смазок // Жидкие кристаллы и их практическое использование.– 2014. –Т.15, №4.– С. 96 – 101.



*Е. А. Топорова, А. В. Топоров\**

(ФГБОУ ВО «Текстильный институт ИВГПУ»),

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

## ОСОБЕННОСТИ ТРЕНИЯ МЕТАЛЛОПОЛИМЕРНЫХ ПАР

Трение металлополимерных пар - это трение разнородных по физико-механическим свойствам тел, поэтому формирование площади фактического контакта связано с неравномерностью деформирования микровыступов поверхности. Известно [1], 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 [2]. 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.

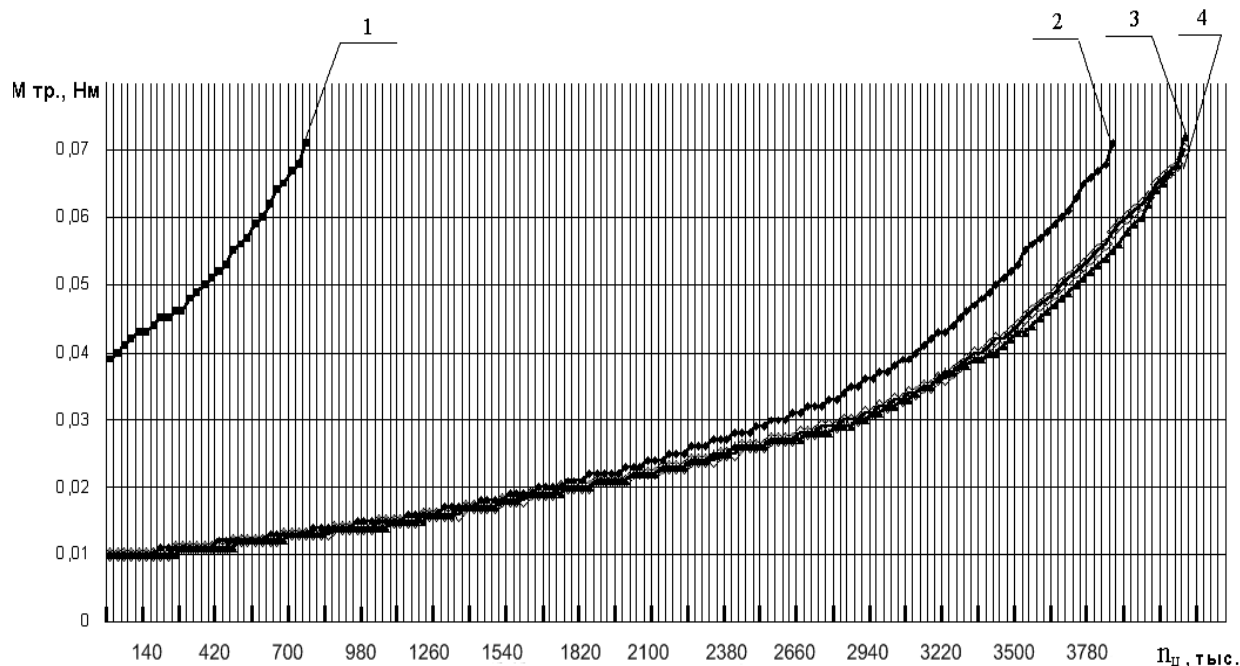
Этот вид износа пластмассы называют псевдоупругим износом. Он обеспечивает наибольший срок службы пары при минимальном нарушении первичных зазоров сочленения и является следствием только лишь усталостных явлений, возникающих в полимерном материале. Однако, в производственных условиях имеют место скачкообразные изменения скоростей движения рабочих органов, результатом чего служит резкое возрастание температуры в зоне трения. Механизм изнашивания приобретает нежелательный пластический характер.

Поэтому, разработка эффективных смазочных композиций актуальна не только для пар трения металл – металл, но так же для металлополимерных пар.

Одним из способов удержания смазочного материала в зоне трения, является использование поверхностно-активных присадок, способных образовывать на поверхностях трения адсорбционные граничные слои смазки. В этом случае молекулярное взаимодействие между граничными слоями смазки двух поверхностей снижается за счёт того, что это взаимодействие происходит между неполярными углеводородными «хвостами», что улучшает трибологические показатели, следовательно, позволяет значительно увеличить стабильность работы узла трения и в несколько раз снизить периодичность его смазывания.

На рис. 1 показана зависимость момента трения от количества циклов работы контроллер при использовании смазочных композиций, содержащих различные концентрации присадки в виде соли дициклогексиламина и синтетических жирных кислот (ДЦГА и СЖК).

Значение момента трения, соответствующее 0,07 Нм соответствует переходу в режим сухого трения. Из рисунка видно, что при использовании данной присадки абсолютные значения момента трения даже на начальной стадии эксперимента значительно ниже, чем при использовании чистого масла И-5. Кроме того, количество циклов работы до сухого трения при использовании 4 % концентрации присадки примерно в 5 раз превышает тот же показатель при использовании чистого масла.



**Рис. 1.** Зависимость момента трения от количества циклов работы при использовании смазок, содержащих соль ДЦГА и СЖК при концентрации присадки: 1 – 0% (чистое масло И-5); 2- 2%; 3 - 3%; 4 -4%

На основании экспериментальных данных была получена аналитическая зависимость, связывающая время работы узла трения полиамид - металл до сухого трения, концентрацию поверхностно-активной присадки и равновесного диаметра смачивания (показателя смачивающей способности жидкости):

$$t_p = -1,39 \cdot 10^3 \cdot C_i \cdot d_i + 352186 \cdot (C_i)^2 - 2,273 \cdot 10^3 \cdot (d_i)^2 + 1,027 \cdot 10^3 \cdot C_i + 59,879 \cdot d_i + 1,178 \cdot 10^3,$$

где  $C_i$  – оптимальная концентрация присадки, %;  $d_i$  – среднее значение равновесного диаметра смачивания.

Представленная зависимость может быть использована для экспресс-оценки смазочных композиций, содержащих ПАВ при работе в металл – полимерных парах.

Использование смазок, содержащих маслорастворимые ПАВ, возможно и для других узлов трения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Мур Д. Трение и смазка эластомеров. США, 1972. Пер. с англ. к.т.н. Г.И. Бродского. М.: Химия, 1977. - 262 с.

2. Боуден Ф.П., Тейбор Д. Трение и смазка Пер. С англ. Ю.Н. Восторопятова. Под ред. И.В. Крагельского. - М.: Машиностроение, 1960. - 151 с.

*Р. И. Харламов, В. А. Годлевский*

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

## ТРИБОДИАГНОСТИКА ПАР ТРЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ И СПЕКТРАЛЬНЫМИ МЕТОДАМИ

Увеличение несущей способности узлов трения и срока их службы в большой степени зависит от правильного выбора смазочных материалов. Непрерывное развитие техники приводит к созданию новых смазочных материалов с заданными эксплуатационными параметрами. Одно из основных действий смазочного материала — это образование на поверхности трения граничных смазочных слоев, приводящих к значительному снижению сил трения и износа. Независимо от назначения, практически все присадки обладают способностью образовывать адсорбированные либо хемосорбированные слои на поверхности металла. Следовательно, при разработке новых смазочных композиций необходимы методы исследований, позволяющие определять свойства граничных смазочных слоев, причем желательно эту информацию получать непосредственно в процессе трения.

Для получения сведений о микрогеометрии поверхности используют различные варианты электронной микроскопии: просвечивающую и растровую [9]. В последние годы получили развитие новые методы микроскопии: туннельная и атомно-силовая. Применяют для этой цели некоторые дифракционные методы. Химический состав изучают методами тонкого химического анализа, например, путем срезания или стравливания тонкого поверхностного слоя. Для структурных исследований применяют дифракционные методы рентгеноструктурного или электронографического анализа. Согласно известным экспериментальным методам исследования поверхностей могут быть разделены на химические, оптические, электронно-микроскопические, электрические, дифракционные, спектроскопические.

Рассмотрим более подробно электрический метод исследования поверхностей посредством измерения электрического сопротивления смазочных пленок, которое проводилось рядом исследователей [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7]. Так, Ф. Боуден производил измерения электрического сопротивления контакта в зависимости от нагрузки с целью установления фактической площади контакта трущихся тел; было установлено, что электрическое сопротивление двух контактных площадок  $24 \text{ см}^2$  и  $1 \text{ см}^2$  одинаково. Это свидетельствовало о том, что фактическая площадь касания реальных тел значительно меньше номинальной. В связи с вышеизложенным, измерение электрического сопротивления твердых и жидких смазочных пленок при трении металлов представляет актуальную задачу. Работы, связанные с изучением электросопротивления подробно изложены в работе [3].

В работе М. Рожко и М. Тривайло [6] описывается метод измерения толщины смазочной пленки по падению напряжения при испытаниях на машине трения МИ-1. Установлено, что при наличии в контактной зоне смазочного слоя в несколько микрометров наблюдается падение подаваемого напряжения, а величина падения напряжения, подаваемого на контактные поверхности, опосредовано характеризует толщину смазочной пленки. Указанным методом измерялась толщина смазочных масляных пленок в пределах  $0 \dots 2.2 \text{ мкм}$ .

Б. Лунн [4] применил метод измерения электрического сопротивления для оценки свойств смазочной пленки при граничном трении подшипниковых материалов, в результате проведенного исследования установлены следующие положения. Методика измерения электрического сопротивления смазочной пленки обладает высокой чувствительностью и позволяет измерить пленки толщиной в несколько микрометров. Величина подаваемого на контакт напряжения должна быть очень небольшой, чтобы исключить пробой смазочной пленки; в опытах Лунна напряжение составляло  $2 \text{ мВ}$ .

Метод может дать искаженные результаты, если продукты износа при трении являются диэлектриками, а смазочная среда обладает высокой электропроводностью.

М.Н. Семеновым была разработана установка для исследования электрических свойств граничного смазочного слоя при трении металла с учетом не только активного, но и реактивного сопротивления [6]. Измерения сопротивления проводили в диапазоне  $10^3 \dots 10^4$  Ом, при этом был предложен метод измерения активного сопротивления с помощью кварцевого диэлькометра. Автором проведены измерения емкости пары трения и активного сопротивления смазочного слоя в присутствии промышленных масел И-40А, И-20А и И-12А при разных скоростях скольжения и нагрузках, а также некоторые гетероциклические соединения. Было установлено, что электрическая емкость смазочного слоя отражает эффективную толщину смазочного слоя, а величина активного сопротивления отражает особенность структуры смазочного слоя.

Для изучения физического и химического состояния контактных поверхностей при трении широко применяется электронная микроскопия и рентгеноструктурный анализ. Известны работы в этом направлении И. Кёнига и Н. Дидериха [7], Г. Опица [8] и других. Указанные методы позволяют выявлять химический состав продуктов износа поверхностей, защитных пленок на контактных поверхностях, изучать особенности микрорельефа поверхностей с увеличением в несколько десятков тысяч раз.

Поверхности трения могут быть исследованы и после проведения скольжения, при этом важно сохранить после разделения пары поверхность от контакта с воздухом. Примером такого рода исследований может служить автоэлектронная и автоионная микроскопия [9]. Автоэлектронный микроскоп, изобретенный Мюллером в 1951 году, может достигать настолько высокого уровня разрешения, что позволяет различать отдельные атомы на поверхности. Недостатком этого метода было то, что большая тангенциальная составляющая скорости малой частицы не позволяла получать достаточно контрастное изображение. Распределение интенсивностей на изображении связано с характером расположения в пространстве орбиталей поверхностных атомов металла.

Большие возможности представляют для изучения вызываемых трением изменений поверхностей разнообразные методы спектроскопии поверхности. Эти методы можно классифицировать по признаку природы первичного и вторичного излучения.

Общий механизм взаимодействия медленных электронов с твердой поверхностью таков, что большая часть электронов рассеивается на поверхности неупруго, оставшиеся же электроны рассеиваются упруго и дают дифракционную картину. Этот метод называют методом дифракции медленных электронов.

Оже-электронная спектроскопия (ОЭС) особенно пригодна для исследования очень тонких слоев, прилегающих к поверхности. При исследовании методом ОЭС электроны, бомбардирующие образец, имеют энергию 100-500 эВ, т. е. достаточно высокую, чтобы выбить электроны из атомов, расположенных вблизи поверхности. На незаполненный уровень атомного остова переходит электрон из внешней оболочки, а вся высвобождающаяся энергия передается электрону, находящемуся на другой орбитали внешней оболочки. Этот последний электрон, называемый оже-электроном, вылетает из образца с очень характерными энергиями. При этом энергия испущенного оже-электрона никак не зависит от энергии падающего электрона и полностью определяется спектром энергетических уровней твердого тела, т. е. химической природой его атомов [9].

При ультрафиолетовой и рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии исследуемую поверхность облучают вакуумным ультрафиолетом или мягким рентгеновским излучением, в результате из внешних атомов выбиваются электроны. Информацию относительно энергии связи электронов внутренних оболочек, получают применяя рентгеновское излучение. Анализаторы спектра вторичных электронов могут иметь различную конструкцию, но их работа основана на одном и том же принципе: электроны с различной кинетической энергией по-разному отклоняются электрическим полем.

Таким образом процесс трения является очень сложным, поскольку даже на небольших по размерам контактных площадках происходят процессы всех видов трения (сухое, граничное, жидкостное), различные физико-химические явления, механические деформации, охлаждающие, смачивающие и моющие поверхностные эффекты. Для объективного рассмотрения указанных процессов целесообразно привлечение современных физических и химических теорий, сложной физико-технической аппаратуры для получения экспериментальных данных, а аналитический обзор проблемы трибологии показал необходимости изучения структур смазочных слоев непосредственно в трибоконтакте. Наиболее перспективными в этом отношении являются электрические методы измерения электропроводности трибоконтакта на переменном токе.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Боуден Ф., Тейбор Д.* Трение и смазка твердых тел. М.: Машиностроение, 1968.
2. *Костецкий Б.И., Натансон М.Э., Бернадский Л.И.* Механико-химические процессы при граничном трении. М., 1954.
3. *Латышев В.Н.* Исследование электрического сопротивления смазочных пленок при трении различных металлов // Известия вузов. 1969. №4
4. *Лахтин Ю.М.* Металловедение и термическая обработка металлов. М.: Металлургия, 1969.
5. *Семенов М.Н.* Установка и методика исследования электрических свойств граничного смазочного слоя при трении металлов: Иваново, 1999.
6. *Рожко М., Тривайло М.* Метод измерения толщины смазочного слоя в контакте деталей машин // Физико-химическая механика материалов. 1965. №5
7. *König W., Diderich N.* Cutting fluids improve tool life of carbide tools by chemical reaction // Ann. G. I. R. P. 1969. №1
8. *Опиц Г.* Об износе режущего инструмента // Международная конференция по смазке и износу машин, Лондон. М.: Машгыз, 1962.
9. *Годлевский В.А., Усольцева Н.В.* Поверхностные явления и мезоморфизм: учеб. пособие / - Иваново: ИвГУ, 2011. – 184 с.

## РАЗДЕЛ 3 ТРИБОЛОГИЯ ПРОЦЕССОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

*Д. А. Бекташов*

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

### ПРИМЕНЕНИЕ ПОКРЫТИЙ И ДЕМПФЕРА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ УРОВНЯ НАДЕЖНОСТИ ИНСТРУМЕНТОВ

Керамический режущий материал отличается достаточно низкой прочностью при изгибе по сравнению с твердыми сплавами, что следует рассматривать как существенный недостаток керамики, вследствие отсутствия связующей фазы. Эта прочность составляет 300 – 750 МПа в зависимости от марки материала. Следовательно, прочность при изгибе минералокерамического инструмента составляет лишь половину прочности обычного твердого сплава, который, в свою очередь, имеет около 40 – 50% прочности инструментальной и быстрорежущей стали. Создание новых керамических материалов и совершенствование технологии изготовления изделий из керамики обеспечивают получение высокой прочности на изгиб (до 1200 – 1400 МПа).

В свою очередь минералокерамика отличается также достаточно низкой трещиностойкостью, что является причиной формирования трещин, которые из-за отсутствия пластической связующей фазы не встречают барьеров, способных затормозить или остановить их развитие. Указанное явление является главной причиной микро - или макроразрушения контактных площадок инструмента уже на стадиях приработочного или начального этапа установившегося изнашивания, приводящего к отказам инструмента из-за хрупкого разрушения. Накопление и рост пор подготавливает процесс коалесценции, когда поры в результате взаимодействия начинают ускоренно расти навстречу друг к другу, сливаться, образуя полости - трещины. Существуют различные взгляды на вопрос о степени влияния кавитационных повреждений в материале, а также на распространение магистральной трещины. Согласно одной из точек зрения рассеянное накопление межкристаллических повреждений во всем объеме материала играет решающую роль в формировании закономерностей распространения магистральной трещины. К этой точке зрения начинается развитие представлений о концентрационном критерии прочности состоянии предразрушения и пороге перколяции, в которых переход к магистральному росту трещины однозначно связывается с достижением такой концентрации повреждений, при которой наступает координированное лавинообразное разрушение в макроскопическом масштабе.

#### Методика проведения экспериментальных исследований

Исследовался процесс резания инструментом из минералокерамики ВОК 71, ВОК 71+ZrN+демпфер, ВОК 71+CrN+демпфер. В качестве обрабатываемого материала использовались закаленные углеродистые сталь 45, У8. Режимы резания:  $t = 0.1$  мм,  $S = 0.1$  мм/об,  $V = 600$  м/мин. При проведении исследований использовался резец с механическим креплением режущих четырехгранных пластин, которые имели следующую геометрию режущей части:  $\alpha = 7^\circ$ ,  $\gamma = 0^\circ$ ,  $\varphi = 45^\circ$ ,  $\varphi' = 45^\circ$ . В результате проведения стойкостных испытаний был получен вариационный ряд (время стойкости режущего инструмента в мин.) для минералокерамического режущего инструмента ВОК 71:

1,65; 1,82; 0,15; 2; 0,35; 0,78; 0,4; 0,23; 1,2; 0,58; 0,13; 0,18; 3,92; 0,15; 0,7; 1,08; 7,3; 1,78; 0,22; 0,28; 0,98; 1,78; 5,45; 1,82; 0,1.

Используя полученные экспериментальные данные были определены:

1. Размах вариации:

$$R=t_{\max}-t_{\min}, \quad (1)$$

где  $t_{\max}$  - максимальное значение варианта признака в полученном вариационном поле;  $t_{\min}$  - минимальное значение варианта признака в полученном вариационном поле.  $R = 7,3 - 0,1 = 7,2$ .

2. Величина частного интервала:

$$\Delta t=R/(1+3,322\lg n), \quad (2)$$

где  $n$  - объем выборки.  $\Delta t = 1,28$

3. Шкала интервалов интервального вариационного ряда, частота попадания случайной величины в частный интервал, частота попадания  $r_j$  случайной величины в частный интервал, рассчитана частость попадания  $p_j$  случайной величины в частный интервал, рассчитана накопленная частость  $S(p_j)$  и все данные занесены в табл. 1.

$$p_j=r_j/n, \quad (3)$$

где  $r_j$ - частота попадания случайной величины в частный интервал.

$$t_{jcp}=(t_j+t_{j+1})/2 \quad (4)$$

**Таблица 1. Интервальный вариационный ряд**

$\Delta t$	$r_j$	$p_j=r_j/n$	$S(p_j)$	$t_j$	$t_{jcp}$
0 – 1,28	16	0,64	0,64	0	0,64
1,28 – 2,55	6	0,24	0,88	1,28	1,91
2,55 – 3,83	0	0	0,88	2,55	3,19
3,83 – 5,10	1	0,04	0,92	3,83	4,46
5,10 – 6,38	1	0,04	0,96	5,10	5,74
6,38 – 7,65	1	0,04	1,00	6,38	7,02

4. Средняя наработка на отказ:

$$T_o=(\sum t_{jcp} \cdot r_j)/\sum r_j \quad (5)$$

$$T_o = 1,56$$

5. Среднеквадратическое отклонение:

$$\sigma(x) = 1,67$$

6. Коэффициент вариации:

$$V(X)=\sigma(x)/T_o \quad (6)$$

$$V(X) = 1,07$$

Так как коэффициент вариации равен 1,07, то предполагаем, что наше распределение подчиняется экспоненциальному закону распределения наблюдаемой случайной величины. Потому, что при экспоненциальном законе  $V(X) = 1$ .

7. Определяем основные показатели надежности для экспоненциального закона распределения:

7.1 Интенсивность отказов

$$\begin{aligned} \lambda &= 1/T_0 \\ \lambda &= 0,0107 \end{aligned} \quad (7)$$

7.2 Вероятность безотказной работы

$$P(t) = e^{-\lambda t} \quad (8)$$

7.3 Вероятность отказов

$$Q(t) = 1 - P(t) \quad (9)$$

7.4 Параметр потока отказов

$$a(t) = f(t) = \lambda e^{-\lambda t} \quad (10)$$

Полученные данные заносим в табл. 2.

Таблица 2. Основные показатели надежности для экспоненциального закона ВОК

71

t	P(t)	Q(t)	a(t) = f(t)
0	1	0	0,0107
1,28	0,4409	0,5591	0,0047
2,55	0,1944	0,8056	0,0021
3,83	0,0857	0,9143	0,0009
5,10	0,0378	0,9622	0,0004
6,38	0,0167	0,9833	0,00018
7,65	0,0073	0,9927	0,00008

Экспоненциальный закон распределения находит широкое применение при решении практических вопросов надежности. Этому виду распределения подчиняется наработка на отказ ремонтируемых и неремонтируемых изделий при рассмотрении внезапных отказов, а также время безотказной работы сложных систем, прошедших период приработки и состоящих из элементов с различной интенсивностью отказов [1].

Для повышения уровня надежности минералокерамического режущего инструмента на его поверхность были нанесены износостойкие покрытия, а для снятия пиковых динамических нагрузок в момент врезания инструмента в заготовку применено специальное приспособление демпфер. После проведения стойкостных испытания также были получены следующие вариационные ряды (в сек.):

1. ВОК 71+ZrN+буфер

992, 1097, 1492, 1633, 1310, 884, 1152, 1277, 1265, 379, 1044, 1877, 1185, 1456, 2338, 1825, 792, 1484, 2117, 1674.

2. ВОК 71+CrN+буфер

1302, 1147, 1457, 811, 1939, 1691, 1216, 1781, 2116, 1881, 1409, 1194, 1579, 1242, 395, 1275, 2219, 1924, 1905, 1491.



Используя методику теории надежности были определены размах вариации, величина частного интервала, шкала интервалов интервального вариационного ряда, частота попадания случайной величины в частный интервал, частота попадания  $r_j$  случайной величины в частный интервал, рассчитана частота попадания  $p_j$  случайной величины в частный интервал, рассчитана накопленная частота  $S(p_j)$ . По полученным данным определена средняя наработка на отказ, среднеквадратическое отклонение и коэффициент вариации [2].

В результате коэффициент вариации ВОК 71+ZrN+демпфер составил 0,33, а ВОК 71+CrN+демпфер – 0,29. Из теории надежности известно, что если  $V = 0,5$ , то полученный после проведения эксперимента вариационный ряд будет подчиняться закону распределения Вейбулла - Гнеденко. Закон распределения Вейбулла – Гнеденко используют при определении уровня надежности изделий в период приработки и установления наработки на отказ неремонтируемых изделий. Используя соответствующие этому закону формулы определим основные параметры надежности и занесем их в табл. 3 и 4.

**Таблица 3. Основные параметры надежности для распределения Вейбулла - Гнеденко ВОК71+ZrN+демпфер**

t	P(t)	Q(t)	a(t) = f(t)	$\lambda(t)$
0	1	0	0	0
368,09	0,9799	0,0201	0,0004	0,0004
736,19	0,7235	0,2765	0,0006	0,0008
1104,29	0,1943	0,8057	0,0006	0,0012
1472,39	0,0056	0,9944	0,0005	0,0015
1840,48	0	0,9999	0,0003	0,0019
2208,58	0	1	0,0002	0,0023
2576,67	0	1	0	0,0027
2944,77	0	1	0	0,0031

**Таблица 4. Основные параметры надежности для распределения Вейбулла - Гнеденко ВОК71+CrN+демпфер**

t	P(t)	Q(t)	a(t) = f(t)	$\lambda(t)$
0	1	0	0	0
342,73	0,9893	0,0106	0,0003	0,0003
685,46	0,8431	0,1569	0,0005	0,0006
1028,19	0,4213	0,5787	0,0006	0,0009
1370,92	0,0651	0,9349	0,0005	0,0012
1713,65	0,0013	0,9987	0,0004	0,0015
2056,38	0	1	0,0003	0,0018
2399,11	0	1	0,0002	0,0021
2741,84	0	1	0	0,0024

Выводы: в результате проведенных исследований и расчетов было установлено, что минералокерамический режущий инструмент, изготовленный из ВОК 71, подчиняется экспоненциальному закону распределения. После нанесения износостойких покрытий и установки специального приспособления на обрабатываемую заготовку экспоненциальный закон распределения наблюдаемой случайной величины меняется на распределение Вейбулла - Гнеденко. Это позволяет говорить о том, что процесс изнашивания режущего инструмента переходит от стадии внезапного разрушения в произвольный момент времени к стадии прогнозируемого, предсказуемого разрушения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Пирогов, К.М.* Основы надежности текстильных машин / К.М. Пирогов, С.А. Егоров. Учебное пособие для вузов. Иваново: ИГТА, 2004 г. – 268 с.
2. *Вяткин, Б.А.* Практикум по методам оценки эксплуатационной надежности текстильных машин. Учебное пособие. Иваново: ИВТИ, 1994 г. - 140 с.
3. *Бекташов, Д.А.* Исследования надежности механических систем чистового формования деталей машин энергетических устройств / Д.А. Бекташов, А.А. Крапостин: Вестник ИГЭУ, выпуск № 2: Иваново: ИГЭУ, 2012. – с. 34 – 36.
4. *Бекташов, Д.А.* Определение основных параметров надежности минералокерамического режущего инструмента / Д.А. Бекташов, А.А. Крапостин: Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. Выпуск №5: Орел, ГУУНПК, 2012. – с. 94-98.
5. *Бекташов, Д.А.* Применение наноструктурированных покрытий для повышения уровня надежности минералокерамического режущего инструмента / Д.А. Бекташов: Материалы межд. науч.- техн. конф. «Состояние и перспективы развития электротехнологии» 3 том. Электротехника: Иваново, ИГЭУ, 2013. - с. 252.

***М. Ю. Волкова***

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

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ОТРАЖАТЕЛЬНОЙ СПОСОБНОСТИ ПОВЕРХНОСТИ ОТ ОТДЕЛОЧНОЙ ОБРАБОТКИ**

Отражательная способность металлической поверхности обусловлена тем, что падающий на поверхность металла свет не рассеивается равномерно по всем направлениям, как в случае матовых поверхностей, а отражается под углом, равным углу падения. Чем меньше света рассеивает поверхность и чем больше его отражается, тем более блестящей будет поверхность. Отражательную способность поверхности металла целесообразно отнести к физико-химическим свойствам, которые могут быть положены в основу характеристики и сравнения блестящих и матовых поверхностей. Самым простым способом оценки отражательной способности является визуальное наблюдение. Однако оно носит субъективный характер и дает лишь общее впечатление. Поэтому визуальное наблюдение может быть применено лишь во время поисковых опытов в качестве предварительной оценки.

Иначе говоря, отражательная способность или блеск поверхности определяется соотношением между интенсивностью зеркально-отраженного и диффузно рассеянного света. Поэтому блеск поверхности может быть охарактеризован следующим уравнением:  $B = I_o / (I_o + I_p) = I_o / I_c$ , где  $I_o$  – интенсивность зеркально-отраженного света;  $I_p$  – интенсивность диффузно рассеянного света;  $B$  – блеск поверхности;  $I_c = I_o + I_p$  — суммарная интенсивность светового луча.

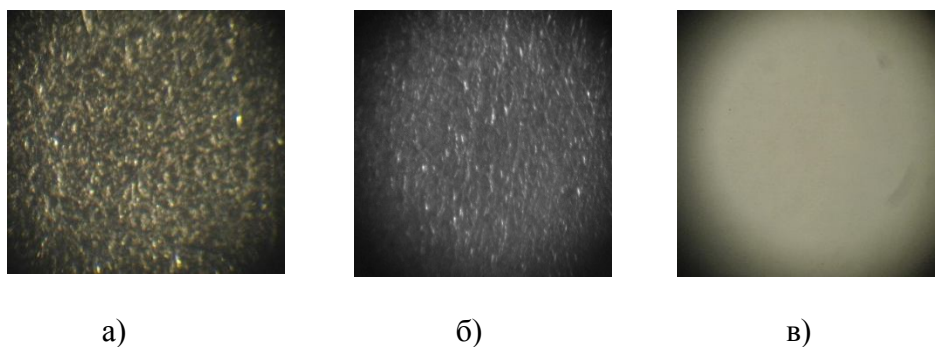
В случае идеально зеркальной поверхности это отношение  $I_o / I_c = 1$ , так как  $I_p = 0$ . Чем больше блеск поверхности, тем ближе к единице отношение  $I_o / I_c$ .

Измерение интенсивности зеркально-отраженного света для характеристики степени блеска металлической поверхности применяется чаще других методов. Зеркально-отраженный свет при измерении улавливается либо оптическим прибором – фотометром (фотометрический метод), либо фотоэлектрическим прибором – фотоэлементом (фотоэлектрический метод). Указанный способ определения блеска поверхности применяется только для плоских поверхностей и для поверхностей с очень малой кривизной.

Блеск оценивался качественно следующим образом:

- а) зеркальный – резкость изображения рисунка на поверхности соответствует изображению на зеркале;
- б) блестящий – резкое изображение рисунка на поверхности, но верхний конец изображения несколько размыт;
- в) полублестящий – изображение рисунка заметное, но не резкое;
- г) матовый – изображение рисунка сильно размыто и заметно лишь на ближней к рисунку части образца;
- д) глубокоматовый – изображение предмета отсутствует.

Изменение отражательной способности поверхности после различных способов обработки показано на рис. 1.



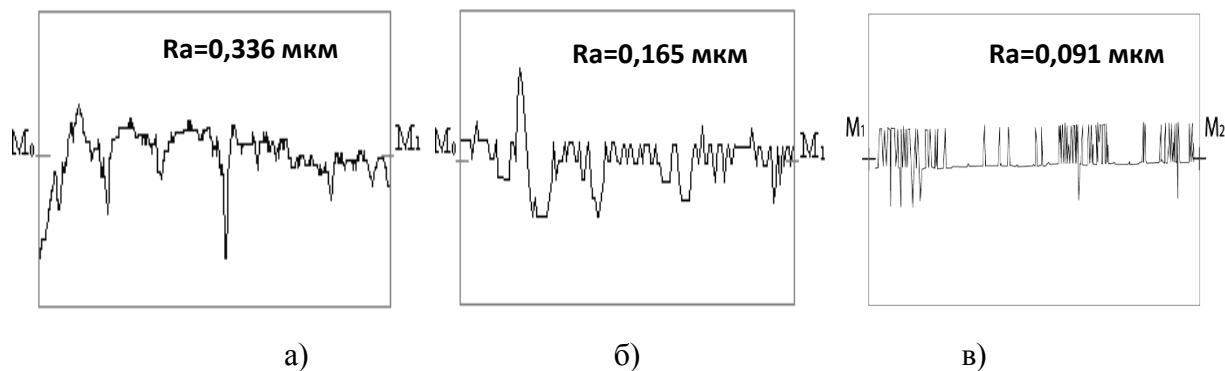
**Рис. 1.** Изменение отражательной способности поверхности после различных способов обработки свободными абразивами: а – до обработки; б – после центробежно-ротационной обработки; в – после магнитно-абразивного полирования

В условиях отсутствия приборов для определения блеска покрытий можно также использовать визуальный метод сравнения с эталонами. Для установления блеска брался результат из трех независимых определений.

Для исследований по оценке блеска были изготовлены эталоны от совершенно матового до зеркально-блестящего. Величина блеска исследуемого образца определялась номером эталона.

Проведены эксперименты, направленные на изучение влияния последовательности технологических операций на качество отражательной способности поверхности. Применение технологических операций позволяет получить более низкую шероховатость поверхности и повысить микротвердость и отражательную способность поверхности изделий

Профиллограммы поверхности деталей после различных способов обработки представлены на рис. 2.



**Рис. 2.** Профиллограммы поверхности деталей после различных способов обработки: а – до обработки; б – после ЦРО; в – после МАП

По итогам исследований выявлена зависимость отражательной способности от качества обработанной поверхности. Применение технологических операций в предложенной последовательности и режимами позволяет получить более низкую шероховатость поверхности и повысить микротвердость и отражательную способность поверхности деталей

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Волкова М.Ю., Егорычева Е.В. Влияние качества обработки поверхностей деталей на продление срока службы промышленных изделий// Современные проблемы теории машин. II международная заочная научно-практическая конференция, 20 июня 2014 г., г. Новокузнецк: материалы конференции. – Новокузнецк: Издательский центр «СибГИУ».– 2014.– №2.–С.138–140.

2. Волкова М.Ю. Исследование отражательной способности поверхностей из металла // Материалы международной научно-технической конференции «Состояние и перспективы развития электро- и теплотехнологии» (XIII Бенардосовские чтения) 27–29 мая, 2015 г.: материалы конференции.– Иваново: ФГБОУ ВПО Ивановский государственный энергетический университет.–2015.– Т.3. – С.334 – 337.

*А. А. Гвоздев, М. В. Козинец\**

(ФГБОУ ВО «Ивановская государственная сельскохозяйственная академия им.Д.К.Беляева»,  
\*ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет»)

#### СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ФИНИШНОЙ ОПЕРАЦИИ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕОМОДИФИКАТОРОВ ТРЕНИЯ

На завершающем этапе ремонта шеек коленчатого вала они проходят операцию тонкого чистового шлифования и полирования (доводки) с целью срезания острых гребней микронеровностей, снижения вероятности «травмирования» при первом контакте антифрикционной поверхности вкладыша. Своего рода приработка соединения начинается с придания оптимальной шероховатости поверхности одной из деталей (шейке вала), что минимизирует первые пусковые и приработочные износы и формирует за непродолжительный контакт с инструментом максимально возможную опорную поверхность для восприятия эксплуатационных нагрузок.

Полирование (доводка) выполняется на токарных станках, на специальных стендах-вращателях с использованием войлока, кожи, тканевых лент, закрепленных в зажимах (захватах) клещевого типа, пропитанных пастами для микрошлифования высокоточных прецизионных деталей (например, паста ГОИ). Продолжительность операции составляет 30...90 с, что хватает, по мнению шлифовщиков, для достижения необходимого вышеназванного эффекта.

Насколько применяемый пропиточный состав, широко используемый в практике ремонтного производства, является оптимальным и наилучшим, решили выяснить в проведенных исследованиях.

Общеизвестно, что при шлифовании металлов с использованием абразивных кругов происходит разупрочнение поверхностного слоя за счет формирования в нем напряжений растяжения. В приповерхностных слоях на разном удалении от поверхности значения микротвердости существенно изменяются и на некоторой глубине имеется минимум. Так, например, по данным авторов [1], [2] особенно при черновом (форсированном) шлифовании сталей, вследствие термических ударов при срезании микротвердость гребешков микрорель-

ефа поверхности на 30 % превышает микротвердость впадин. При обычном шлифовании минимум микротвердости проявляется на глубине порядка 10 мкм, а при точении – на глубине 200 мкм. Решаемая задача направлена на улучшение качества поверхности шлифуемых шеек коленчатых валов двигателей, увеличения ресурса и состоит в создании условий для протекания обратных процессов, а именно, упрочнения поверхностного слоя металла шейки и создания на ее рабочей поверхности некоторой оптимальной шероховатости.

Предлагается заменить традиционные пасты для шлифования и доводки геомодификаторами трения (ГМТ) – это комплекс мелкодисперсных природных минералов, прошедших механоактивацию и сепарацию, с добавлением катализаторов. В последнее время ГМТ используют как в новых так и в отремонтированных узлах трения машин с целью ускорения приработки и создания улучшенных трибохарактеристик, в а изношенных – для восстановления рабочих поверхностей, ухудшившихся вследствие износа.

В присутствии этих составов за счет энергии трения в зонах контакта происходит удаление дефектного слоя металла, текстурирование поверхности трения с одновременным упрочнением материала подложки на значительную глубину [3]. В ходе приработки изношенных поверхностей трения постепенно происходит восстановление их макрогеометрии и создание оптимального микрорельефа (равновесной шероховатости), обусловленного реальными условиями эксплуатации.

Преимуществами ГМТ являются [4]: способность создавать в зонах трения динамические защитные пленки, образованные тонкодисперсными продуктами износа и самого ГМТ, в виде квазисжиженного слоя (аналог сервовитной пленки при «избирательном переносе»); равномерное упрочнение поверхности трения в процессе приработки трибоузла в присутствии ГМТ; существенное снижение коэффициента трения, а, следовательно, и механических потерь; значительное снижение скоростей изнашивания поверхностей трения; увеличение предельно допустимых нагрузок в трибоузле; экологическая чистота природного продукта.

Перечисленные преимущества в настоящее время имеют многочисленные практические подтверждения и примеры использования ГМТ в замкнутых трибосистемах. Так в двигателях внутреннего сгорания применение ГМТ позволяет сократить износ гильз цилиндров в 3...4 раза, поршневых колец – в 1,3...1,8 раза, снизить расход топлива – на 5...7 %, расход масла на угар – в 3 раза и т.д. [5], [6].

Особый интерес представляет исследование возможности применения ГМТ еще и в открытых трибосистемах, а именно в отношении отдельных деталей будущего узла трения на этапе их механической обработки, отделки, доводки.

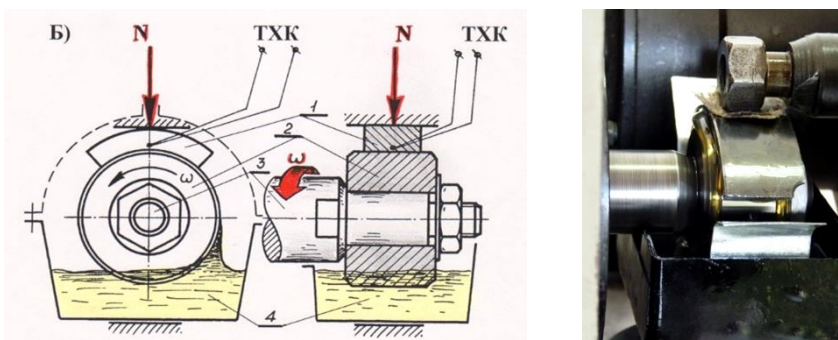
На основе выдвинутой гипотезы разработана и апробирована методика применения ГМТ для обработки шеек валов с посадкой скольжения по втулке или вкладышу (прототип трибоузла – «шейка-вкладыш» КВ ДВС).

Ролики, изготовленные из стали 50 (HRC 52-55), шлифовали абразивным инструментом по традиционной технологии (базовый вариант), шлифовали абразивом и полировали с пастой ГОИ, шлифовали абразивом и выполняли доводку на кожаном ремне в среде масла с добавлением ГМТ. В ходе выполняемых операций проводился контроль твердости, шероховатости, микроскопические исследования и триботехнические испытания.

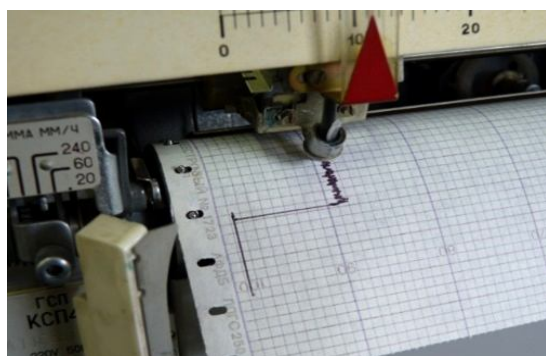


**Рис. 1.** Образцы применяемых препаратов и фрагмент вкладыша ДВС

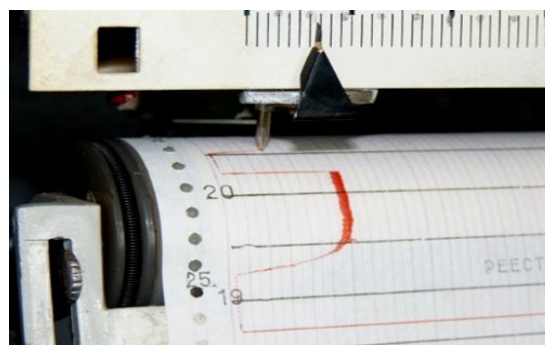
В ходе триботехнических испытаний получены следующие результаты. На машине трения 2070 СМТ-1 по схеме «ролик-колодка» (рис. 2) ролики контактировали с материалом вкладышей АО-20 двигателя Д-144, велась запись момента трения, температуры в зоне контакта, измерялась величина износа.



**Рис. 2.** Схема испытания образцов:  
1 – колодка; 2 – ролик; 3 – шпиндель машины трения;  
4 – масляная ванна

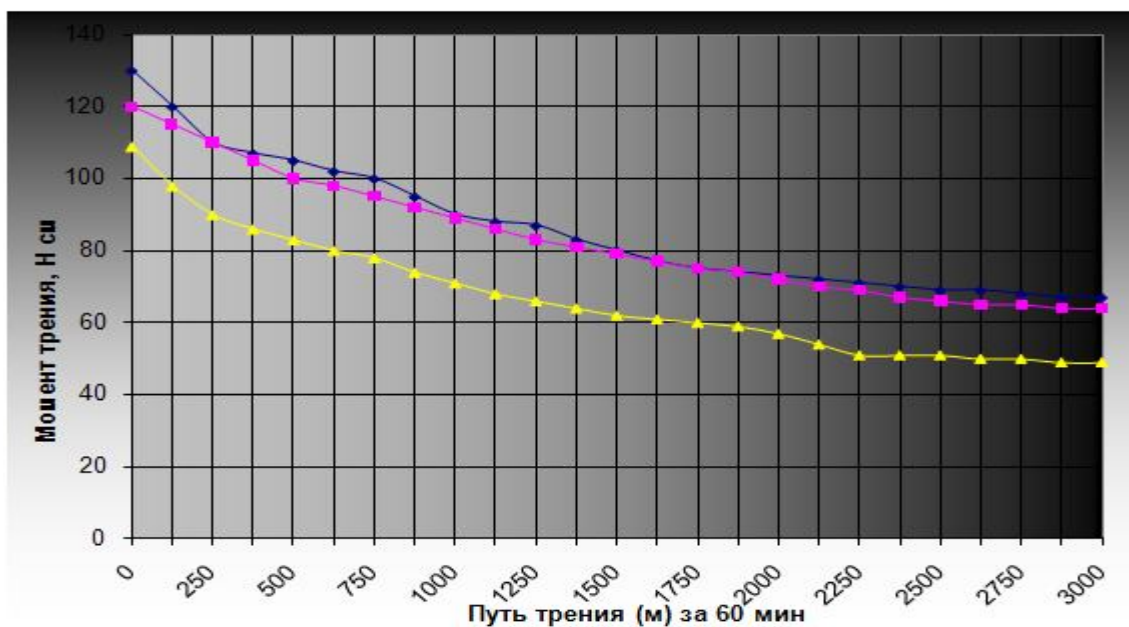


а)



б)

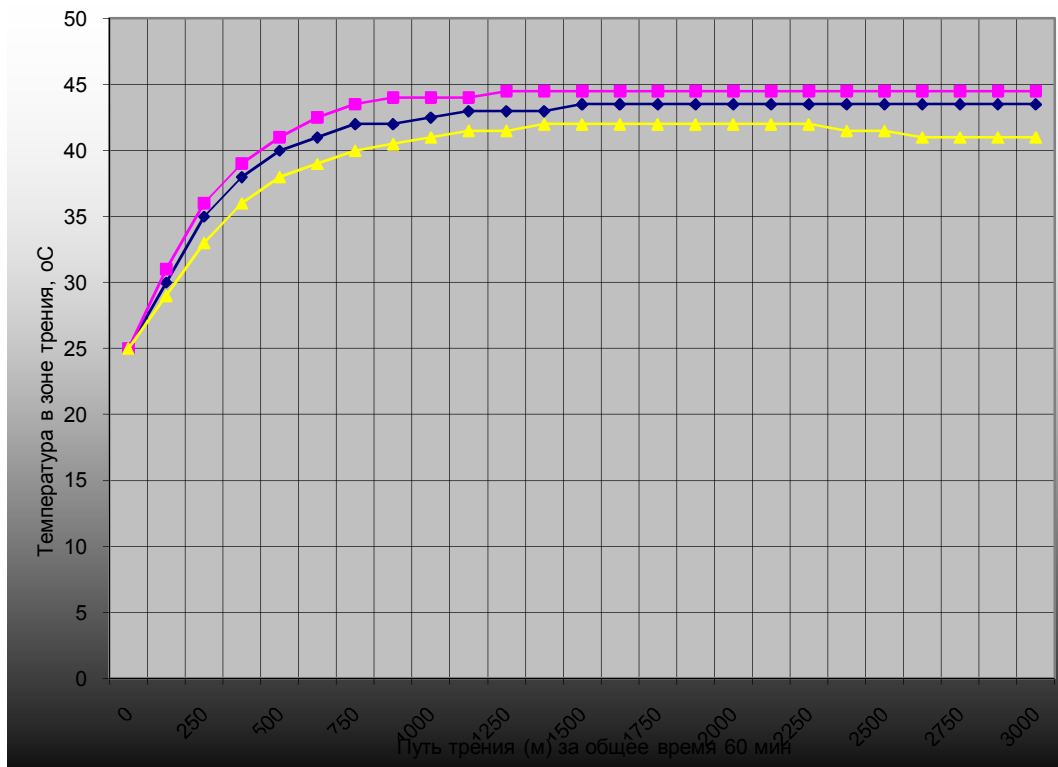
**Рис. 3.** Запись момента трения (а) и температуры в зоне контакта (б)



**Рис. 4.** Зависимость момента трения от пути трения при нагрузке  $N=2500$  Н,  $V_{ск}=1,3$  м/с ( $pV=const$ ) по схеме «ролик-колодка» для разных вариантов финишной обработки шеек коленчатого вала:

- ◆-----◆----(синий) - чистовое шлифование (базовый вариант);
- (малиновый) - базовый вариант + полирование пастой ГОИ;
- ▲-----▲----(желтый) - базовый вариант + полирование с ГМТ-составом



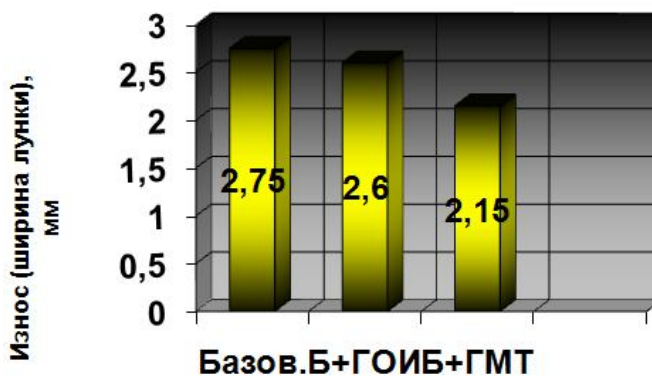


**Рис. 5.** Зависимость температуры в зоне контакта от пути трения при нагрузке  $N=2500$  Н,  $V_{ск}=1,3$  м/с ( $pV=const$ ) по схеме «ролик-колотка» для разных вариантов финишной обработки шеек коленчатого вала:

- ◆-----◆--- (синий) - чистовое шлифование (базовый вариант);
- (малиновый) - базовый вариант + полирование пастой ГОИ;
- ▲-----▲--- (желтый) - базовый вариант + полирование с GMT-составом

В ходе проведенных экспериментов с трехкратной повторностью опытов достигнуто относительно базового варианта и традиционного полирования снижение момента трения на 25...27 %, температуры в зоне трения - на 6...8 %, износа – на 17...21 %.

Следует рекомендовать специализированным ремонтным и автосервисным предприятиям более совершенный вариант финишной обработки коренных и шатунных шеек коленчатых валов автомобильных, тракторных двигателей и мобильной спецтехники.



**Рис. 6.** Зависимость износа вкладышей ДВС от вариантов финишной обработки шеек коленчатого вала

### ЛИТЕРАТУРА

1. *Ионов В.Н., Селиванов В.В.* Динамика разрушения деформируемого тела. - М.: Машиностроение, 1987. - 272 с.
2. *Яцерицын Л.И.* Основы технологии механической обработки и сборки в машиностроении. - Мн.: Высшая школа, 1974. - 146 с.

3. Зуев В.В. Использование минералов в качестве модификаторов трения.-Обогащение руд.-1993, №3. С.33-37.

4. Половинкин В.Н. и др. Антифрикционная противоизносная добавка в смазочные материалы минерального происхождения (геомодификатор трения). - Электронный журнал «Трение, износ и смазка», 1999, т.1, №1.

5. Аратский П.Б. и др. Сравнительные исследования влияния присадок к смазочным материалам на показатели трения и износа узлов ДВС. - Двигателестроение, 1999, №2. С. 30-31.

6. Аратский П.Б. и др. Использование модификаторов трения нового поколения для повышения ресурса судовых двигателей. - Судостроение, 1999, №3. С.24-27.

*А. А. Голяс*

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

### **ФИНИШНАЯ ОБРАБОТКА ДЕТАЛЕЙ МАШИН МЕТОДОМ АЛМАЗНОГО ВЫГЛАЖИВАНИЯ**

Эксплуатационные характеристики, отвечающие за надёжность и долговечность деталей машин, формируются на стадии их производства и в процессе приработки в начальный период эксплуатации. На стадии производства, эксплуатационные характеристики формируются главным образом на финишных технологических операциях, поэтому важно осознанно подходить к подбору метода финишной обработки, учитывая комплекс факторов действующих во время операции и влияющих на характеристики обработанной поверхности. С помощью широко применяемых методов окончательной обработки (шлифование, хонингование, доводка) создаётся необходимая форма деталей с заданной точностью, но часто не обеспечивается оптимальное качество поверхностного слоя. Оно может достигаться поверхностным пластическим деформированием (ППД), при котором происходит тонкое пластическое деформирование поверхностного слоя. Обработка алмазным выглаживанием является одним из наиболее простых и эффективных методов обработки деталей машин ППД. Алмазное выглаживание повышает усталостную прочность, контактную выносливость и износостойкость деталей и тем самым увеличивает долговечность машин и оборудования. В результате обработки алмазным выглаживанием изменяются микроструктура и физико-механические свойства верхнего слоя металла: повышается его твёрдость и прочность, возникают благоприятные сжимающие остаточные напряжения, шероховатость поверхности становится ниже.

Алмазное выглаживание заключается в пластическом деформировании обрабатываемой поверхности скользящим по ней инструментом – выглаживателем. Процесс алмазного выглаживания определяется следующими факторами: напряженно-деформированным состоянием (НДС) в зоне контакта инструмента с заготовкой (зависит от среднего давления на площадь контакта, механических свойств обрабатываемого материала, размера рабочей части инструмента), скоростью деформирования (зависит от скорости движения выглаживателя относительно заготовки) и кратностью приложения нагрузки (зависит от размера выглаживателя, подачи, количества рабочих проходов) [1]. При прохождении выглаживателя по выглаживаемой поверхности область материала вблизи выглаживателя испытывает сложное напряженно-деформированное состояние, которое в динамике имеет знакопеременный характер.



Так, материал вблизи свободной поверхности перед выглаживателем находится в условиях сжимающих напряжений, а после его прохождения напряжение меняют знак на противоположный, т.е. возникает область растягивающих напряжений. Особенностью алмазного выглаживания по сравнению с другими методами обработки ППД является использование в качестве деформирующего элемента (индентора) алмаза, который обладает следующими свойствами: чрезвычайно высокой твёрдостью, низким коэффициентом трения по металлу, высокой степенью чистоты с которой может быть отполирован алмаз, высокой теплопроводностью. Высокая твёрдость алмаза даёт возможность обрабатывать почти все металлы поддающиеся пластической деформации, как мягкие так и закалённые до твёрдости HRC 60 – 65. Основными режимами обработки, определяющими качество процесса алмазного выглаживания, являются: шероховатость исходной поверхности заготовки, размер и шероховатость выглаживающего элемента, сила, скорость и подача выглаживания. Привод подачи станка на котором производится выглаживание должен обеспечивать продольную подачу менее 0,1 мм/об и минимальное биение детали, а станок обеспечен системой подачи в зону обработки СОТС.

Исходная шероховатость должна уменьшаться с увеличением твёрдости поверхностного слоя заготовки, при обработке закалённых сталей должна быть не выше  $Ra\ 1,25 - 0,63$ , перед выглаживанием незакалённых сталей и цветных сплавов – не выше  $Rz\ 20 - 10$ . Основным критерием для выбора величины радиуса алмаза является твёрдость обрабатываемого материала; чем твёрже материал, тем меньше необходимый радиус алмаза. Зависимость шероховатости обработанной поверхности от шероховатости выглаживателя показана на рис. 1.

Из рисунка видно, что с ростом шероховатости алмазного наконечника, возрастает шероховатость обработанной поверхности.

Сила выглаживания является наиболее важным параметром процесса, позволяющим регулировать в широких пределах качество поверхности. В. М. Торбило, предложил методику определения силы выглаживания по формуле 1:

$$P = C\varepsilon\sigma_T R^2. \tag{1}$$

где  $C$  – коэффициент, учитывающий условия обработки,  $\varepsilon$  – относительная глубина внедрения,  $\sigma_T$  – предел текучести материала,  $R$  – радиус выглаживателя.

На рис. 2 показана зависимость шероховатости обработанной поверхности от силы выглаживания.

Скорость выглаживания в пределах 16 – 200 м/мин практически не влияет на качество выглаженной поверхности. Фактором, ограничивающим величину скорости, является выделение тепла в зоне контакта инструмента с обрабатываемой поверхностью. При больших скоростях количество тепла выделяемого в единицу времени возрастает, что приводит к нагреву рабочей части алмаза и обрабатываемой поверхности. Нагрев обрабатываемой поверхности может вызвать её разупрочнение и понижает стойкость алмаза.

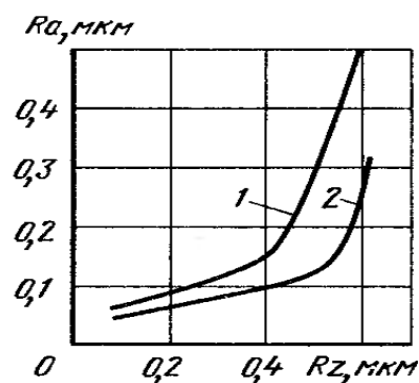
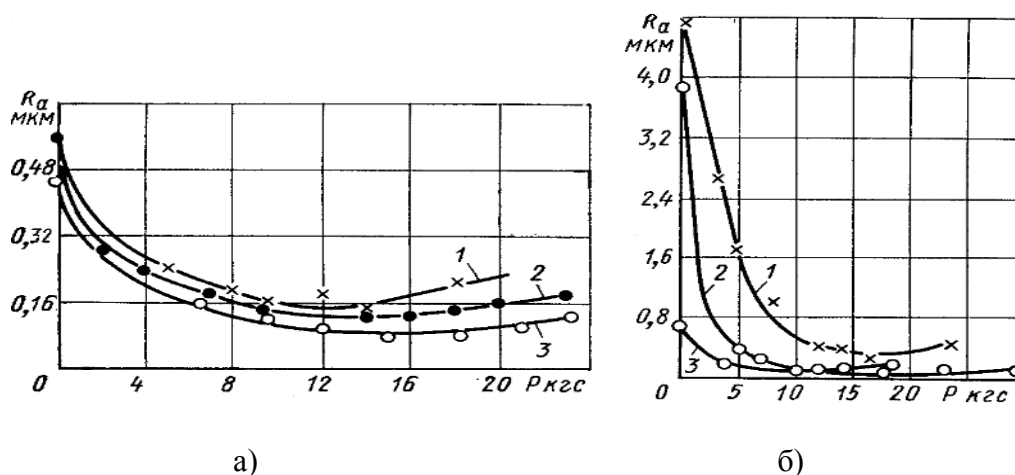


Рис. 1. Зависимость шероховатости обработанной поверхности от шероховатости выглаживателя: 1 – наконечник заточен без доводки; 2 – доведенный наконечник



**Рис. 2.** Зависимость шероховатости обработанной поверхности  $R_a$  от силы  $P$  при выглаживании а – закалённые стали ( $R=1,2$  мм;  $s=0,03$  мм): 1 – 18ХГТ (HRC 60); 2 – 45 (HRC 54); 3 – ШХ15 (HRC 60); б – мягкие материалы ( $R=3,4$  мм;  $s=0,078$  мм/об): 1 – Бр. ОФ6,5-0,15 (НВ 173); 2 – Х18Н9Т (НВ 180); 3 – 45 (НВ 180)

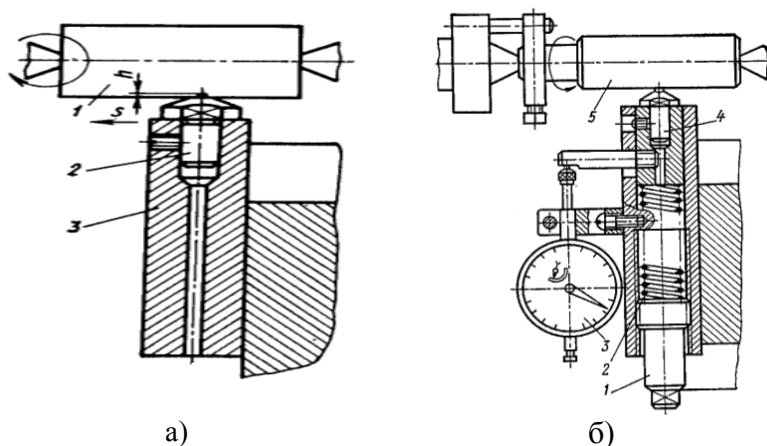
Оптимальная величина подачи, обеспечивающая хорошее качество поверхности и малую шероховатость, находятся в пределах  $0,02 - 0,06$  мм/об при выглаживании закаленных сталей,  $0,02 - 0,08$  мм/об – для незакаленных сталей и бронзы,  $0,02 - 0,15$  мм/об – для алюминиевых сплавов. Применение подач менее  $0,02$  мм/об не целесообразно из-за низкой производительности процесса. Применение подач больших, чем указаны выше, снижает эффективность обработки, так как степень сглаживания шероховатостей значительно уменьшается.

Рекомендованные режимы обработки различных материалов алмазным выглаживанием приведены в табл. 1 [2].

**Таблица 1. Параметры качества поверхностей обработанных алмазным выглаживанием и круглым шлифованием**

Твёрдость обрабатываемого материала	Исходный параметр шероховатости поверхности $R_a$ , мкм.	Радиус алмаза мм.	Режимы обработки			Параметр шероховатости $R_a$ , мкм. обработанной поверхности
			$P$ , Н	$S$ , мм/об	$v$ м/мин.	
От HRC 50 до HRC 65	0,32	1,3–2	200-250	0,02-0,04	50-100	0,08
	0,16		150-200			0,08
	0,08		120-150			0,04
От HRC 30 до HRC 50	0,63	1,5–2	120-150	0,03-0,05	50-100	0,16
	0,32		120-150			0,04-0,08
	0,16		100-120			0,02-0,04
От HRC 20 до HRC 25	2,5	2-2,5	120-150	0,03-0,08	50-200	0,32-0,63
	1,25		100-120			0,16-0,32
	0,63		80-100			0,08-0,16
НВ 300	1,25	2,5-3,5	120-150	0,06-0,1	50-200	0,32
	0,63		100-120			0,16
	0,32		80-100			0,08-0,16
	0,16		80-100			0,04-0,08
	0,08		60-80			0,02-0,04

Все существующие конструкции инструментов можно разделить на две группы по принципу кинематической связи между выглаживателем и обрабатываемой поверхностью: это инструмент с жестким закреплением выглаживателя (рис. 3а) и с упругой кинематической связью (рис. 3б). При обработке с жестким закреплением выглаживателя осуществляется жесткая кинематическая связь между инструментом 3 и деталью 1, так же, как например при точении.



**Рис. 3.** Инструмент для алмазного выглаживания: а – с жесткой и б – упругой кинематической связью между выглаживателем и обрабатываемой поверхностью

При этом глубина внедрения выглаживателя 2 в обрабатываемую поверхность определяется поперечной подачей станка. При обработке таким способом помимо отделки и упрочнения, повышается точности размеров и формы обрабатываемой поверхности.

При выглаживании с упругой кинематической связью, выглаживатель 4 упруго прижимается к обрабатываемой детали 5 с помощью тарированной пружины 2 или иным способом. Сила прижатия выглаживателя к детали легко поддерживается постоянной в процессе обработки за счёт поджатия тарированной пружины регулировочным винтом 1 и контролируется при помощи индикатора 3. При упругом закреплении выглаживателя погрешности формы детали копируются и не исправляются. Достоинством этого способа выглаживания является простота настройки и сравнительно невысокие требования к точности станков и обрабатываемых деталей.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Торбило В.М.* Алмазное выглаживание. М.: Машиностроение, 1972. – 105 с.
2. *Одинцов Л.Г.* Упрочнение и отделка деталей поверхностным пластическим деформированием. М.: Машиностроение 1987. – 328 с.

*А. А. Голяс, В. А. Полетаев*

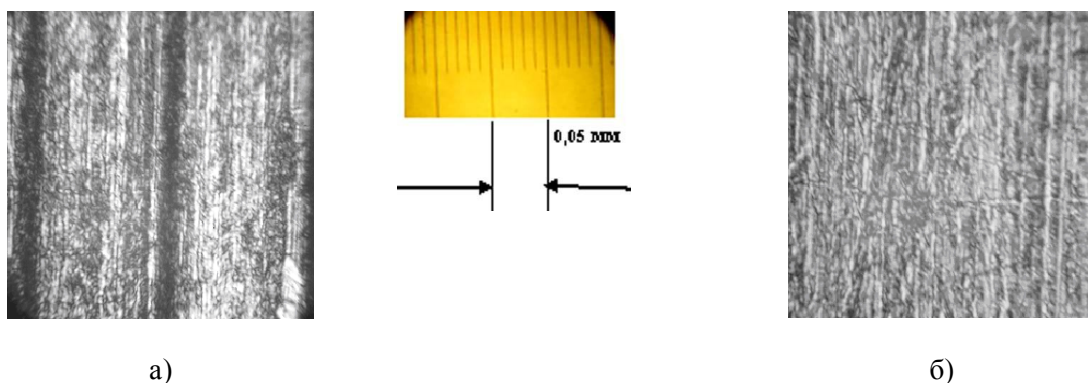
(ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»)

### УПРОЧНЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ДЕТАЛЕЙ ЭЛЕКТРОНАСОСОВ АЛМАЗНЫМ ВЫГЛАЖИВАНИЕМ

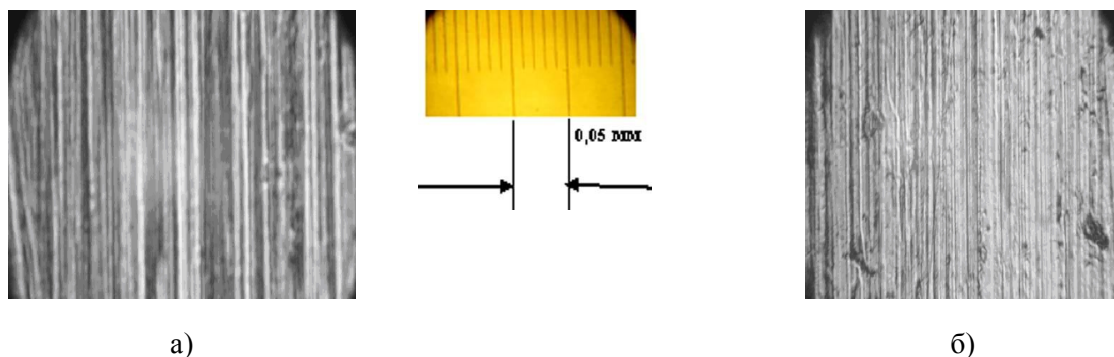
В большинстве случаев электродвигатели и насосы выходят из строя вследствие износа нагруженных деталей (валов, втулок и т.д.) в результате их контакта с резинометаллическими подшипниками и жидкостью, проходящей через элементы электронасоса. При этом у электродвигателей разрушается только рабочая поверхность деталей (втулки, валы), которая контактирует с подшипниками и с жидкой массой. В основном эти детали изготавливают из дорогостоящих сталей – 40Х13 и 12Х18Н10Т.

Качество поверхности из этих сталей уже нельзя существенно увеличить за счет легирования или термической обработки. Поэтому дальнейшее улучшение качества рабочих поверхностей деталей агрегатов возможно только за счет замены марок сталей 12Х18Н10Т и 40Х13 на другую сталь, например сталь 45 более дешевую, и применения многокомпонентных покрытий, например, хромированных покрытий с ультраалмазами [1–2]. Технология упрочнения деталей алмазным выглаживанием включает токарную обработку (точение) и последующее алмазное выглаживание. Исследования проводились с деталями из сталей 12Х18Н10Т, 40Х13 и стали 45 с хромированным покрытием и ультраалмазами.

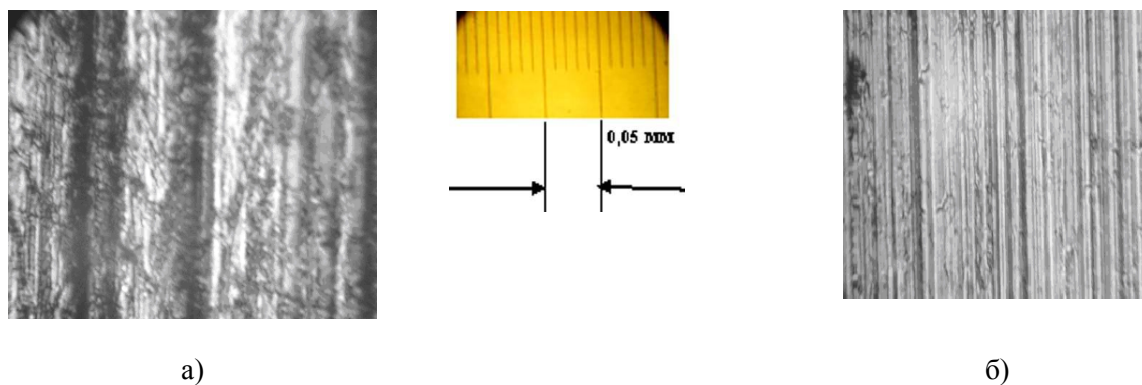
На рис. 1 показаны фотографии поверхности стали 40Х13(вид сверху), на рис.2– фотографии поверхности стали 12Х18Н10Т, на рис. 3– фотографии поверхности стали 45 (а – после точения; б – после точения и алмазного выглаживания),



**Рис. 1.** Поверхность стали 40Х13 (вид сверху): а) – после точения; б) – после точения и алмазного выглаживания

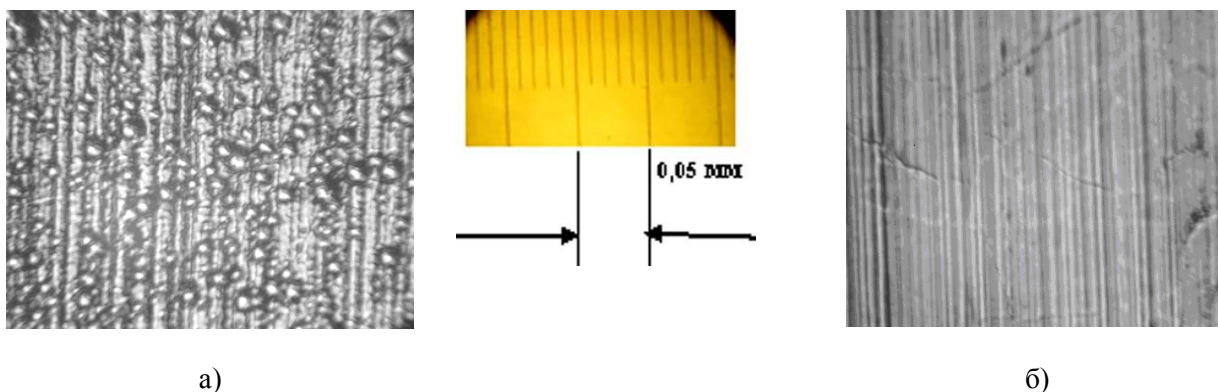


**Рис. 2.** Поверхность стали 12Х18Н10Т(вид сверху а) после точения; б) после точения и алмазного выглаживания



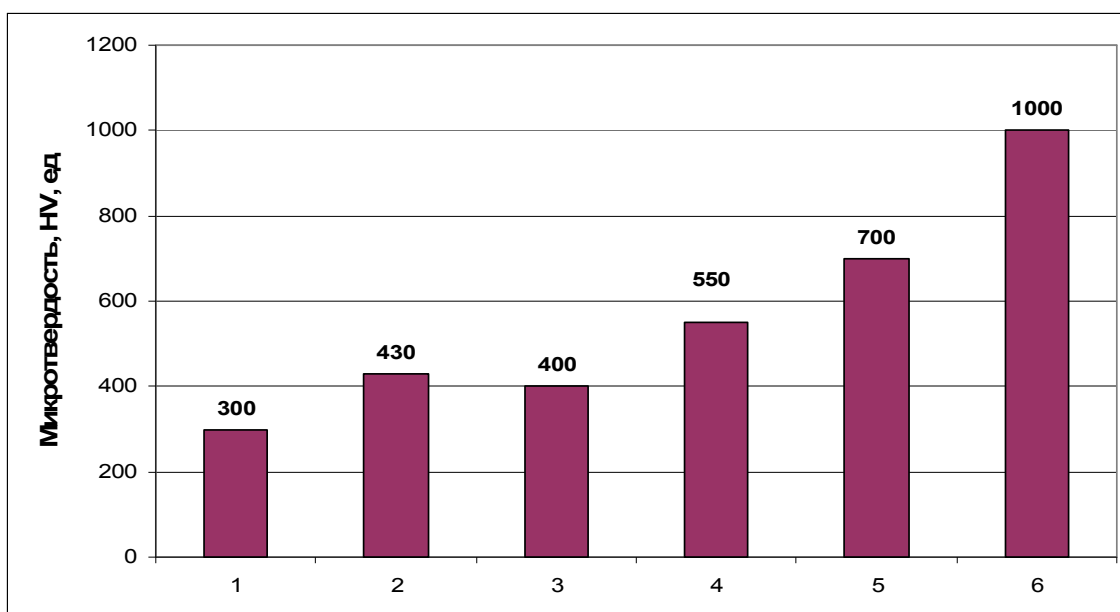
**Рис. 3.** Поверхность стали 45 (вид сверху): а) после точения; б) после точения и алмазного выглаживания

На рис. 4. представлена поверхность стали 45: а) с нанесённым слоем хрома и ультра алмазами; б) после точения и алмазного выглаживания слоя хрома с ультра алмазами.



**Рис. 4.** Поверхность стали 45: а) с нанесённым слоем хрома и ультра алмазами после точения; б) после точения и алмазного выглаживания слоя хрома и ультра алмазами

На рис. 5 показаны гистограммы изменения микротвердости HV в зависимости от метода механической и упрочняющей обработки деталей из стали 45.



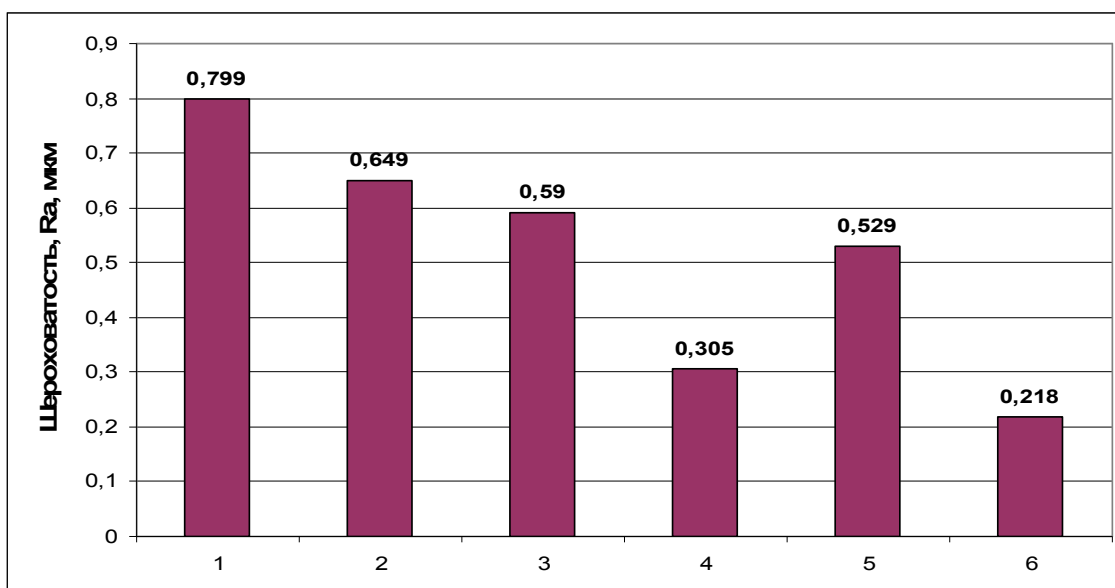
**Рис. 5.** Гистограмма изменения микротвердости HV в зависимости от метода механической обработки детали из стали 45: 1 – точение без термической обработки; 2 – точение + алмазное выглаживание (АВ); 3 – термическая обработка (ТО) + точение; 4 – ТО + АВ; 5 – точение +нанесение покрытия из хрома с ультраалмазами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

Анализ рис. 5 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.

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

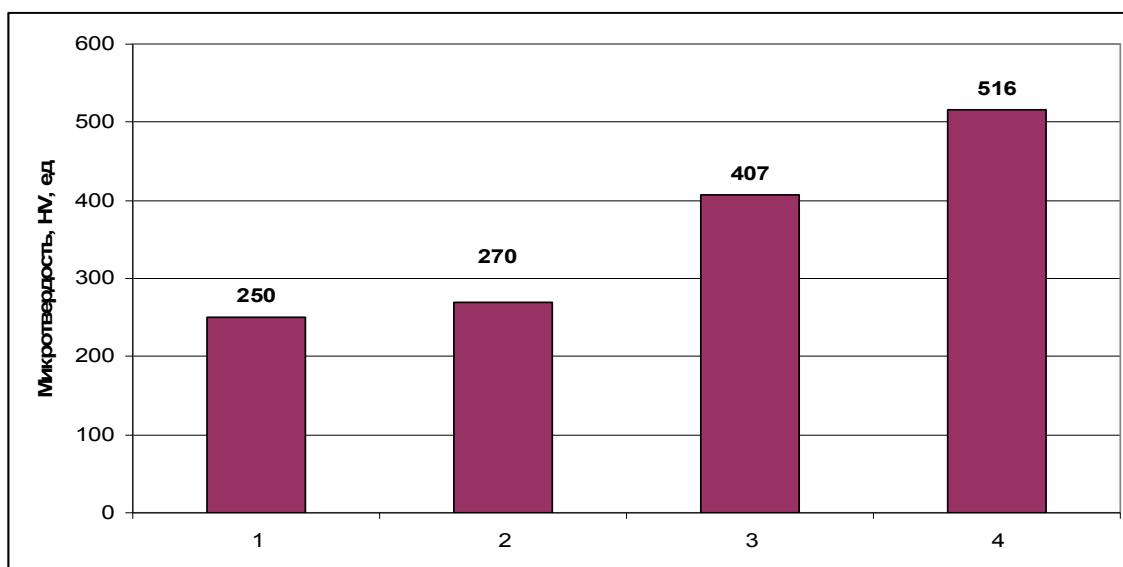
На рис. 6. показаны гистограммы изменения шероховатости Ra в зависимости от методов механической обработки и упрочнения для деталей из стали 45.

Анализ рис. 6 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 покрытия из хрома с ультра алмазами и последующего алмазного выглаживания – до 0,208 мкм .



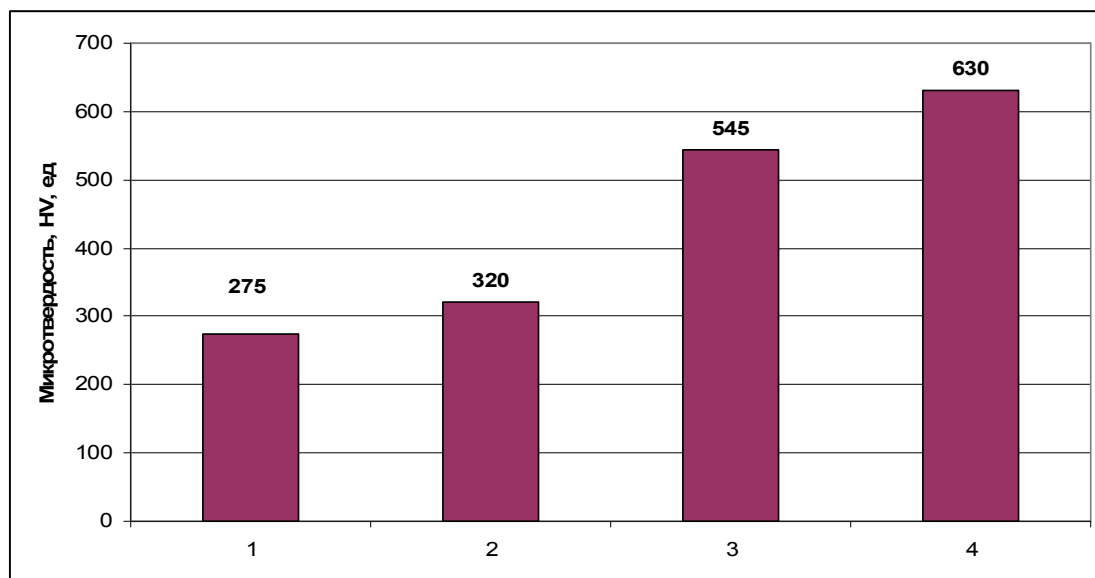
**Рис. 6.** Гистограмма изменения шероховатости Ra в зависимости от метода обработки для деталей из стали 45: 1 – точение; 2 – точение + алмазное выглаживание (АВ); 3 – шлифование; 4 – шлифование + АВ; 5 – шлифование покрытия с хромом и ультраалмазами; 6 – шлифование + АВ покрытия с хромом и ультраалмазами

На рис. 7. 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.



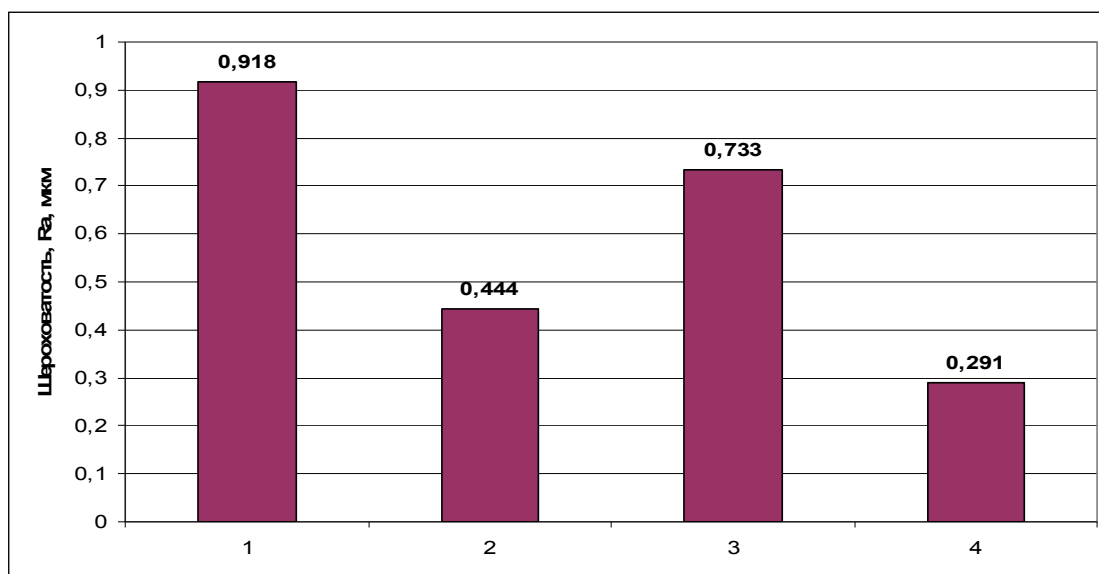
**Рис. 7.** Гистограмма изменения микротвёрдости HV в зависимости от метода обработки для деталей из стали 12X18H10T: 1 – точение; 2 – точение + алмазное выглаживание; 3 – ТО(темообработка); 4 - ТО + алмазное выглаживание

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. На рис. 8 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. 8.** 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. 9. 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. 9.** 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

**В. С. Еловский, А. Г. Наумов, В. А. Комельков, М. А. Колбашов**  
(ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»)

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ В ТЕЛЕ РЕЗЦА ПРИ ЛЕЗВИЙНОМ РЕЗАНИИ МЕТАЛЛОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ «ЭФФЕКТА ПЕЛЬТЬЕ»**

Повышение работоспособности инструментов при резании металлов во многом определяется эффективностью используемых смазочно-охлаждающих технологических средств (СОТС), основными функциями которых, в первую очередь, являются инициирование смазочного и охлаждающего эффектов. Улучшение трибологической обстановки контактной зоны посредством формирования на трибосопряженных поверхностях инструментального и обрабатываемого материалов разделительных смазочных пленок приводит к уменьшению сил трения между ними, т.е. к уменьшению тепловыделения. Однако, в большинстве случаев это тепло не является доминирующим. Основное количество теплоты образуется в результате деформационных процессов, сопровождающих процесс разрушения (стружкоотделения) обрабатываемого металла при резании.

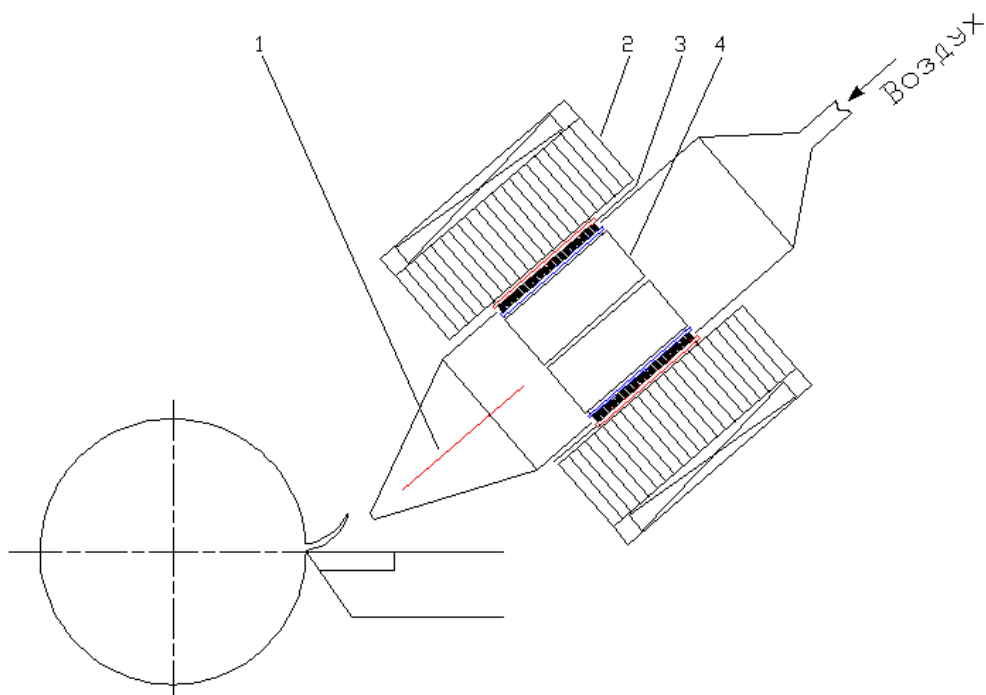
Выделяющееся тепло необходимо отводить, т.к. повышенные температуры являются стимулирующим фактором развития адгезионных взаимодействий между трибосопряженными материалами в контактной зоне. Это неизбежно приведет к росту силовых характеристик процесса резания и, как следствие, к увеличению количества выделяющейся теплоты. Таким образом, повышению эффективности охлаждающей функции СОТС следует уделять большое внимание, особенно в случаях, когда технологическое средство не является водорастворимой композицией. Эффективный отвод теплоты из зоны контакта позволяет снизить термомеханическую нагрузку на рабочие поверхности инструмента и, тем самым, увеличить срок его службы.

Одним из способов охлаждения зоны резания может быть осуществимо в применении «эффекта Пельтье». Эффект Пельтье — термоэлектрическое явление, заключающееся в том, что при пропускании электрического тока через контакт (спай) двух различных веществ (проводников или полупроводников) на одном контакте происходит выделение тепла на другом его поглощение. Для реализации «эффекта Пельтье» на практике промышленность выпускает термоэлектрические модули (ТЭМ). С помощью ТЭМ в настоящее время решается большинство задач промышленного охлаждения. При прохождении через термоэлектрический модуль постоянного электрического тока между его сторонами образуется перепад температур — одна сторона (холодная) охлаждается, а другая (горячая) нагревается. Если с горячей стороны ТЭМ обеспечить эффективный отвод тепла, например, с помощью радиатора, то на холодной стороне можно получить температуру, которая будет на десятки градусов ниже температуры окружающей среды. Степень охлаждения будет пропорциональной величине тока, протекающего через ТЭМ.

Реализация эффекта «эффекта Пельтье» проводилась с применением специально изготовленного блока охлаждения с ионизатором. Способ размещения блока охлаждения в зоне резания представлен на рис. 1.

Для выявления охлаждающей способности блока, изучалось распределение температурных полей в режущем клине инструмента при свободном резании стали 45 резцами из быстрорежущей стали Р6М5. Резание осуществлялось в течении 35 секунд, всухую, с обдувом сжатым воздухом и с обдувом охлажденным воздухом, при следующих режимах:  $V = 0,52$  м/с,  $S = 0,1$  мм/об.





**Рис. 1.** Способ размещения блока охлаждения в зоне резания где: 1 – коронирующий электрод; 2 – радиатор охлаждения на горячей стороне; 3 – термоэлектрический модуль на элементах Пельтье; 4 – радиатор на холодной стороне

Исследования проводились согласно методике [1]. Для этой использовался особый разрезной резец [2], представленный на рис.2(а), разъем которого проводился в плоскости, нормальной к режущей кромке. Сопряженные поверхности составных частей резца доводилось на алмазосодержащем прокате до параметра шероховатости  $Ra = 0,08-0,04$  мкм при соблюдении плоскостности. На одной из сопрягаемых поверхностей шлифовались пазы глубиной 0,08-0,1 мм. При шлифовании пазов их ориентировали относительно главной режущей кромки и располагали под углами  $15^\circ$ ,  $45^\circ$  и  $75^\circ$  к передней поверхности. Пазы не доводились до вершины резца на величину 0,1-0,3 мм, что позволяло строить температурные поля на расстоянии 100-300 мкм от вершины и исключало попадание частиц обрабатываемого материала и СОТС в разъем между сопряженными частями резца.



а)



б)

**Рис. 2.** Внешний вид разрезного резца

Тепловое состояние режущего клина инструмента оценивали по изотермическим поверхностям, получаемым в результате исследований температурных полей с помощью цветных многопозиционных термоиндикаторных веществ (ЦТИВ). К качеству ЦТИВ использовалось вещество ТХИ-53, имеющее шесть цветовых переходов и время срабатывания 1 с. Эксперименты проводились при свободном резании. Геометрия резцов:  $\gamma = 0^\circ$ ,  $\alpha = 6^\circ$ . Характерной особенностью термоиндикаторов ХТИ является строго определенная зависимость температуры цветовых переходов от времени изотермической выдержки.

Представленные в обобщенной табл. 1 и на рис.3 распределения температур, показывают, что наибольшая площадь фиксируемых температурных полей наблюдается при точении всухую (рис.3 а). Изотермы температурных переходов 880К и 635К в этом случае были удалены от вершины резца по передней поверхности инструмента (соответственно 0,83 и 1,14 мм). Кривые температур 585К, 455К и 410К аппроксимируются частью окружности с центром на режущей кромке резца (соответственно 1,4, 3,3 и 4,8 мм).

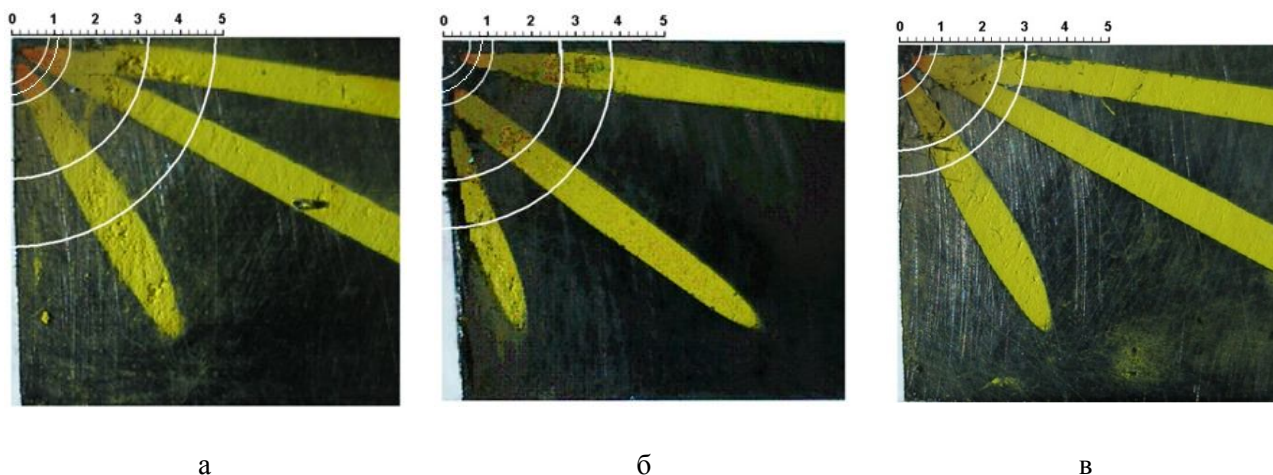
Обдув сжатым воздухом существенно не изменило картину распределения температур (рис.3 б). Изотермы, соответствующие температурам 880К, 635К и 585К, были незначительно смещены в сторону вершины резца. Расстояние по передней поверхности резца от вершины резца до изотерм 880К, 635К и 585К соответственно равно 0,6, 0,8, 1,1 мм. Следовательно, обдув сжатым воздухом оказывает некоторое положительное влияние на распределение температур в режущем клине инструмента при резании.

Применение обдува с охлаждением привело к сдвигу изотерм в сторону вершины режущего инструмента (рис.3 в). Расстояние по передней поверхности резца от режущей кромки до изотерм 635К и 585К соответственно равно 0,5, 0,8, что в 2,25 и 1,75 раза меньше, чем при резании в сухую. Кроме того нет изотермы соответствующей температуре 880К.

Приведенные результаты показывают, что обдув охлажденным воздухом оказывает положительный эффект выраженный значительным снижением температуры в теле резца.

*Таблица 1. Распределение температурных полей в режущем клине инструмента*

Используемая СОТС	Номер цветовой зоны	Цвет зоны	Температура цветового перехода К	Расстояние от режущей кромки до изотермы, мм	
				по передней поверхности	по задней поверхности
В сухую	1	Лимонно-желтый			
	2	Желтый	410	4,8	4,7
	3	Темно-желтый	455	3,3	3,2
	4	Светло-коричневый	585	1,4	1,2
	5	Коричневый	635	1,14	1,0
	6	Темно-коричневый	880	0,83	0,7
Обдув сжатым воздухом	1	Лимонно-желтый			
	2	Желтый	410	3,8	3,8
	3	Темно-желтый	455	2,6	2,5
	4	Светло-коричневый	585	1,1	1,0
	5	Коричневый	635	0,8	0,75
Обдув охлажденным воздухом	6	Темно-коричневый	880	0,6	0,4
	1	Лимонно-желтый			
	2	Желтый	410	3	2,9
	3	Темно-желтый	455	2,4	2,4
	4	Светло-коричневый	585	0,8	0,7
	5	Коричневый	635	0,5	0,4
	6	Темно-коричневый	880	-	-



**Рис. 3.** Распределение температурных зон в режущем клине резцов из БС Р6М5 при свободном точении сплава стали 45 всухую (а), с обдувом сжатым воздухом (б), с обдувом охлажденным воздухом (в)

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Верещака А.С., Провоторов М.В., Кузин В.В., Тимощук В.А., Майер А.А.* Исследование теплового состояния режущих инструментов с помощью многопозиционных термоиндикаторов. // Вестник машиностроения. 1986. № 1. С. 45-49.
2. *Латышев В.Н., Наумов А.Г. и др.* Тепловое состояние быстрорежущего инструмента, подвергнутого химико-термической обработке // Вестник машиностроения. 1992. № 4. С. 49-52.

**В. С. Еловский, А. Г. Наумов**

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

#### **СПОСОБ УВЕЛИЧЕНИЯ СТОЙКОСТИ БЫСТРОРЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ ПУТЕМ ПРИМЕНЕНИЯ «ЭФФЕКТА ПЕЛЬТЬЕ»**

К эффективным методам увеличения стойкости и повышения качества металлообработки относится применение смазочно-охлаждающих технологических средств (СОТС) [1]. СОТС оказывает положительное влияние на трибологическую обстановку в зоне контакта инструмента и обрабатываемого материала, но за частую не обладает удовлетворительной охлаждающей функцией.

Повышению эффективности охлаждающей функции СОТС следует уделять большое внимание.

Известен способ охлаждения зоны резания ионизированным воздухом путем его продувки под избыточным давлением через специальный ионизатор [2,3]. Другой способ подачи СОТС в зону резания представляет собой подачу СОТС в виде распыленных ионизированных жидкостей [4]. Недостатками этих способов являются невысокие смазочные и охлаждающие способности таких СОТС в связи с недостаточной химической активностью СОТС при образовании смазочных пленок, а так же незначительными изменениями температуры (по сравнению с окружающей) ионизированного и распыленного воздуха.

В промышленности нашел применение способ подачи СОТС в зону резания в виде ионизированного увлажненного воздуха, предварительно охлажденного в вихревой трубке Ранка-Хилша [5].

Основным недостатком этого способа, является необходимость использования высоких (более 5-6 атм.) давлений на входе вихревой трубки для получения отрицательного значения температур на ее холодном выходе. Кроме того, дополнительное введение в состав охлаждаемого воздуха (на входе в вихревую трубку) смазочных компонентов может привести к дестабилизации протекания в вихревой трубке процесса охлаждения (эффекта Ранка-Хилша), в результате чего значения температуры на холодном выходе вихревой трубки будут иметь значительные колебания. Это приводит к дестабилизации термодинамических параметров процесса резания в результате «тепловых ударов» и, как следствие, к преждевременному выходу из строя режущих инструментов.

Для решения указанных недостатков, авторами статьи, разработан способ охлаждения и смазки режущих инструментов путем применения «эффекта Пельтье».

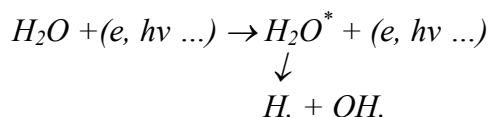
Целью данного способа является повышение стойкости металлорежущих инструментов путем совокупного действия охлаждающего эффекта, вызванного предварительно охлажденными активированными коронным и барьерным разрядами газообразными СОТС, и смазочного эффекта, обусловленного действием активированных электрическими разрядами газообразных СОТС, как индивидуальных, так и имеющих в своем составе микродозы воды, дополнительно введенных в их состав.

Поставленная цель достигается тем, что газовый (в частности, воздушный) поток предварительно охлаждался до температур от 0<sup>0</sup>С до минус 20<sup>0</sup>С посредством применения элементов Пельтье (эффекта Пельтье), установленных в ионизаторе (озонаторе), изготовленного по [6], до зоны воздействия на используемое СОТС коронным или барьерным разрядом. Получение более низких температур лимитировалось характеристиками оборудования. При необходимости, в газовый поток дополнительно вводились смазочные компоненты в количестве 0,05-4,5 г/час, которые подавались направлено в зону контакта через сопло, изготовленное по [7], с помощью охлажденной струи газа (в частности, воздуха). Сопло располагалось от зоны контакта на расстоянии 20-100 мм.

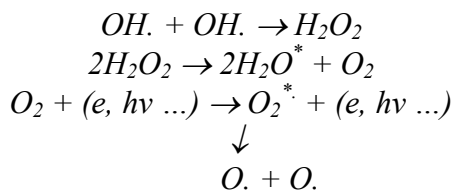
В представленном способе признаки «охлаждения» и «смазки» относятся к совокупности средств, каждое из которых имеет собственное назначение, при этом эти два понятия взаимосвязаны и проявляются одновременно как следствие охлаждения воздушного потока посредством элементов Пельтье.

Механизм возникновения двойственного смазочно-охлаждающего эффекта в результате снижения температуры воздушного потока заключается в следующем.

В воздушном потоке, который использовался при проведении данных исследований в качестве смазочно-охлаждающего технологического средства (СОТС), при охлаждении конденсируются нанодозы воды. В результате этого воздушный поток преобразуется в коллоидную систему, состоящую из охлажденного воздуха (смесь газов) с равномерно распределенными по его объему наночастицами воды. При попадании в контактную зону инструмента с обрабатываемым материалом каждый компонент этой коллоидной системы выполняет свою роль. Охлажденный воздух отводит тепло, которое выделяется в зоне резания. Молекулы воды, находящиеся в воздушном потоке, взаимодействуя с энергетическими частицами контактной зоны (тепловое излучение, экзоэлектроны испускаемые ювенильными поверхностями металлов и т.д.), переходят в возбужденное состояние и преобразуются по радикально-цепному механизму согласно реакциям:



При взаимодействии гидроксильных радикалов образуется перекись водорода, эффект которой при резании обусловлен способностью выделять активных кислород



где  $(e, hv \dots)$  – энергетические частицы;  $H_2O^*$ ,  $O^*$  - возбужденные молекулы воды и кислорода;  $H.$ ,  $OH.$ ,  $O.$  - химические радикалы.

Активные в химическом отношении радикалы кислорода при взаимодействии со свежескрытыми металлическими поверхностями контактной зоны образуют оксидные пленки, которые выполняют функции смазочного материала между трибосопряженными инструментальным и обрабатываемым материалами.

Не исключена вероятность того, что в этом процессе могут принимать участие и молекулы кислорода, являющиеся составной частью воздуха.

Описанный выше механизм образования смазочных пленок на границе раздела инструмент-обрабатываемый материал посредством протекания радикально-цепных реакций может быть усилен путем предварительной активации СОТС физическими, химическими, физико-химическими методами или введением в состав СОТС дополнительных компонентов.

Апробация представленного в статье способа осуществлялась при лезвийной обработке углеродистой стали 45. Резание проводилось на операциях точения инструментами, изготовленными из быстрорежущей стали Р6М5. В качестве дополнительно вводимого смазочного компонента использовалась дистиллированная вода.

**Таблица 1. Результаты испытаний стойкости быстрорежущих резцов при использовании различных СОТС**

№ п/п	Используемая СОТС	Стойкость резцов, мин.
1	Ионизированный воздушный поток. Р6М5	21
2	Микродозы дистиллированной воды подавались в количестве 0,2 г/час в зону контакта посредством охлажденного до минус 10 <sup>0</sup> С в вихревой трубке Ранка-Хилша ионизированного воздушного потока. Р6М5	57
3	Микродозы дистиллированной воды подавались в количестве 0,2 г/час в зону контакта посредством охлажденного с помощью элементов Пельтье до минус 10 <sup>0</sup> С ионизированного воздушного потока. Р6М5	89

Результаты испытаний стойкости быстрорежущих резцов представленные в табл. 1 показали, что способ охлаждения и смазки режущих инструментов путем применения «эффекта Пельтье» для охлаждения ионизированных воздушных сред, с подачей микродоз дистиллированной воды, увеличивает стойкость инструмента в 4,2 раза по сравнению с резанием с применением ионизированного воздушного потока и в 1,6 раза по сравнению с резанием путем подачи в зону контакта микродоз дистиллированной воды посредством охлажденного в вихревой трубке Ранка-Хилша ионизированного воздушного потока.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Латышев В.Н.* Трибология резания. Кн.2 :Принципы создания эффективных СОТС / В.Н. Латышев. – Иваново: Иван. гос. Ун-т, 2009. – 156 с.: ил.
2. *Подураев В.Н., Татаринев А.С., Петрова В.Д.* Механическая обработка с охлаждением ионизированным воздухом // Вестник машиностроения. 1991 №11. С.27-31.
3. UK Patent GB № 2 243 319 B Apparatus for machining materials by cutting. Inventors: Akhmetzyanov I.D., Vereschagin I.P., Dogadin G.S, Lilin V.I., Suslov A.D., Terentiev A.G.
4. А.с. СССР № 210609. Способ охлаждения и смазки распыленными ионизированными жидкостями. Авторы: Латышев В.Н., Солодихин А.Е., Горбунова Е.В.
5. *Курапов К.В.* Повышение работоспособности быстрорежущего инструмента путем применения охлажденного ионизированного воздуха // Дисс. к.т.н. Иваново: Иван. гос. университет, 2011. 152 с.
6. Патент РФ № 2287419. Устройство для получения ионизированных и озонированных СОТС. Авторы: Наумов А.Г., Латышев В.Н., Минеев Л.И. и др.
7. Патент РФ № 2288089 Устройство для подачи смазочно-охлаждающего технологического средства (СОТС) для охлаждения и смазки инструментов. Авторы: Латышев В.Н., Наумов А.Г., Аснос Т.М., Бахарев П.П., Прибылов А.Н.

*И. А. Калинин, В. А. Полетаев, В. В. Киселев*

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

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЛМАЗНОГО ВЫГЛАЖИВАНИЯ ДЛЯ УПРОЧНЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ДЕТАЛЕЙ ПОЖАРНОЙ ТЕХНИКИ**

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.

Упругое выглаживание является более простым и удобным способом применения его в производственных условиях. Основным преимуществом инструментов с упругим элементом нагружения является обеспечение постоянства заданной силы выглаживания независимо от погрешностей установки и точности геометрической формы заготовки. Конструкция таких выглаживателей позволяет реализовать силу выглаживания в широком диапазоне. По типу системы нагружения выглаживатели могут быть механическими, гидравлическими, электромагнитными и комбинированными, наибольшее распространение получили выглаживатели с механической системой нагружения, поскольку они отличаются простотой конструкции, удобством эксплуатации. В качестве упругого элемента в них обычно применяют тарированную проволочную или пластинчатую пружину.

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.

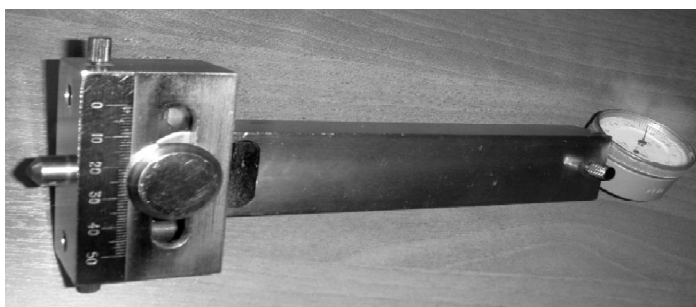


На рис. 1 показана конструкция алмазного выглаживателя, состоящего из алмазного наконечника 1, державки 2, индикатора 3. Алмазный наконечник изготовлен из искусственного алмаза весом 0,8 карат, радиус вершины 3 мм.

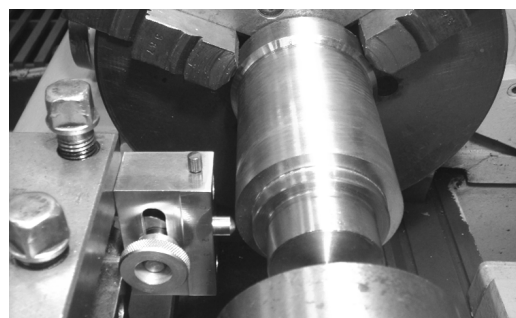
Технология упрочнения алмазным выглаживанием включает следующие этапы:

- токарная обработка (точение) 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 не упрочненных деталей и 300 Н для деталей, упрочненных термообработкой или нанесением гальванопокрытия из хрома с ультраалмазами и металлизированного покрытия

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



**Рис. 1.** Алмазный выглаживатель



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

На рис. 3–5 показаны фотографии поверхности, соответственно, стали 45 (вид сверху), 40X13 и 12X18Н10Т.

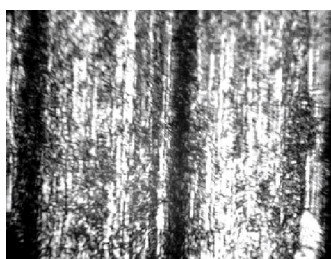


а)

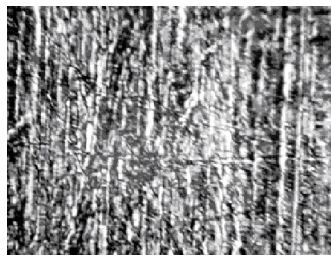


б)

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

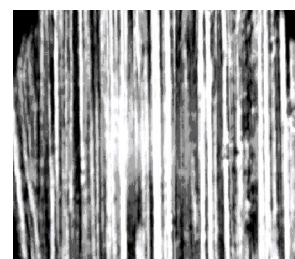


а)



б)

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



а)

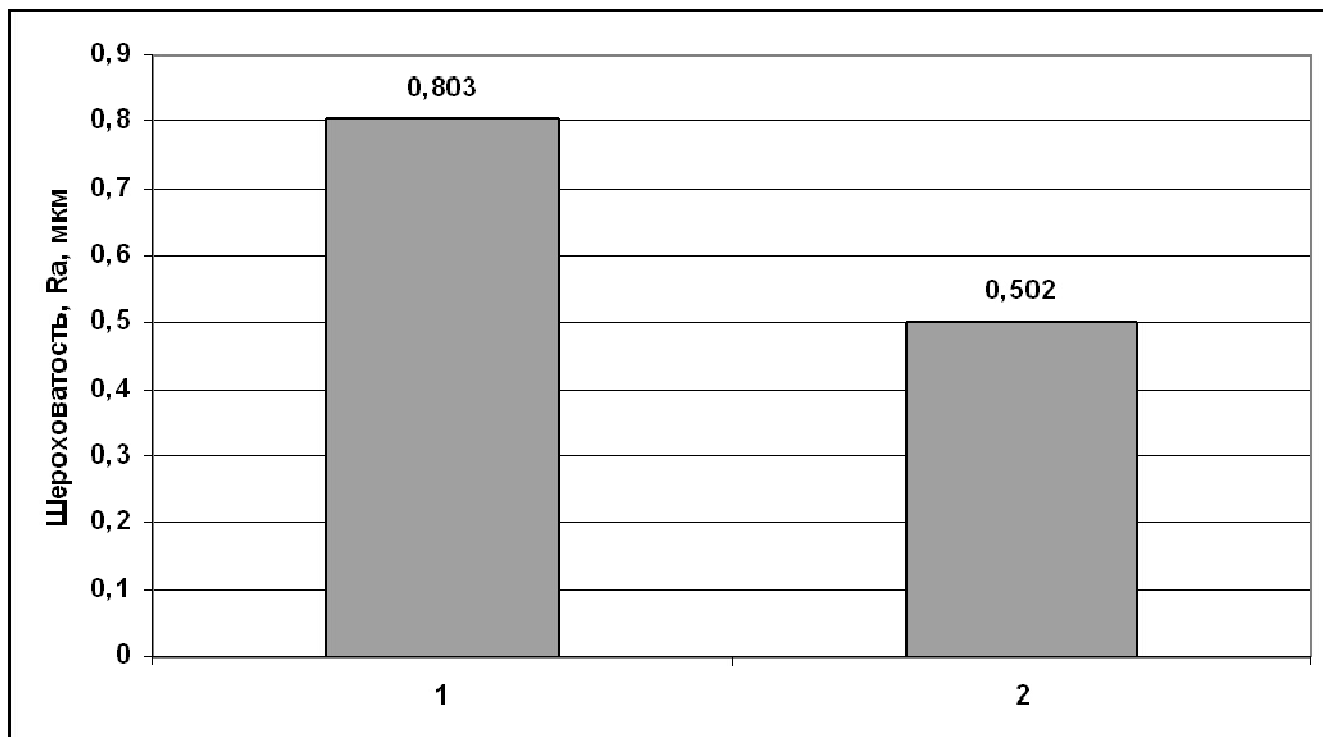


б)

**Рис. 5.** Поверхность стали 12X18Н10Т (вид сверху а) после точения; б) после точения и алмазного выглаживания (ув.× 2500)

Измерение шероховатости производилось на приборе профилометре-профилографе модели АБРИС-ПМ7, запись профилограмм производилась на ЭВМ.

На рис. 6. представлены гистограммы изменения шероховатости  $R_a$  в зависимости от метода обработки для деталей из стали 40X13



**Рис. 6.** Гистограммы изменения шероховатости  $R_a$  в зависимости от метода обработки для деталей из стали 40X13: 1 – точение; 2 – точение + алмазное выглаживание (АВ)

Проведенные эксперименты по измерению величины шероховатости  $R_a$  поверхностей деталей из стали 45, 40X13 и 12X18Н10Т позволили сделать следующие выводы: исходная величина шероховатости  $R_a$  после точения составляет у деталей из стали 45–0,799 мкм, стали 12X18Н10Т – 0,590 мкм, стали 40X13–0,803 мкм и у деталей из стали 45 с гальванопокрытием – 0,529 мкм, с металлизированным покрытием – 0,536 мкм. После алмазного выглаживания величина шероховатости  $R_a$  у деталей из стали 45 с металлизированным покрытием составляет 0,305 мкм, с гальванопокрытием – 0,218 мкм, а из стали 12X18Н10Т – 0,289 мкм.

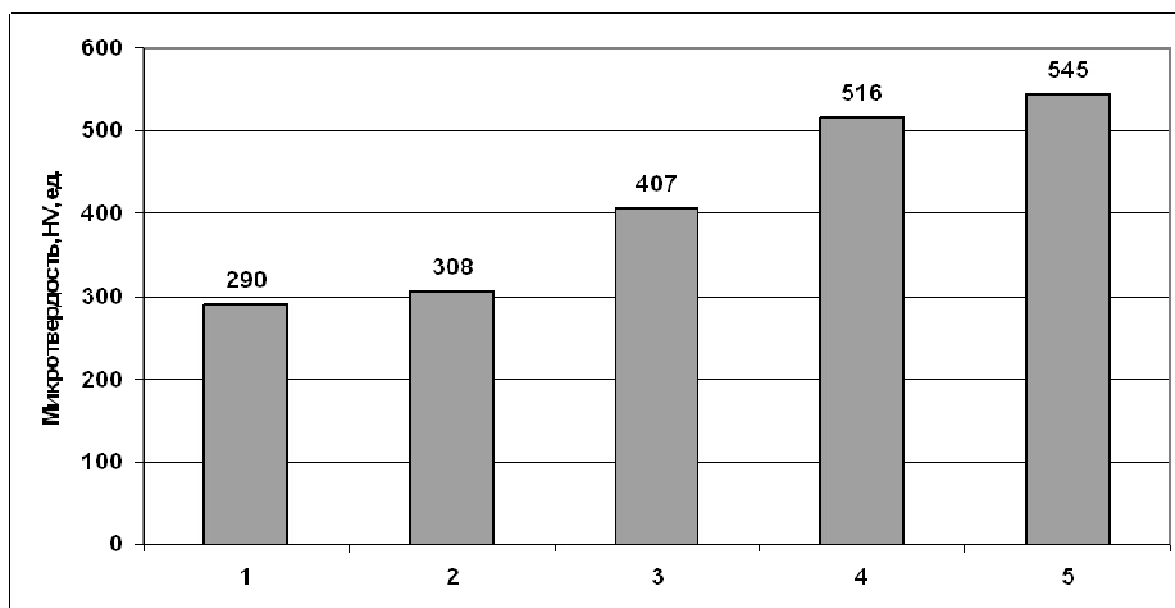
Это значит, что по показателю величины шероховатости  $R_a$  предпочтительнее обработка алмазным выглаживанием гальванопокрытия из хрома с ультраалмазами у деталей из стали 45 [1– 3].

На рис. 7–9 представлены гистограммы изменений микротвердости HV в зависимости от метода механической обработки для деталей из сталей 40X13, 12X18Н10Т и стали 45 и способа нанесения покрытия для деталей из стали 45.

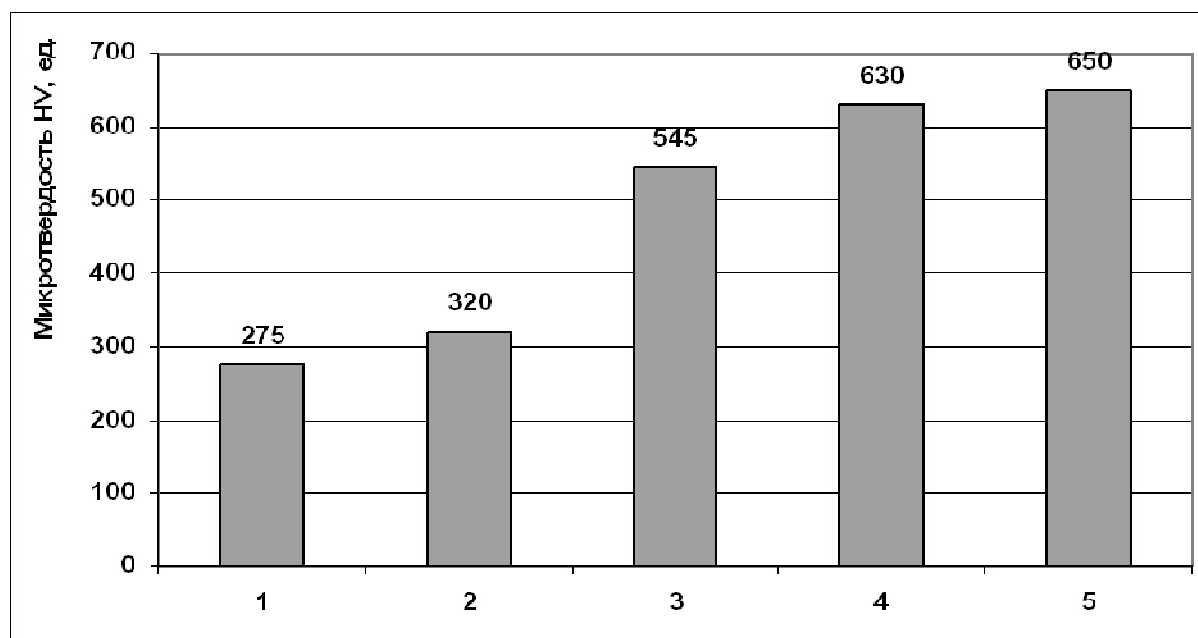
Анализ изменения микротвёрдости в зависимости от метода обработки для детали из стали 12X18Н10Т показал, что исходная величина микротвёрдости для деталей, обработанных точением и шлифованием без термической обработки различается незначительно (290–300 ед. HV). Последующее алмазное выглаживание незначительно повышает величину HV (308 ед. HV). Для этих же деталей подвергнутых термической обработке наблюдается существенное увеличение микротвёрдости HV после алмазного выглаживания до 516 ед. HV.



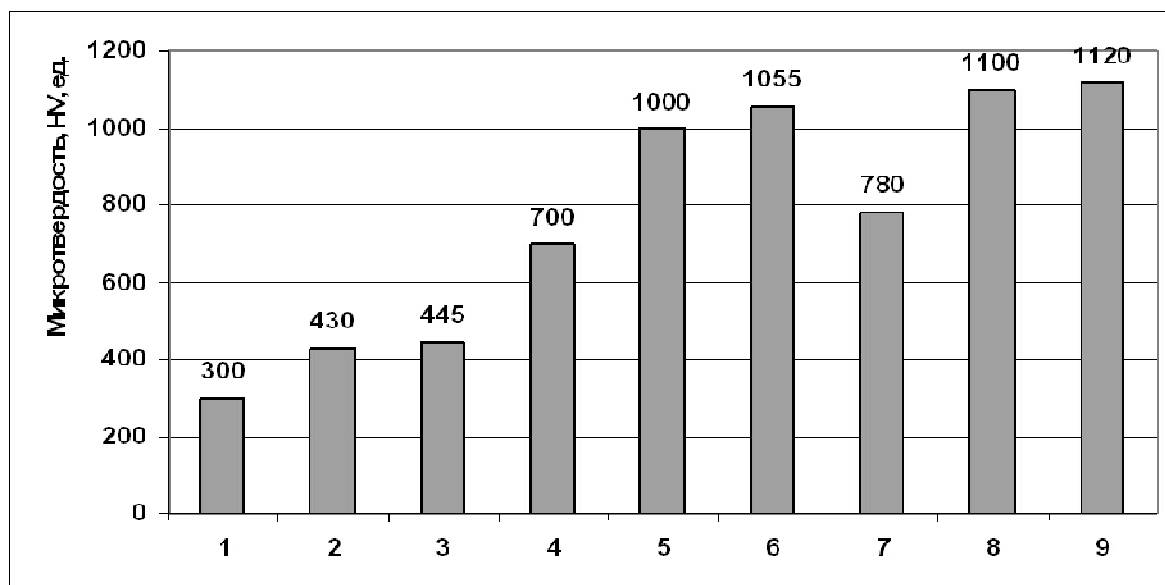
Анализ рис. 7–9 выявил изменение величины микротвердости HV сталей в зависимости от метода механической обработки. После нанесения металлизированного покрытия происходит значительное повышение микротвердости HV.



**Рис. 7.** Гистограммы изменения микротвердости HV в зависимости от метода обработки для деталей из стали 12X18H10T: 1 – точение без термообработки; 2 – точение+алмазное выглаживание (AB); 3 – ТО (термообработка); 4 – (ТО)+алмазное выглаживание (AB); 5 – (ТО)+алмазное выглаживание+ магнитно-импульсная обработка (МИО)



**Рис. 8.** Гистограммы изменения микротвердости HV в зависимости от метода обработки деталей из стали 40X13: 1 – точение без термообработки; 2 – точение+алмазное выглаживание (AB); 3 – термообработка(ТО) ;4 – (ТО) +алмазное выглаживание; 5 – (ТО) +алмазное выглаживание (AB) + магнитно-импульсная обработка (МИО)



**Рис. 9.** Гистограммы изменения микротвердости HV в зависимости от метода механической обработки детали Ø40 мм из стали 45: 1 – точение; 2 – точение + алмазное выглаживание (АВ); 3 – точение +(АВ)+(МИО); 4 – точение покрытия из хрома с ультраалмазами (УА); 5 – (УА) + АВ; 6 – (УА) +( АВ) + (МИО); 7 – точение металлизированное покрытие; 8 – точение металлизированного покрытия + (АВ); 9 – точение металлизированного покрытия + (АВ) + (МИО)

Проведение экспериментов по измерению микротвердости HV поверхности деталей из сталей 45, 40X13 и 12X18Н10Т, упрочненных разными способами, позволило сделать следующие выводы [5]:

- величина микротвердости HV для деталей из стали 45, имеющих гальваническое покрытие из хрома с ультраалмазами составляет 700 ед. HV для диаметра 40 мм, а после алмазного выглаживания – 1000 ед. HV;

- величины микротвердости HV из стали 40X13 после точения и последующего алмазного выглаживания составляют соответственно 275 ед. и 320 ед. HV, а после закалки и последующего алмазного выглаживания, соответственно, 545 и 630 ед. HV;

- величина микротвердости HV для деталей из стали 12X18Н10Т после шлифования и последующего алмазного выглаживания составляет, соответственно, 270 и 320 ед. HV, а после закалки и последующего алмазного выглаживания – соответственно 407 и 516 ед. HV;

- импульсная магнитная обработка увеличивает микротвердость HV поверхностей деталей из сталей 40X13 и 12X18Н10Т;

- величина микротвердости HV для стали 45 с металлизированным покрытием после точения составляет 780 ед., после алмазного выглаживания покрытия – 1100 ед., а после импульсной магнитной обработки деталей с металлизированным покрытием – 1120 ед.

Из этого следует заключение, что по показателю микротвердости HV наиболее предпочтительно применение деталей из стали 45 с металлизированным покрытием и последующими обработками алмазным выглаживанием и импульсным магнитным полем.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Смелянский, В.М.* Механика упрочнения деталей поверхностным пластическим деформированием / В.М. Смелянский. – М.: Машиностроение, 2002. – 300 с.

2. *Королькова Г.С.* Упрочнение деталей электронасосов комбинированным способом / Г.С. Королькова, В.А. Полетаев //Физика, химия и механика трибосистем: межвуз. сб. науч. тр. – Иваново: Иван. гос. ун-т, 2009. – Вып. 8. – С. 92–95.

3. *Полетаев, В.А.* 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.

**А. С. Орлов, В. А. Полетаев**

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

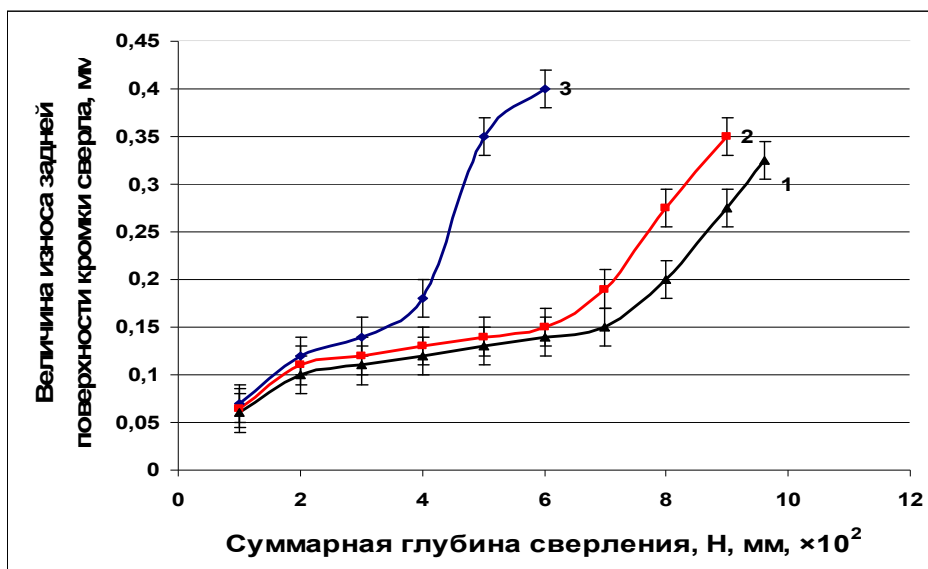
## ОБРАБОТКА СВЕРЛ ИМПУЛЬСНЫМ МАГНИТНЫМ ПОЛЕМ

Прогресс современного машиностроительного производства тесно связан с интенсификацией процессов механической обработки, что приводит к ужесточению условий эксплуатации режущего инструмента и возрастанию требований, предъявляемых к его работоспособности. Быстрорежущие стали являются одним из наиболее распространенных материалов для изготовления различного вида инструментов. Поскольку режущий инструмент работает в коррозионной среде и с высокой нагрузкой, то он испытывает большой износ, что приводит к быстрому затуплению его режущих кромок. Одним из прогрессивных методов упрочнения деталей является магнитная обработка [1]. Для упрочнения режущих инструментов была разработана и изготовлена импульсная магнитная установка [2]. 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 %. 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.

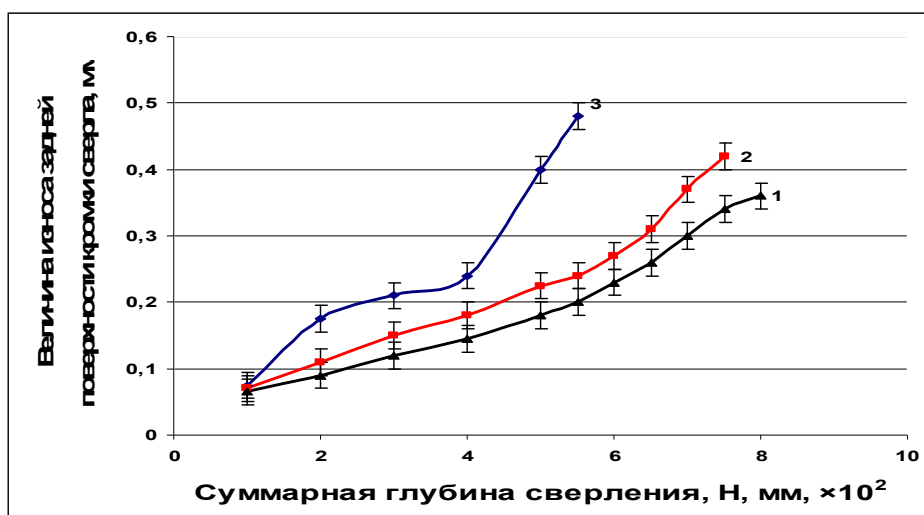
На рис. 1.– 2 представлены зависимости износа величины фасок задних поверхностей кромок сверла от суммарной глубины сверления при МИО с напряженностью магнитного поля  $H = 500$  кА/М и тремя импульсами сверлами диаметром 6 мм из быстрорежущей стали Р6М5 при обработке сталей 40Х и 12Х18Н10Т. Имеется различие в величине износа задней кромки сверла и в суммарной глубине сверления при обработке разных сталей. При обработке стали 40Х величина износа задней поверхности кромки без упрочнения МИО составляет 0,4 мм, стали 12Х18Н10Т–0,48 мм. После упрочнения МИО без использования ферромагнитного порошка величина износа составляет соответственно–0,35 и 0,42 мм для сталей 40Х и 12Х18Н10Т.

Использование ферромагнитного порошка при упрочнении сверл приводит к уменьшению износа фасок задней поверхности кромки сверла до 0,32 и 0,36 мм соответственно для сталей 40Х и 12Х18Н10Т.

При обработке стали 40Х суммарная глубина сверления без упрочнения МИО составляет 600 мм, стали 12Х18Н10Т – 550 мм. После упрочнения МИО без использования ферромагнитного порошка суммарная глубина сверления составляет соответственно 900 и 750 мм для сталей 40Х и 12Х18Н10Т, с использованием ферромагнитного порошка – 950 и 800 мм соответственно для сталей 40Х и 12Х18Н10Т [3].



**Рис. 1.** Зависимость величины износа фасок задних поверхностей кромок сверла от суммарной глубины сверления при МИО с  $H = 500$  кА/М и тремя импульсами сверлами диаметром 6 мм из быстрорежущей стали Р6М5 при обработке стали 40Х: 1 – МИО с ферромагнитным порошком; 2 – МИО без ферромагнитного порошка; 3 – без МИО

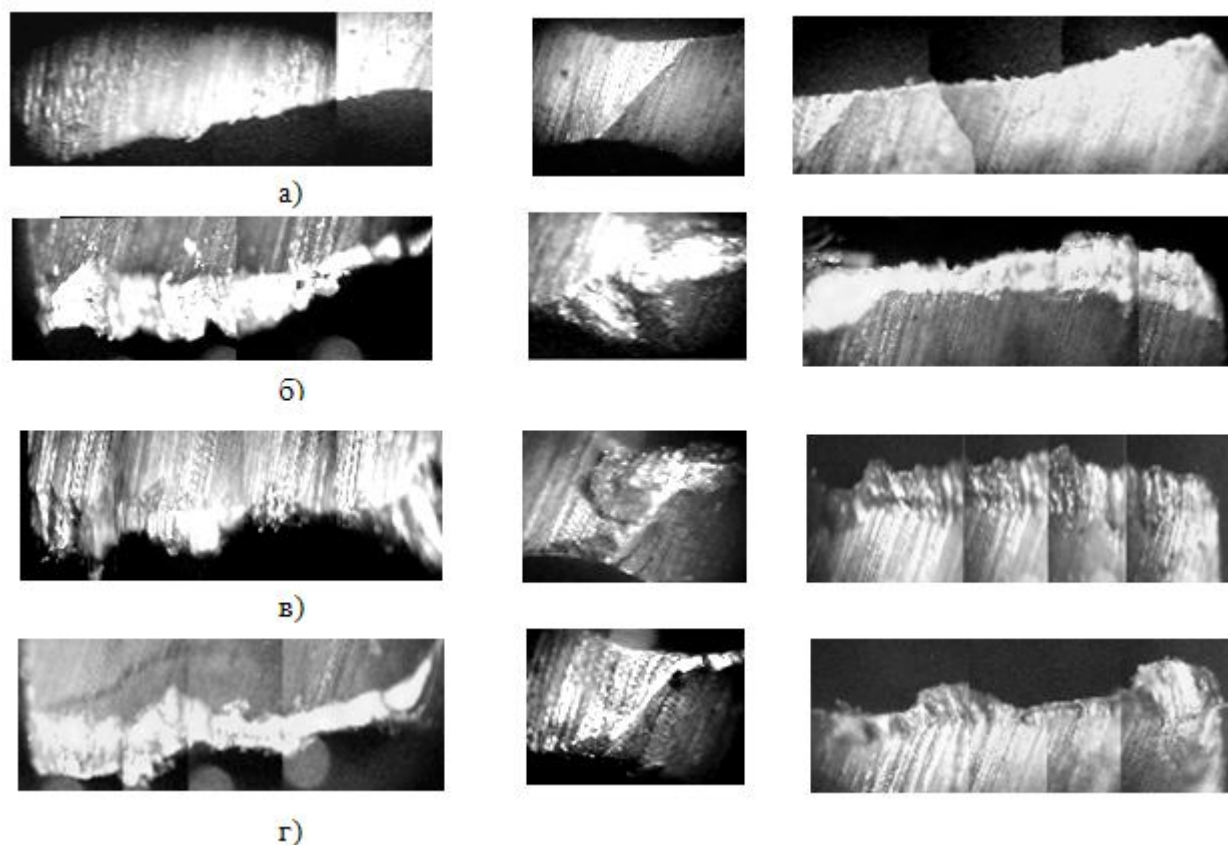


**Рис. 2.** Зависимость величины износа фасок задних поверхностей кромок сверла от суммарной глубины сверления при МИО с  $H = 500$  кА/М и тремя импульсами сверлами диаметром 6 мм из быстрорежущей стали Р6М5 при обработке стали 12Х18Н10Т: 1 – МИО с ферромагнитным порошком; 2 – МИО без ферромагнитного порошка; 3 – без МИО

На рис. 3. показаны фотографии износа фасок задних поверхностей сверл при обработке МИО образцов типа пластин толщиной 15мм из стали 12Х18Н10Т.

При упрочнении стали 12Х18Н10Т без МИО изнашивание фаски задней поверхности сверла происходит по всей длине режущей кромки (фаски), по уголкам режущих кромок (скругление) и по перемычке (вспомогательной режущей кромке) (рис. 3.б).

После упрочнения импульсной магнитной обработкой без использования и с использованием ферромагнитного порошка фаски износа задней поверхности сверл, перемычка и уголки режущих кромок сверла изнашиваются меньше (рис. 3.в – 3.г).



**Рис. 3.** Фотографии износа фасок задней поверхности кромки сверла при обработке стали 12X18H10T: а – без износа; б – без упрочнения МИО после завершения износа; в – при упрочнении МИО напряженностью  $H = 500$  кА/м и тремя импульсами после 700 мм глубины сверления; г – при упрочнении МИО напряженностью  $H = 500$  кА/м и тремя импульсами с ферромагнитным порошком после 800мм глубины сверления (увеличение  $\times 20$ )

Внедрение магнитной обработки в технологический процесс изготовления режущего инструмента представляется возможным и целесообразным. Низкая стоимость, высокая производительность, простота технологии магнитной обработки, высокий уровень безопасности и экономический эффект позволяют рекомендовать использование ее при изготовлении режущего инструмента.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Орлов А.С., Полетаев В.А. Повышение износостойкости сверл методом импульсной магнитной обработки / А.С. Орлов, В.А. Полетаев //Вестник ИГЭУ, 2007. – Вып. 3. – С. 54–55.
2. Орлов А.С., Полетаев В.А., Марков М.Г., Красильникьянц Е.В. Импульсная магнитная установка для упрочнения режущих инструментов. / А.С. Орлов, [и др.] //Вестник ИГЭУ, 2011. – Вып. 4. – С. 35–39.
3. Орлов А.С., Полетаев В.А. Упрочнение сверл импульсной магнитной обработкой. Металлообработка: журнал. / А.С. Орлов, В.А. Полетаев – Санкт-Петербург: ОАО «Издательство «Политехника». – 2015 – №2. – С. 38-40.

*Ю. П. Осадчий, И. Н. Пахотина, Н. Е. Пахотин, С. С. Харченко\**

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

## **РОЛЬ СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ В ОБЕСПЕЧЕНИИ НАДЕЖНОСТИ МАШИН**

С развитием техники условия работы подвижных соединений деталей машин усложняются. Машины редко выходят из строя в результате утраты деталями прочности или жесткости. Главным образом нарушение работы машины происходит из-за износа рабочих поверхностей деталей. Поэтому долговечность и безотказность, а соответственно и надежность машин принципиально определяются износостойкостью узлов трения. Износостойкость учитывается при проектировании и обеспечивается производственными методами при изготовлении. Современные методы эксплуатации обеспечивают высокую износостойкость деталей машин.

Многие исследователи считают, что применение планово-предупредительной системы обслуживания машин не создает достаточных условий для высокой надежности машин, потому что 60...70% из них находятся в неудовлетворительном состоянии. Наиболее эффективной является стратегия обслуживания машин по их фактическому состоянию. Опыт зарубежных стран показывает, что с применением этой стратегии, которая называется «повседневным контролем» фактический ресурс двигателей внутреннего сгорания достигает 1,2 млн.км без капитального ремонта [1]. Управление техническим состоянием машин с применением этой стратегии позволяет создать условия, при которых износостойкость деталей и узлов машины становится достаточно высокой. Аварийные ситуации сокращаются в несколько раз, так как неработоспособные масла вызывают преждевременный износ узлов трения. Постоянный мониторинг позволяет предотвратить применение таких масел. Принципиальное отличие современных моторных масел от масел предыдущего поколения состоит в том, что у последних значение коэффициента трения в зоне контакта непосредственно было связано с интенсивностью износа деталей. Современные масла такой связи не обеспечивают. При функционировании ДВС на неработоспособном масле коэффициент трения может быть не большим, но при этом интенсивность износа деталей растет. Органолептическими методами такой износ не определяется. Создается впечатление, что ДВС функционирует в штатном режиме. Необходимы доступные средства для определения состояния агрегатов машин по параметрам работающего масла. Контроль состояния свежих и работающих масел возможен с помощью аналитических и экспресс-методов[2]. Аналитические методы позволяют определить фактическое качество любого товарного нефтепродукта. В ряде стран создана сервисная сеть лабораторий, оснащенная автоматизированным оборудованием. В нашей стране подобной сервисной сети нет, а затраты на ее создание велики. Подавляющее большинство автопредприятий, в том числе и крупные, не могут себе это позволить.

Экспресс-методы и соответствующие им средства доступны не только каждому предприятию, но и частным владельцам машин. Для обеспечения требуемой надежности машин необходимо разработать методологию применения эффективных экспресс-методов и портативных средств контроля состояния моторных масел.

Силовые агрегаты требуют периодической замены смазывающей жидкости с целью продления срока службы и уменьшения износа деталей.

Масла, содержащие загрязняющие примеси, не способны удовлетворять предъявляемым к ним требованиям и нуждаются в замене. Отработанные моторные масла собирают и очищают от загрязняющих примесей.

По результатам исследования предлагается осуществлять замену работающих масел по данным экспресс - контроля качества масел, а именно по степени концентрации механических примесей [3].

Современные приборы для определения концентрации примесей имеют сложную конструкцию, большие габариты и длительное время измерения.

В результате исследования разработана оригинальная методика, предназначенная для определения массовой концентрации примесей в моторном масле непосредственно на месте отбора проб колориметрическим способом с использованием фотоколориметра "Экотест-2020". Методика позволяет провести экспресс-анализ моторного масла быстро, в течение 5 минут.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Остриков В.В., Клейменов О.А., Баутин В.М.* Смазочные материалы и контроль их качества в АПК.-М: Росинформатех, 2003.-154с.
2. *Пахотина И.Н., Осадчий Ю.П., Пахотин Н.Е.* Методы регенерации отработанных моторных масел. Пожарная и аварийная безопасность: Материалы VIII Международной научно-практической конференции. Иваново: Ивановский институт ГПС МЧС России, 2013. - С. 241-244.
3. *Осадчий Ю.П., Маркелов А.В., Гришута А.С., Пахотин Н.Е.* Методика анализа моторного масла с помощью фотоколориметра //Международная научно-техническая конференция «Информационная среда вуза», Ивановский государственный политехнический университет, г. Иваново, 2013, С.441-444.

***Е. А. Шварев, Ф. С. Васильев, Д. А. Зайцев***

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

#### **ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ АНАЛИЗА ЭФФЕКТИВНОСТИ АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В ОБЛАСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

На современном этапе развития науки и техники при изучении различных процессов широко применяются методы математического моделирования. Процесс абразивной обработки хрупких материалов не является исключением. С помощью разработанной математической модели нами была проверена эффективность механической обработки стекла в среде различных смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ).

Нами были выбраны СОЖ следующих составов: дистиллированная вода взята в качестве основной базы для создания СОЖ (состав 1); 0,2 % - е растворы децилсульфата, додецилсульфата и тетрадецилсульфата натрия взяты для того, чтобы получить сведения о возможном влиянии длины углеводородного радикала в молекуле на процесс резания (составы № 2–4); 0,2% - й раствор водной пасты динатриевых солей моноэфиров сульфоянтарной кислоты (ДНС-А) – используется в качестве присадки для промышленных СОЖ (состав №5). Часто для процесса резания используют растворы готовых моющих средств. Нами в качестве модельной СОЖ взят 1% - й раствор готового моющего средства ПЕМОС (состав №6). Также изучалось влияние растворов неорганических электролитов, показывающих высокую эффективность смазывающего действия при резании стекла в условиях электрохимической активации среды. Для испытаний были взяты 1,5% - е растворы хлоридов натрия и калия (составы № 7 и 8).

Исследование процесса резания проводилось на специализированном трибометрическом стенде, сконструированном на базе вертикального сверлильного станка SB 400. Выбор операции сверления для диагностики СОТС обусловлен рядом достоинств такой схемы испытаний. Операция сверления является одной из наиболее ответственных операций при обработке стекла. Зона обработки локальна, что дает возможность проводить опыты на образцах стекла произвольной геометрии с использованием небольшого количества СОТС. В случае износа инструмента, его легко заменить на новый.

Принцип действия установки следующий. Перед началом сверления образец закрепляется в обойме ячейки, затем в ячейку заливается раствор исследуемой СОЖ. На подвеску, которая соединена с ободом тросом, навешивается груз. После включения двигателя плавно (без удара) вручную сверло подводится к поверхности стекла и производится сверление. После завершения сверления ячейку с раствором СОТС снимается и промывается, для удаления шлама. Промывка осуществлялась проточной водой в течение минуты. Для каждого сверления использовался свежеприготовленный раствор СОТС.

В нашем эксперименте использовались образцы технического стекла марки М4 (71,8% SiO<sub>2</sub>, 2% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 4,7% MgO, 6,7% CaO, 14,8% Na<sub>2</sub>O.) размерами 40x50x5 мм. Сверление осуществляли трубчатými алмазными сверлами по стеклу АС 6 125/100, диаметр сверла внешний -10,8 мм, внутренний – 10,5 мм. Частота вращения шпинделя 912 об/мин, скорость резания 0.5 м/с. Нагрузка варьировалась в диапазоне 30...60 Н.

Для изучения момента резания использовался динамометр, в котором сигнал от упругих перемещений с помощью дифференциального трансформатора преобразовывался в электрический и передавался на ПК. Время сверления и момент резания регистрировалось с помощью компьютерной программы PowerGraph 3.3.

В процессе эксперимента фиксировали время просверливания отверстия  $t$ . Интенсивность сверления рассчитывается по формуле  $I = H / t$ , где  $H$  – толщина образцов. Перед началом испытаний были произведены измерения толщины 30 образцов. Средняя толщина составила  $H = 4.92 \pm 0,5 \cdot 10^{-3}$  мм.

Итоги анализа результатов эксперимента приведены в табл. 1. Для всех обработанных кривых коэффициент корреляции эксперимента и модели оказался близким к единице, что подтверждает адекватность применения нашей модели для анализа экспериментальных результатов. Оказалось также, что режущая способность сверл из одной партии, определяемая эффективным радиусом кривизны  $R$ , может существенно отличаться, что естественно влияет на итоговую картину резания.

Анализ полученных значений  $H_z$  показывает, что наименьшей динамической твердостью стекло обладает в дистиллированной воде. Динамическая твердость стекла в составах с ПАВ лежит в определенном диапазоне: 2,48...3,01 ГПа. Несколько меньшей динамической твердостью стекло обладает в растворах неорганических солей  $H_z = 2,03...2,19$  ГПа.

Полученные результаты можно объяснить тем, что в дистиллированной воде процессы хрупкого разрушения стекла под действием абразивного инструмента протекают более интенсивно. Смазочное действие присадок ПАВ уменьшает значения сил взаимодействия абразивного зерна и материала, в результате чего резание замедляется. Таким образом, добавление присадок ПАВ в СОЖ как правило ухудшает режущую способность. Поэтому при выборе присадок следует уделять большее внимание присадкам, которые в меньшей степени ее снижают. Из исследованных присадок данной способностью обладают присадки ДНСА и неорганические соли.

Для определения дисперсии воспроизводимости результата по предложенному методу определения  $H_z$  для СОЖ была проведена серия экспериментов с дистиллированной водой. Резание осуществляли разными сверлами. Установленное среднее значение  $H_z$  для воды равняется 1,85 ГПа, среднеквадратичное отклонение – 60 ГПа, стандартная ошибка определения среднего – 20 ГПа. Воспроизводимость опыта составляет примерно – 3 %, что для технических экспериментов более чем удовлетворительный показатель.



Таблица 1. Результаты регрессионного анализа экспериментальных кривых

№ состава	A, 10 <sup>-5</sup>	B, 10 <sup>-6</sup>	r	F <sub>0</sub> , Н	R, мкм	H <sub>z</sub> , ГПа	M, Н·м
1	4,27	1,74	0,995	24,5	16,7	1,83	0,1
2	2,51	1,44	0,996	17,4	14,0	2,48	0,08
3	3,16	1,23	0,995	25,7	17,0	2,56	0,08
4	2,40	1,10	0,979	21,8	15,7	3,01	0,075
5	3,77	1,56	0,972	24,2	16,5	2,05	0,07
6	2,30	1,47	0,991	15,6	13,3	2,52	0,085
7	3,83	1,58	0,993	24,3	16,6	2,03	0,085
8	3,37	1,5	0,995	22,5	15,9	2,19	0,08

Таким образом, показано, что действие СОЖ на интенсивность процесса резания определяется физико-химической природой присадок, содержащихся в жидкости. В качестве количественной характеристики целесообразно использовать параметр  $H_z$ .

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Смазочно-охлаждающие технологические средства и их применение при обработке резанием: Справочник / Под общей ред. Л.В. Худобина. М.: Машиностроение, 2006. 544 с.
2. Киселев Е.С., Джавахия Ж.К., Унянин А.Н. Влияние состава и способа подачи СОЖ на качество и эксплуатационные характеристики шлифованных деталей // Станки и инструмент. 1985. № 6. С. 49 – 51.
3. Киселев Е.С., Унянин А.Н., Маркелов А.Б. О влиянии составов СОЖ на эксплуатационные характеристики деталей машин // Вестник машиностроения. 1985. № 7. С. 50 – 52.
4. Инструкция по испытаниям новых СОЖ на технологическую эффективность при шлифовании / Л.В. Худобин, В.В. Ефимов, Е.С. Киселев, Н.Е. Веткасов. Киев: ВНИИПКН-Нефтехим, 1981. 72 с.

*Е. А. Шварев, А. А. Миронов, М. И. Лебедев*

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

#### РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ ХРУПКИХ МАТЕРИАЛОВ

Хрупкие неметаллические материалы нашли широкое применение в области обеспечения пожарной безопасности. Специфические свойства таких материалов предъявляют определенные требования к процессу их обработки. При этом важную роль в разработке эффективных методов обработки хрупких материалов играет математическое моделирование.

Процесс разрушения поверхности хрупкого тела под действием абразивного инструмента может быть представлен в виде периодически повторяющихся напряжений, создаваемых абразивными зернами. Интенсивность процесса шлифования определяется толщиной срезаемого материала в единицу времени:

$$I = \frac{h_z}{\tau_z} = (h_z N_z a) v, \quad (1)$$

где  $N_z$  – плотность зерен на ед. поверхности;  $a$  – диаметр пятна контакта зерна с поверхностью материала,  $v$  – скорость резания.

Для теоретической оценки параметров  $a$  и  $h_z$  могут быть использованы основные выводы теории упругого взаимодействия твердых тел при их взаимном контакте (задача Герца).

Диаметр пятна контакта зерна с поверхностью материала рассчитывался из выражения

$$a = 0.9086 \sqrt[3]{\beta_0 f_z R}, \quad (2)$$

где  $f_z = \frac{P}{N_z}$  – сила вдавливания зерна в поверхность,  $\beta_0 = \frac{1-\mu_1^2}{E_1} + \frac{1-\mu_2^2}{E_2}$  – приведенный параметр  $\beta_0$ , учитывающий упругие характеристики контактирующих тел,  $\mu_1, \mu_2$  – коэффициенты Пуассона,  $E_1, E_2$  – модули упругости Юнга этих тел,  $R$  – радиус кривизны зерна.

Толщину срезаемого слоя  $h_z$  определяли из выражения

$$h_z = \frac{f}{\pi D H_z}, \quad (3)$$

где  $H_z$  – эффективная динамическая твердость материала при шлифовании,  $D = 2R$  – диаметр индентора,  $f$  – сила неупругого вдавливания.

Сила неупругого вдавливания определялась из выражения

$$\begin{cases} f = f_z - f_{\min} & \text{при } f_z > f_{\min} \\ f = 0 & \text{при } f_z < f_{\min} \end{cases}, \quad (4)$$

где  $f_{\min} = 5,168 \left[ \frac{3\sigma_B}{1-2\mu_1} \right]^3 (\beta_0 R)^2$ ,  $\sigma_B$  – предел прочности при растяжении,  $\mu_1$  – коэффициенты Пуассона для разрушаемого хрупкого материала.

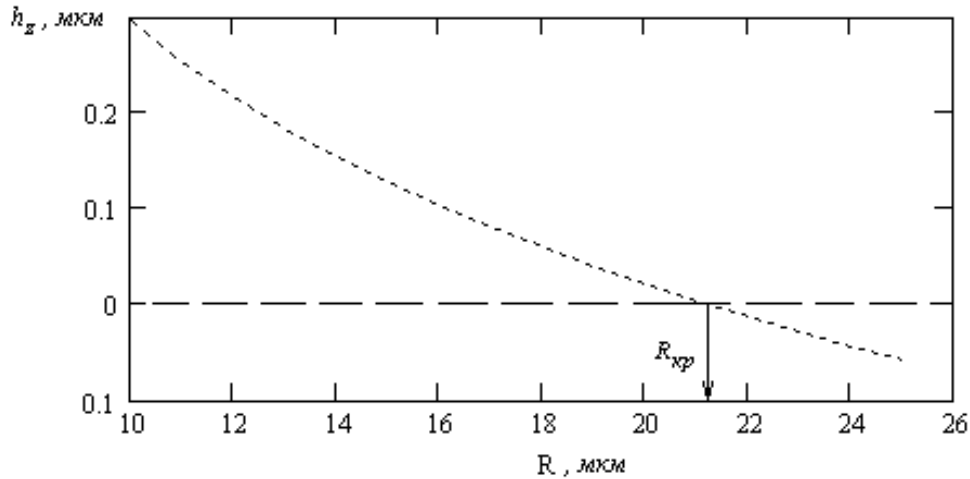
Подставляя выражения (2-4) в формулу (1) получаем

$$I = 0,145 \frac{P - P_0}{H_{я}} \sqrt[3]{\frac{\beta_0 P}{R^2 N_z}} \nu, \quad (5)$$

где  $P_0 = 5,168 \left[ \frac{3\sigma_B}{1-2\mu_1} \right]^3 N_z (\beta_0 R)^2$  – минимальное прижимное давление, при котором будет возможен процесс шлифования.

Анализ полученного выражения показывает, что процесс абразивной обработки может быть смоделирован, как результат взаимодействия инструмента, материала, среды и технологических условий. Причем из выражения (5) видно, что вклады составляющих этой сложной системы могут быть разделены. Режим обработки задается скоростью  $\nu$  и прижимным давлением  $P$ . Отметим, что полученные зависимости соответствуют имеющимся экспериментальным данным по зависимости интенсивности шлифования от режима резания стекла при малых скоростях и давлениях, когда температуры в зоне обработки значительно меньше температур размягчения стекла и реализуется механизм хрупкого разрушения поверхностного слоя стекла.

Параметры  $\beta_0, N_z, \sigma_B, R$  характеризуют обрабатываемый материал и инструмент. Большинство данных модели определяются из таблиц, характеризующих свойства инструментального и обрабатываемого материалов.



**Рис. 1.** Теоретическая зависимость глубины среза от эффективного радиуса кривизны абразивных зерен ( $\sigma_B = 50$  МПа,  $E_2 = 0.65$  ГПа,  $\mu_2 = 0.2$ ,  $N_z = 10^8 \text{ м}^{-2}$ ,  $E_1 = 1000$  ГПа,  $\mu_1 = 0.1$ , прижимная нагрузка  $P = 8$  МПа,  $H_z = 3,5$  ГПа)

Однако ряд параметров не может быть определен вне конкретного эксперимента. Эмпирическими параметрами процесса являются  $R$  и  $H_z$ . Согласно полученной модели эффективный радиус кривизны характеризуется режущую способность инструмента. Чем меньше радиус, тем выше глубина срезаемого слоя и интенсивность резания (рис. 1). Модель предсказывает существования критического радиуса кривизны абразивного зерна, при котором процесс резания прекратится.

Коэффициент  $H_z$  – эффективная динамическая твердость материала показывает, насколько эффективно происходит разрушение материала вне зависимости от режущей способности инструмента, давления на инструмент и скорости обработки. Для случая изучения эффективности действия СОЖ, показания данного параметра будут характеризовать, насколько интенсивно происходит процесс резания в той или иной технологической среде. Важно, что влияние среды может быть определено безотносительно к режущей способности инструмента, что повышает достоверность определения этого показателя.

Для того чтобы определять данные параметры в эксперименте, необходимо провести исследование влияния какого-либо из изменяемых параметров. Наиболее удобным изменяемым параметром является прижимная нагрузка. Если проводить эксперимент с постоянной площадью контакта инструмента и заготовки, тогда формула (5) может быть уточнена как

$$I = 0,145 \frac{F - F_0}{S_u H_z} \sqrt[3]{\frac{\beta_0 F}{S_u R^2 N_z}} \nu, \quad (6)$$

где  $F_0 = 5,168 \left[ \frac{3\sigma_B}{1 - 2\mu_1} \right]^3 N_z S_u (\beta_0 R)^2$  – минимальная прижимная сила, при которой начнется процесс резания. Выражение для интенсивности резания можно линеаризовать, поделив обе части на  $\sqrt[3]{F}$ :

$$Y = \frac{I}{\sqrt[3]{F}} = \frac{0,145}{H_z S} \sqrt[3]{\frac{\beta_0}{S R^2 N_z}} \nu (F - F_0) = B(F - F_0) = BF - A. \quad (7)$$

где  $A$  и  $B$  – коэффициенты линейной модели. Проведя эксперимент по нахождению зависимости  $Y = f(F)$  методом регрессионного анализа легко найти значения этих эмпирических коэффициентов  $A$  и  $B$ . Коэффициенты регрессионной модели связаны с определяемыми параметрами модели соотношениями:

$$F_0 = \frac{A}{B}, \quad R = \sqrt{\frac{F_0}{S_i D}}, \quad H_z = \frac{C}{B}, \quad (8)$$

$$\text{где } C = \frac{0,145\sigma}{S_i} \sqrt{\frac{\beta_0}{R^2 N_z S_i}}, \quad D = 5,168 \left[ \frac{3\sigma_B}{1-2\mu_1} \right]^3 N_z (\beta_0)^2.$$

Таким образом, полученная теоретическая модель показывает, что для повышения точности определения влияния СОЖ на интенсивность шлифования необходимо проводить эксперимент по определению зависимости интенсивности шлифования от прижимной нагрузки. Обработка результатов эксперимента позволяет отдельно определить влияние на процесс режущей способности инструмента и СОЖ.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Смазочно-охлаждающие технологические средства и их применение при обработке резанием: Справочник / Под общей ред. Л.В. Худобина. М.: Машиностроение, 2006. – 544 с.
2. Киселев Е.С., Джавахия Ж.К., Унянин А.Н. Влияние состава и способа подачи СОЖ на качество и эксплуатационные характеристики шлифованных деталей // Станки и инструмент. 1985. № 6. – С. 49 – 51.
3. Киселев Е.С., Унянин А.Н., Маркелов А.Б. О влиянии составов СОЖ на эксплуатационные характеристики деталей машин // Вестник машиностроения. 1985. № 7. С. 50 – 52.
4. Инструкция по испытаниям новых СОЖ на технологическую эффективность при шлифовании / Л.В. Худобин, В.В. Ефимов, Е.С. Киселев, Н.Е. Веткасов. Киев: ВНИИПКН-Нефтехим, 1981. – 72 с.

## РАЗДЕЛ 4

### СОВРЕМЕННЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

*С. Ю. Антонов, С. А. Гарелина, К. П. Латышенко, В. В. Тимошенко\**  
(ФГБОУ ВО «Академия гражданской защиты МЧС России», \*СОШ г. Химки)

#### ПОСТАНОВКА ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО ИЗУЧЕНИЮ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО МАНОМЕТРА «САПФИР-22МТ» И ЭЛЕКТРОКОНТАКТНОГО МАНОМЕТРА ЭКМ-1У

В рамках модернизации лабораторного практикума по дисциплине «Метрология, стандартизация и сертификация» на кафедре Механики и инженерной графики АГЗ МЧС России были поставлены две лабораторные работы по изучению принципа действия и поверке электрического манометра «Сапфир-22МТ» и электроконтактного манометра ЭКМ-1У.

Работа электрического манометра «Сапфир» основана на том, что измеряемое давление воздействует на титановую мембрану, на внутренней поверхности которой напаяна сапфировая подложка с резисторами, образующими мост [2]. Деформация мембраны приводит к изменению электрического сопротивления резисторов и, следовательно, к разбалансу моста, пропорциональному приложенному давлению, который преобразуется электронным преобразователем в унифицированный токовый сигнал.

Семейство измерительных преобразователей давления «Сапфир» имеет высокую точность, нормированный токовый сигнал, маленькую металлоёмкость, они компактны и малогабаритны.

Измерительный преобразователь «Сапфир-22МТ» модели 2151 имеет диапазон измерений 0,25; 0,4; 0,6 (0,63); 1,0 МПа, выходной сигнал 4 – 20 мА, класс точности 0,5.

Номинальная статическая характеристика «Сапфир-22МТ» имеет вид:

$$I = \frac{P - P_{\min}}{P_{\max} - P_{\min}} (I_{\max} - I_{\min}) + I_{\min}, \quad (1)$$

где  $I$  – значение выходного сигнала, соответствующее измеряемому параметру  $P$ ;  $I_{\max}$ ,  $I_{\min}$  – наибольшее и наименьшее значение выходного сигнала;  $P_{\max}$ ,  $P_{\min}$  – верхний и нижний пределы измеряемого параметра.

Принцип действия манометра ЭКМ-1У основан на деформации трубчатой пружины пропорционально давлению в ней [2]. ЭКМ-1У отличается от манометра избыточного давления наличием специальных электроконтактов, их установка может быть проведена на любые отметки рабочей части шкалы манометра.

Манометр ЭКМ-1У имеет диапазон измерений 0 – 1,6 кг/см<sup>2</sup>, класс точности 1,5. Допустимая погрешность срабатывания сигнализирующего устройства в процентах от суммы пределов измерений  $\pm 2,5$ . Сила коммутируемого тока – до 1 А, напряжение внешних электрических цепей – 220 или 380 В. Разрывная мощность контактов сигнализирующего устройства при омической нагрузке – 30 В·А.

Целью лабораторных работ является изучение принципа действия манометров «Сапфир-22МТ» и ЭКМ-1У, а также определение их метрологических характеристик.

Приборы и оборудование для выполнения работы:

1. Пресс универсальный малогабаритный ПУМ6.
2. Манометр образцовый МО.
3. Манометр «Сапфир-22МТ».
4. Электроконтактный манометр ЭКМ-1У.
5. Блок питания БПД-2К-36.

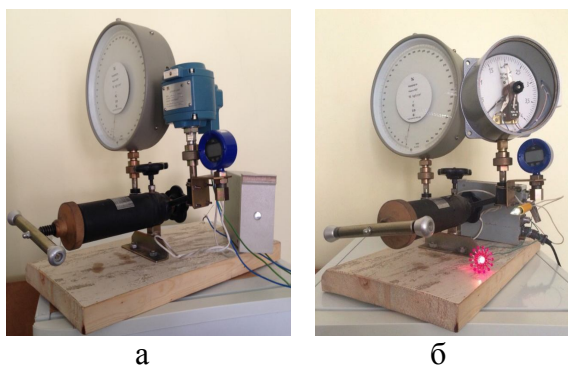
На рис. 1 показаны лабораторные стенды для изучения манометров «Сапфир-22МТ» (а) и ЭКМ-1У (б). В первом задании студенты снимают с помощью пресса и образцового манометра статическую характеристику изучаемого манометра [1, 3].

На рис. 2 показана реальная статическая характеристика электрического манометра «Сапфир-22МТ».

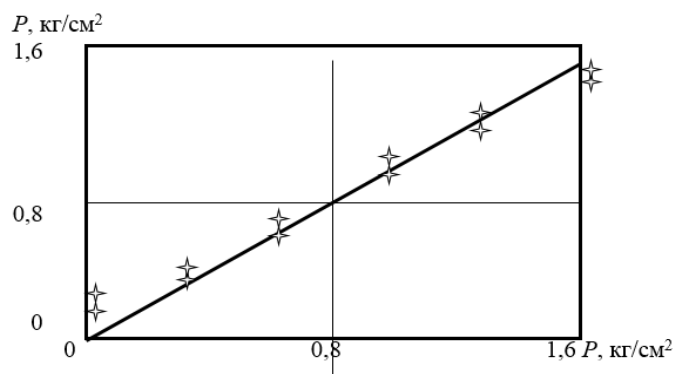
Математическая модель манометра «Сапфир-22МТ» имеет вид

$$P = 0,12 + 0,96P \quad (2)$$

Во втором задании студенты определяют метрологические характеристики изучаемого манометра. А в третьем – обрабатывают результаты измерений и делают выводы.



**Рис. 1.** Внешний вид стенда для изучения электрического манометра «Сапфир-22МТ» (а) и электроконтактного манометра ЭКМ-1У (б)



**Рис. 2.** Статическая характеристика электрического манометра «Сапфир-22МТ»

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Башкатова, А.А. Поверка технических пружинных манометров на образцовом грузопоршневом манометре / А.А. Башкатова, П.И. Плешешник, Н.С. Николаев – М.: МГУПП, 2013. – 12 с.
2. Латышенко, К.П. Технические измерения и приборы. Часть I / К.П. Латышенко. – М.: МГУИЭ, 2008. – 520 с.
3. МИ 1997–89. Рекомендация. ГСИ. Преобразователи давления измерительные. Методика поверки.

*И. А. Анучин, А. А. Бойков, Е. Г. Козлов*  
(ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет  
имени В.И. Ленина»)

## **ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВЕРИФИЦИРУЕМОСТИ ИНЖЕНЕРНО-ГРАФИЧЕСКИХ ЗАДАЧ**

В работе [1] введено понятие верифицируемости, как практической доступности самостоятельной проверки задач студентами при поддержке компьютерных систем, и выделены группы задач верификации: верификация упражнений, верификация задач и верификация оформления решений. Решение 2-й и 3-й группы задач верификации связано с разработкой систем автоматического чтения чертежа [2, 3] либо с разработкой специальных геометрических редакторов.

Авторами была поставлена задача разработки редактора для чертежей задач инженерной графики. В [4] было показано создание специализированного графического редактора, внедряемого в интернет-страницу. Результатом работы этого редактора является JavaScript-код, однако, для машинной проверки необходимо представление чертежа в форме менее избыточной и не требующей дополнительной обработки. Кроме того редактор должен содержать размерные объекты и элементы оформления в соответствии с требованиями ЕСКД.

В качестве инструментальной базы был использован формат векторной графики SVG и бесплатная библиотека SVG.JS.

SVG (Scalable Vector Graphics), разработанный на основе обобщенного языка представления данных XML, является одним из самых популярных языков разметки плоской графики и широко применяется как основной язык векторной графики в среде Internet, как формат передачи данных между векторными графическими редакторами. Для ряда графических редакторов (Inkscape, Sketch) формат SVG является основным. Возможности языка включают: описание примитивов (отрезков, прямоугольников, окружностей и др.), описание сложных фигур (примитив Path позволяет рисовать контуры, составленные из отрезков, дуг эллипсов и участков кривых Безье), задание толщины и стиля линий, заливки, текст, группировку, аффинные трансформации фигур и групп, анимацию.

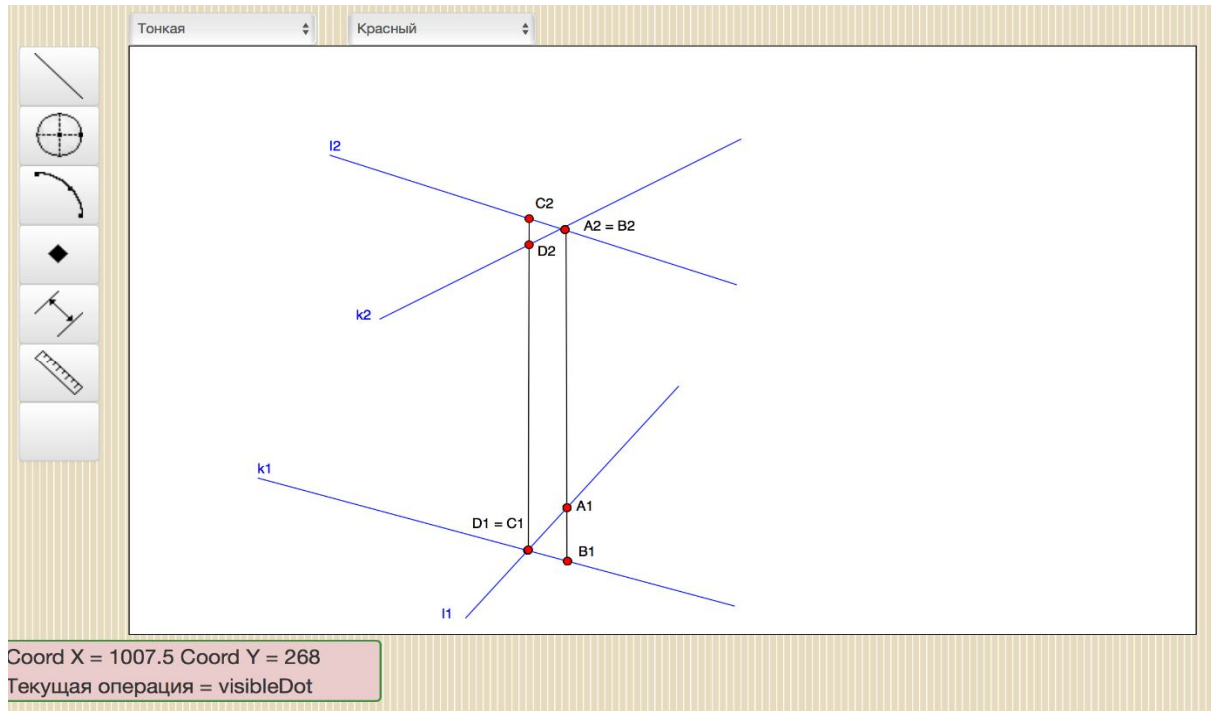
Для реализации процедур построения плоских фигур были использованы методы вычислительной геометрии [5-7].

В интерфейсе редактора реализована уникальная модель привязок, описанная в [8] как более адаптированная к мобильным устройствам: для указания привязки вначале выбирается фигура, затем указывается точка привязки среди подсвеченных. Таким образом, процесс построений дробится на клики — наиболее подходящие жесты для работы с сенсорной панелью мобильного устройства. Пример чертежа, построенного средствами разработанного авторами редактора, и интерфейс панели инструментов приведены на рис. 1.

В настоящее время редактор позволяет выполнять следующие построения:

- создание точек указанием в поле чертежа;
- создание точек на пересечении прямых и/или окружностей;
- создание прямых и отрезков указанием на экране;
- создание прямых и отрезков через заданные точки;
- создание прямых касательно окружностям;
- создание вертикальных и горизонтальных прямых;
- создание окружностей указанием центра и точки, центра и радиуса, трех точек;
- создание линейных, угловых, радиальных и диаметральных объектов в соответствии с требованиями ЕСКД;

- использование результатов измерений в качестве параметров построений;
- разбиение отрезков и окружностей на отрезки и дуги;
- удаление фигур;
- редактирование свойств (цвет, толщина, тип линии, условная видимость проекций точек), положение заголовков.



**Рис. 1.** Интерфейс редактора и пример чертежа задачи

Геометрическая модель представляется JSON-структурой, которая может без изменения передаваться серверу для обработки (автоматической проверки решения).

Выводы.

В рамках работы авторами были исследованы современные графические интернет-технологии, формат векторной графики SVG, язык сценариев JavaScript, аналитические основы начертательной геометрии. Был создан редактор, который внедряется в интернет-страницу, позволяет строить точки, прямые, окружности и выполнять любые построения, основанные на этих фигурах (как известно, этого достаточно для построения точек лекальных кривых второго и более высоких порядков, выполнения преобразований чертежа), среди инструментов редактора реализованы объектные привязки, измерения в плоскости чертежа и построение размерных объектов.

Следующим этапом работы предполагается соединение редактора с системой сохранения чертежей и автоматической проверки, а также расширение набора инструментов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бойков А. А. Верифицируемость инженерно-графических задач как необходимое условие эффективной самостоятельной работы. - URL: <http://dgng.pstu.ru/conf2016/papers/68/>
2. Ротков С.И. Разработка методов и средств геометрического моделирования и компьютерной графики пространственных объектов для CALS-технологий. Дисс. докт. техн. наук. 05.01.01 – Инженерная геометрия и компьютерная графика. Нижний Новгород, ННГАСУ, 1999. 280 с.



3. *Тюрина В.А.* Разработка методов преобразования каркасной модели в задаче синтеза образа 3D объекта по его проекциям. Дисс. канд Техн. Наук. 05.01.01 – Инженерная геометрия и компьютерная графика. Нижний Новгород, ННГАСУ, 2003. 170 с.

4. *Сомов Д.А.* HTML5 в автоматизированных системах обучения // Восьмая международная научно-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых «Энергия-2013»: Материалы конференции. В 7 т. Т. 5, Ч. 1. Иваново: ФГБОУ ВПО Ивановский государственный энергетический университет им. В. И. Ленина, 2013.

5. *Роджерс, Д.* Алгоритмические основы машинной графики. – М. : Мир, 1989. – 512 с.

6. *Фролов С.А.* Автоматизация процесса графического решения задач. Мн.: Высш. школа, 1980. 256 с.

7. *Соснин, Н.В.* Компьютерная графика. Математические основы. Версия 1.0 [Электронный ресурс] : электрон. учеб. пособие / Н. В. Соснин. Красноярск: ИПК СФУ, 2008. 138 с.

8. *Бойков А.А.* Интерфейс САПР-редактора для устройств с сенсорным вводом // Вестник Костромского государственного университета им. Н.А. Некрасова. 2014. Т. 20. № 5. С. 51-54.

***О. Н. Белорожев, И. Н. Комолов***

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

### **ПРИМЕНЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРНО-АКТИВИРОВАННОЙ ВОДЫ ПРИ ТУШЕНИИ ПОЖАРОВ НА РАЗЛИЧНЫХ ОБЪЕКТАХ ЭКОНОМИКИ**

Вода является наиболее широко применяемым огнетушащим веществом тушения пожаров. Факторами, обуславливающими достоинства воды как огнетушащего средства, помимо доступности и дешевизны являются значительная теплоемкость, высокая скрытая теплота испарения, подвижность, химическая нейтральность и отсутствие ядовитости. Такие свойства воды обеспечивают эффективное охлаждение не только горящих объектов, но и объектов, расположенных вблизи очага горения, что позволяет предотвратить разрушение, взрыв и загорание последних.

Огнетушащая способность воды обуславливается охлаждающим действием, разбавлением горючей среды образующимися при испарении парами и механическим воздействием на горящее вещество, т. е. срывом пламени. Разбавляющее действие, приводящее к снижению содержания кислорода в окружающем воздухе, объясняется тем, что объем пара в 1700 раз превышает объем испарившейся воды. Объем водяного пара, образуемого при пламенном горении, невелик, поскольку вода не контактирует продолжительное время с горящим материалом, и поэтому роль пара в прекращении горения незначительна. При горении твердых материалов основную роль в пожаротушении играет охлаждение твердой поверхности.

Большинство современных технических средств, которые находятся на вооружении пожарно-спасательных подразделений, позволяют использовать непосредственно на тушение очага пожара только 5-10 % поданной на тушение воды. Фактически 90-95 % воды при этом можно считать излишне пролитой. Часто ущерб от излишне пролитой воды наносит большие потери.

Известны два способа подачи воды в очаг горения - в виде сплошных и распыленных струй. Сплошные струи представляют собой неразрывный поток воды, имеющий большую скорость и сравнительно небольшое сечение. Эти струи характеризуются определенной

ударной силой и большой дальностью полета; при этом значительные объемы воды воздействуют на малую площадь. Распыленные струи - это поток воды, состоящий из мелких капель. Эти струи характеризуются небольшой ударной силой и дальностью действия, но орошают большую поверхность. При подаче воды распыленными струями создаются наиболее благоприятные условия для ее испарения и тем самым повышается охлаждающего эффекта и разбавления горючей среды.

Практически все проводимые в настоящее время в мире исследования по улучшению огнетушащих свойств воды могут быть сведены к двум направлениям.

Первое - улучшение текучести воды и улучшение её смачивающих свойств.

Второе - уменьшение размера капель воды (получение «водяного тумана»), используемых при пожаротушении, до размеров, при которых происходит их полное испарение в очаге пожара.

Реализация этих двух направлений выражается в постоянно сохраняющейся тенденции повышения давления насосных установок пожарной техники, в совершенствовании распылителей воды пожарных стволов и в использовании добавок в воду, которые улучшают ее текучесть.

Применение тонкораспыленной воды базируется на образовании водяного облака путем распыления подаваемой под давлением воды. При подаче распыленной воды на очаг пожара, в разы увеличивается объем охватываемой площади, что способствует уменьшению подачи кислорода к источнику огня и плюс к этому происходит резкое понижение температуры за счет погашения тепловой энергии.

Под термином «Температурно-активированная вода» (далее ТАВ) понимается парокapельная смесь, полученная в результате мгновенного перехода недогретой воды в область метастабильного состояния и последующего взрывного вскипания.

Струи ТАВ могут быть использованы для тушения практически всех видов горючих веществ, которые не вступают в химическую реакцию с водой с выделением большого количества тепла или горючих газов. Они эффективно тушат бензины различных марок, нефтепродукты, спирты, ацетон, другие углеводороды и водорастворимые жидкости, а также твердые горючие материалы: древесину, резину, поливинилхлорид, полистирол.

Наиболее эффективно струи ТАВ тушат пожары в замкнутых объемах, так как образуют большой объем «водяного тумана», который эффективно осаждает дым и пары ядовитых веществ, выделившихся при горении, а также вытесняет воздух и тем самым уменьшает процентное содержание кислорода в зоне горения.

В число преимуществ ТАВ входит и эффективное осаждение горения в больших объектах благодаря возможности создания искусственного «дождя», быстрое снижение температуры в горящих зданиях, вне зависимости от типа горящих веществ и материалов, уменьшение расходов воды для ликвидации очага возгорания как минимум в 10 раз.

Быстрое снижение давления и температур обуславливает образование частиц ТАВ размером до 10 микрон, которые выполняют функцию замещения кислорода и прекращения горения вследствие этого.

ТАВ получают из обычной водопроводной воды, и то, что она не требует предварительной подготовки – ещё одно преимущество. Низкая вязкость ТАВ позволяет подавать её на высоту до 0,2 км и расстояние до 1000 м. Возможно, её можно подавать и на большие дистанции, но пока данные исследования просто не проводились.

Ученые Академии Государственной противопожарной службы МЧС России разработали совместно со специалистами ООО «Аква-ПиРо-Альянс» изготовили пожарно-спасательный автомобиль с установкой пожаротушения температурно-активированной водой АПМ 3-2/40-1,38/100-100 (43118) мод. ПиРо3-МПЗ (рис. 1).



**Рис. 1.** АПМ 3-2/40-1,38/100-100 (43118)  
мод. ПиРо3-МПЗ

Назначение:

- обеспечить как поверхностное, так и объемное пожаротушение при подаче воды от передвижной пожарно-спасательной техники;
- обеспечить тушение широкого перечня горючих материалов только за счет использования ТАВ, т.е. без использования 4-5 видов огнетушащих веществ;
- уменьшить ущерб от излишне пролитой воды при пожаротушении жилых и административных зданий;
- обеспечить эффективное осаждение дыма и быстрое уменьшение температуры на месте пожара;

- способствовать решению проблемы тушения пожаров в высотных зданиях передвижной пожарной техникой, обеспечить подачу ТАВ от АПМ по гибкому трубопроводу или сухотрубку на высоту не менее 200м, а также одновременно обеспечить подключение электрооборудования горящего здания по временной схеме;
- способствовать решению проблемы тушения пожаров в тоннелях передвижной пожарной техникой без ее заезда внутрь тоннеля, обеспечить подачу ТАВ от АПМ по гибкому трубопроводу или сухотрубку на расстояние до 1000 м;
- обеспечить пожаротушение в завалах и пустотах со снижением риска для жизни людей находящихся в них;
- обеспечить работоспособность пожарной техники при низких температурах.

Применение данного автомобиля для тушения пожаров на различных объектах экономики является новинкой, показывающей эффективность применения нанотехнологических решений в области пожарного дела. Эволюция пожарного дела постепенно переходит от химических агентов и обычных средств к экологически чистым, энерго- и ресурсоэкономным способам, в перечень которых теперь смело записывают тушение огня при помощи ТАВ. Поэтому данная разработка в настоящее время успешно внедряется специалистами и учеными научных и производственных подразделений в МЧС России.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Методические рекомендации по действиям подразделений федеральной противопожарной службы при тушении пожаров и проведении аварийно-спасательных работ. (№43-2007-18 от 26.05.2010г.).
2. Повзик Я.С. Справочник руководителя тушения пожара. – М.: ЗАО «Спецтехника», 2000. - 367с.
3. Роечко В.В. Уникальные свойства температурно-активированной воды Текст. / В. В. Роечко // 2007. - №1. - С. 134-147.
4. Терехнев В.В., Подгрушный А.В. Пожарная тактика. Основы тушения пожара – Екатеринбург: «Издательство «Калан»», 2008.- 512с.
5. Храмов С.П. Инновационные технологии пожаротушения температурно-активированной водой [Текст] / С. П. Храмов, Е. Д.
6. <http://www.mpz.ru>
7. <http://academygps.ru/nauka/innovacionnyje-razrabotki/pozharnaja-i-avarijno-spasatel'naja-tehnika/avtomobil-pozharnyj-mnogocel'evoj-piro>.

*О. В. Блинов\*, В. А. Годлевский, Ю. Н. Моисеев*

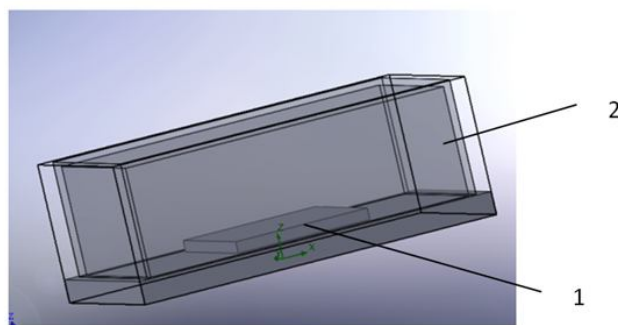
(\* ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный политехнический университет»,  
ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»)

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА САПР ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕПЛОВОЙ КАРТИНЫ ПОМЕЩЕНИЯ С ЛОКАЛЬНЫМ ИСТОЧНИКОМ ТЕПЛА

Наметился переход к гибкому объектно-ориентированному подходу к моделированию газодинамической обстановки в помещениях при пожаре. Это позволяет обеспечить пожарную безопасность объекта с учетом его индивидуальных особенностей, в отличие от «жесткого» нормирования. В ряде новых отечественных норм новый принцип начинает реализовываться [1, 2]. Это позволяет рассчитывать динамику пожара в помещениях разной конфигурации, рассчитывать риски и параметры планов эвакуации.

К настоящему времени широко развиты аналитические методы в пожарной газодинамике [3, 4], но все более распространенными становятся численные методы [5], которые успешно могут быть реализованы, например, в пакете имитационного моделирования Solid Works [6], а для газодинамических задач особо применима программная среда Solid Works Flow Simulation (Flowworks), входящая в состав этого комплекса.

Выполним демонстрацию некоторых возможностей программного модуля Flowworks в решении простейших тепловых задач. В качестве примера рассмотрим задачу определения нагрева воздушной среды в замкнутом пространстве, где затруднен воздухообмен. Виртуальная установка состоит из подложки, нагревательного элемента и пространства, ограниченного стенами, таким образом, что вокруг нагревательного элемента создается замкнутое пространство. Моделирование установки производится в программном модуле Solid Works. Построение виртуальной модели помещения представлено на рис. 1.



**Рис. 1.** Сборка виртуальной модели помещения:  
1 — нагревательный элемент, 2 — оболочка

Начальные условия модели: 1) Тип текучей среды – воздух; 2) Материал стенок – алюминий; 3) Температуру окружающей среды  $20^{\circ}\text{C}$ ; 4) Давление = 101325 Па; 5) Мощность нагревательного элемента 1000 Вт;

Для того, чтобы было удобно наблюдать результаты расчета в Goals, выберем – Surface Goals, где указывают верхнюю грань нагревателя и выберем: temperature of solid, average value (рис. 2), а также укажем ещё одну цель (Goals) расчета – точку в пространстве, расположенную над нагревательным элементом. Для этого в Goals выберем Point Goals, в окне Selection укажем созданную нами точку (посредством вспомогательной геометрии), а в окне параметр выберем temperature of Fluid. В окне Wall conditions установим параметр Default outer wall thermal condition как Heat Transfer Coefficient, при этом коэффициент теплоотдачи установим  $0.7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ , а температуру окружающей среды —  $20^{\circ}\text{C}$  (рис. 3).

В процессе расчета можно посмотреть текущие результаты. Для этого необходимо в меню диалогового окна Solver нажать на кнопку с изображением графика (Insert Goals Plot) и в появившемся окне выбрать цели Goals. После этого нажать кнопку Insert Preview, расположенную рядом и в диалоговом окне выбрать необходимый параметр. После завершения рас-

чета, для просмотра результата перейдем в окно Results и выполним вставку гистограммы, на которой будет изображено температурное поле, в определенной нами плоскости – Cut Plots. Установим секущую плоскость в нужное нам положение, путём перемещения ползунка в окне Cut Plot. В окне View Setting выберем нужный нам параметр – температуру и нажмём «ОК». При этом надо учесть, что шкала гистограммы изначально размещается в левом угле рабочего окна и закрывается окном дерева проекта Flowworks.

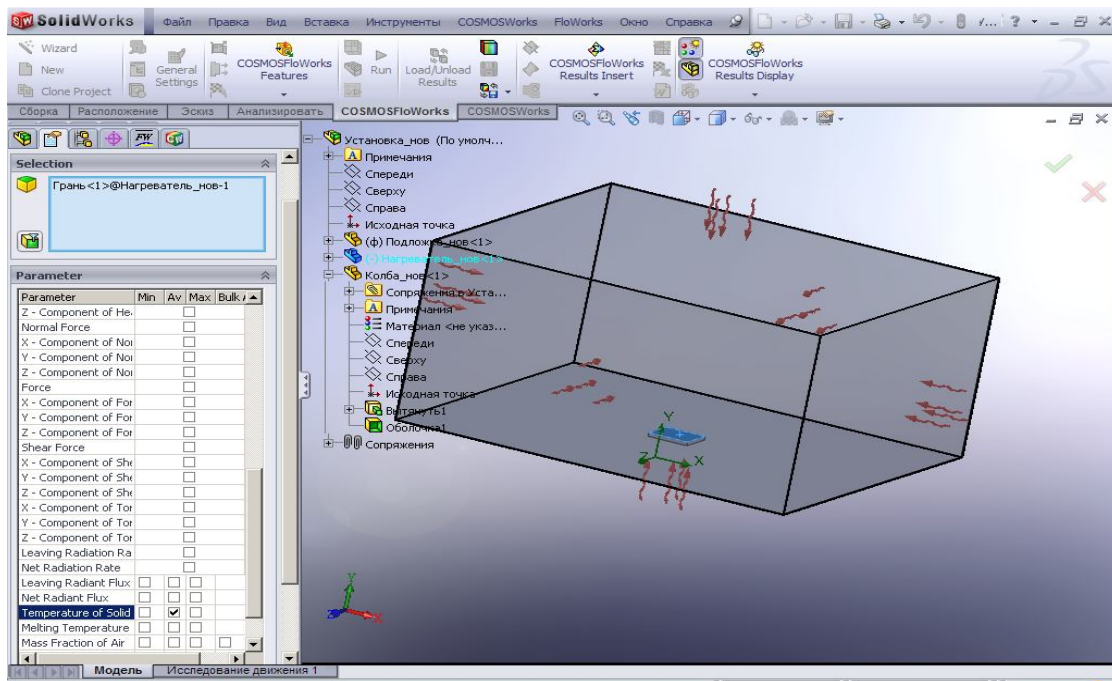


Рис. 2. Задание целей проекта

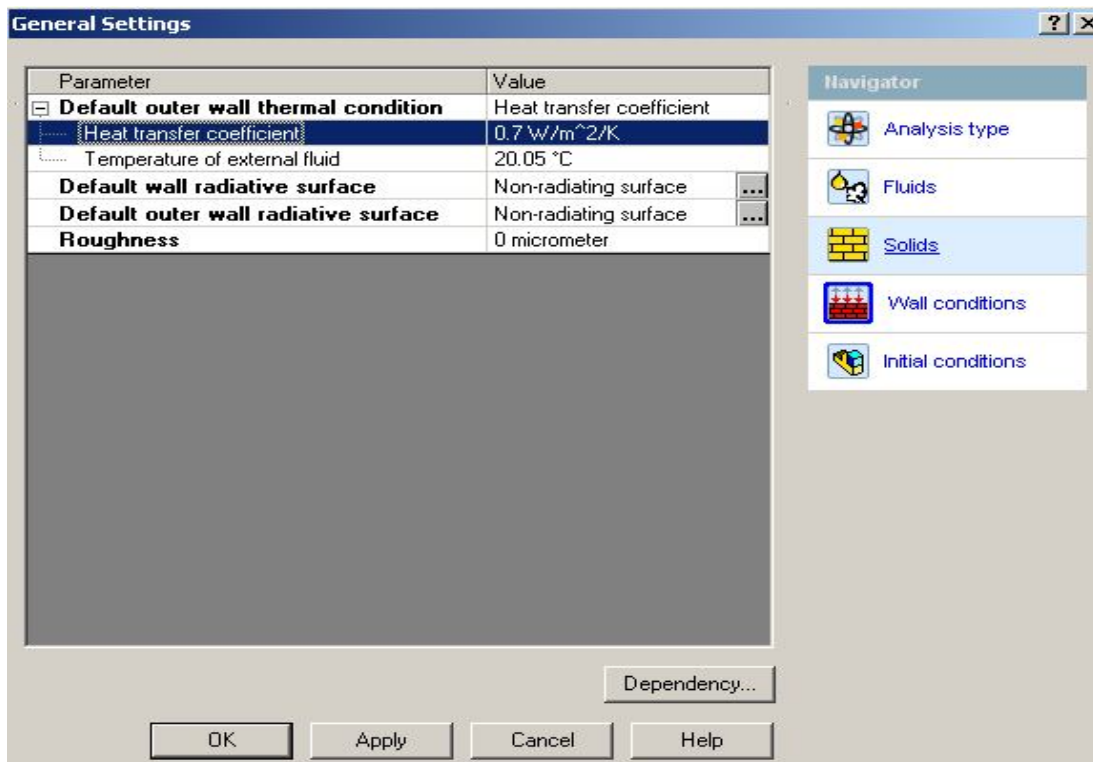


Рис. 3. Окно задания условий на стенках



Чтобы получить истинный температурный график, необходимо откорректировать диапазон температурной шкалы. Для этого надо вызвать окно View Settings и установить верхнюю и нижнюю границы параметра. Результат представлен на рис. 4.

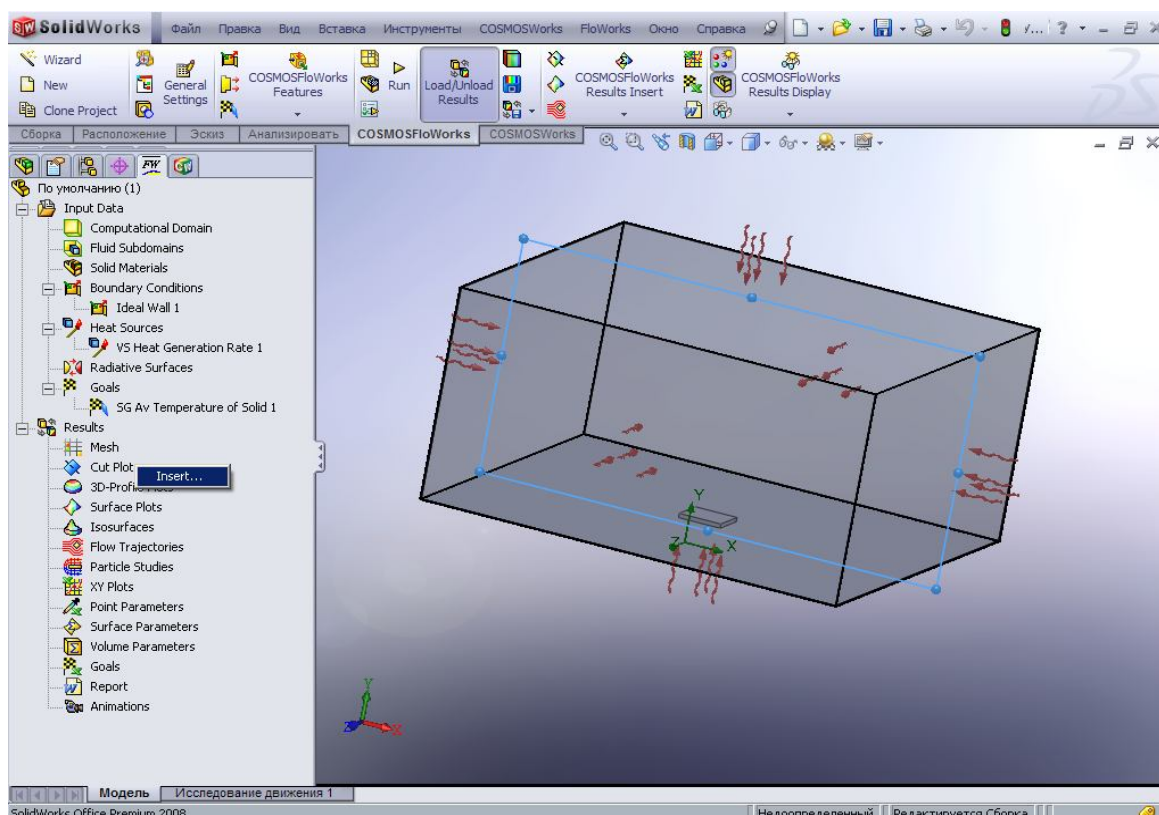


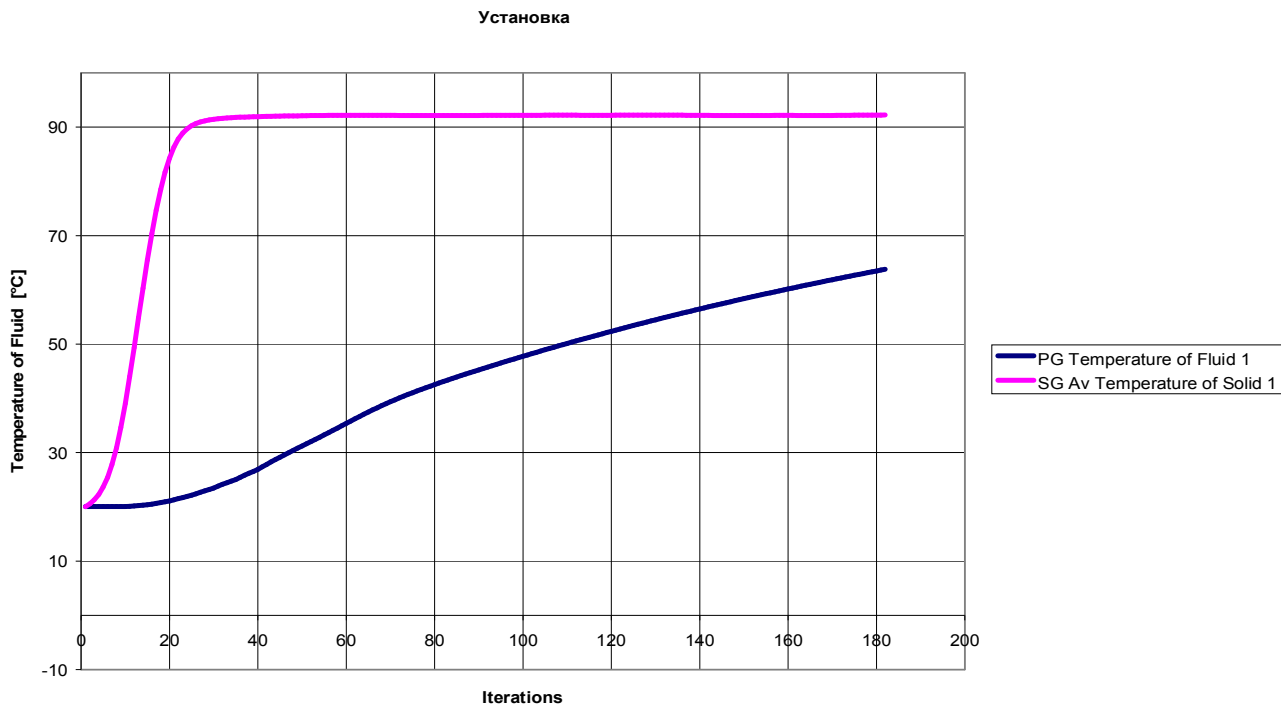
Рис. 4. Создание гистограммы распределения температуры

Для просмотра динамики изменения температуры в окне Results выполним вставку Goals. При этом результаты будут автоматически сгенерированы в Microsoft Excel как в табличном, так и в графическом исполнении (рис. 5). Таким образом, по результату расчета, температура поверхности нагревательного элемента составляет 100 0С. Теоретически тепловая мощность излучения нагревательного элемента составляет  $P = 1007$  Вт. Из гистограммы распределения температуры видно, что стенки оболочки и подложки не используются в расчете. Это связано с относительно маленькой их толщиной (10 мм) по сравнению с другими размерами, при этом в параметрах расчета минимальная толщина стенки (которая нами была указана ранее) составляет 50 мм. Для учета стенок в расчете установим их толщину равную 100 мм –и пересчитаем проект. Результаты расчета представлены на рис. 6. Как видно из результатов, температура нагревательного элемента понизилась (39 0С), но при этом увеличилась площадь излучения. Мощность осталась прежней.

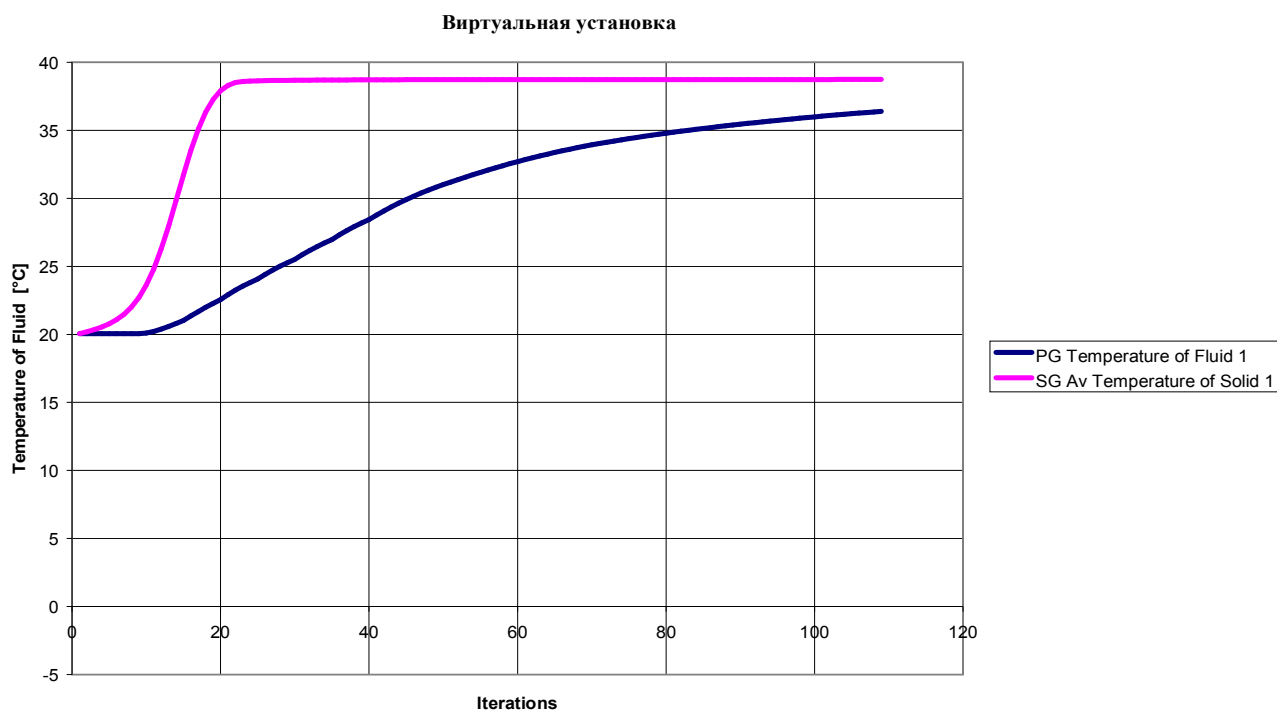
Заключение.

Таким образом, нами посредством программ SolidWorks и Floworks была разработана виртуальная модель замкнутого помещения с источником тепла, и проведен анализ тепловых процессов внутри замкнутого помещения при заданных внешних условиях. В результате исследований нами была найдена допустимая мощность нагревательного элемента, обеспечивающая необходимую температуру, при заданных внешних условиях.

Описанный нами пример показывает принципиальные возможности программы Floworks в моделировании тепловых процессов при развитии пожара в помещении. Дальнейшее освоение программных модулей системы Floworks дает широкие возможности для решения разнообразных инженерных задач пожарной безопасности.



**Рис. 5.** Графики изменения температуры воздуха (нижняя кривая) и нагревательного элемента внутри помещения



**Рис. 6.** Графики изменения температуры воздуха и нагревательного элемента внутри помещения

### ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 12.1.004-91\* Пожарная безопасность. Общие требования.
2. СНиП 21-01-97\* Пожарная безопасность зданий и сооружений.

3. Пузач С.В. Пузач В.Г. Математическое моделирование тепломассообмена при пожаре в помещении со сложной геометрией // [http://www.itmo.by/ru/conferences/mif\\_5/abstract/2-41.pdf](http://www.itmo.by/ru/conferences/mif_5/abstract/2-41.pdf).

4. Применение полевого метода математического моделирования пожаров в помещениях. Методические рекомендации. ФГОУ НИИПО // <http://www.pozharnyj-expert.ru/rekomendatsii/primene-nie-polevogo-metoda-matematicheskogo-modelirovanija-pozharov-v-pomeshenijah>.

5. Алямовский, А.А. SolidWorks. Компьютерное моделирование в инженерной практике/ А.А. Алямовский, А.А. Собачкин – БВХ-Петербург, 2005-800 с.

6. Прохоренко В.П. SolidWorks. Практическое руководство / В.П. Прохоренко. – М.: ООО «Бином-Пресс», 2004. – 448 с.

**О. В. Бородулина, Н. Н. Сафина, Д. А. Самсонов**

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

### **ВОПРОСЫ ВЫБОРА СРЕДСТВ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ И ФИТНЕСА, ПРИМЕНЯЕМЫХ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ФИЗИЧЕСКАЯ КУЛЬТУРА»**

За последние годы состояние здоровья студенческой молодежи вызывает тревогу. Все большее количество студентов специальной медицинской группы имеют несколько диагнозов, которые в совокупности часто исключают использование специальных упражнений одного из заболеваний, потому что они могут служить противопоказанными для сопутствующих.

К числу средств физического воспитания, доказавших свою эффективность на учебных занятиях с учащимися специальных медицинских групп (СМГ), специалисты относят упражнения из арсенала: ритмической гимнастики [3]; атлетической гимнастики [11]; дыхательной гимнастики [6]; водной гимнастики [4]; аэробные циклические упражнения: оздоровительные дозированные ходьба, бег плавание [6]; упражнения на кардиотренажёрах [7]; средства классической, танцевальной и степ-аэробики [8]; подвижные игры и элементы спортивных игр [5]; силовые упражнения [10]; различные комплексы гимнастических оздоровительных направлений, направленные на определённые органы и системы организма, с учётом индивидуальных особенностей студентов [2,12].

Результаты проведённого анкетирования учащихся СМГ показали, что популярностью у учащейся молодёжи пользуется широкий спектр видов двигательной активности и спорта из которых: оздоровительный фитнес (элементы степ, танцевальной фитбол, аква аэробики, стретчинга, калланетики, йоги, пилатеса, бодироллинга, комплекса лечебной физкультуры, бодифлекса, дыхательной гимнастики Стрельниковой – 92,3%), элементы волейбола – 80%, элементы настольного тенниса – 76,9%, элементы бадминтона – 70,7%, элементы лёгкой атлетики – 63,1%, пешие прогулки – 55,4%, элементы баскетбола – 38,5%, катание на коньках и лыжах – 35,4%, элементы большого тенниса – 33,8%, оздоровительное плавание – 26,2%, шахматы – 7,8%.

Далее, при последующей обработке результатов анкетирования было выявлено, что подавляющее большинство студенток СМГ выбрали не одну, а одновременно несколько программ, высказавшись тем самым за комплексное применение средств оздоровительной физической культуры и фитнеса.



Результаты опросов показали, что бóльшая часть опрошенных девушек с ослабленным здоровьем выбрала сочетания, имеющие в своём составе тот или иной вид аэробики, а именно комплексирование танцевальной и фитбол-аэробики (75,4%), танцевальной и степ-аэробики (63,1%), степ-аэробики и стретчинга (66,2%), фитбол-аэробики и пилатеса (55,4%), танцевальной аэробики и силовых упражнений на тренажёрах (43,1%), танцевальной аэробики и упражнений из арсенала йоги или бодироллинга (29,7%), танцевальной аэробики и дыхательной гимнастики (27,7%).

Порядка половины опрошенных выказали стремление к комплексным занятиям аэробными упражнениями на кардиотренажёрах и стретчингом (52,3%). 16,9% учащихся СМГ остановили свой выбор на сочетании средств лечебной физической культуры (ЛФК) и силовых упражнений в тренажёрном зале (16,9%).

С целью оценки валидности (пригодности применения на данном контингенте учащихся) указанных студентками СМГ видов двигательной активности и спорта, а также фитнес-программ и их сочетаний, нами было организовано и проведено экспертное обсуждение. Экспертами выступили 5 преподавателей вузов Москвы, Санкт-Петербурга, Иваново и Шуи, имеющих более чем 10-летний опыт работы с учащимися специального медицинского отделения. Четыре человека являлись кандидатами и один – доктором педагогических наук по специальности 13.00.04. Группе экспертов было предложено оценить принципиальную возможность применения указанных в табл. 1 средств физической культуры на контингенте студенток СМГ групп А (с заболеваниями опорно-двигательного аппарата), В (с заболеваниями кардиореспираторной системы) и С (с заболеваниями органов зрения, почек и иных внутренних органов) и дать свои рекомендации по их использованию. Результаты экспертизы приведены в табл. 1[1].

**Таблица 1. Рекомендации и ограничения в выборе и использовании средств физической культуры на занятиях со студентками специальных медицинских групп (по результатам опроса экспертов)**

<b>Нозологическая группа</b>	<b>Вид заболевания</b>	<b>Рекомендуется (средства и виды нагрузки)</b>	<b>Не рекомендуется (средства и виды нагрузки)</b>
Группа А (учащиеся с заболеваниями опорно-двигательного аппарата)	Нарушение осанки, сколиоз, Дегенеративно дистрофичное заболевание позвоночника, остеохондропатия	ЛФК, оздоровительное плавание, аква-аэробика, стретчинг, бодифлекс, пилатес, калланетика, фитбол-аэробика, танцевальная аэробика, дыхательная гимнастика Стрельниковой, упражнения на кардиотренажёрах, йога, бодироллинг, пешие прогулки, элементы лёгкой атлетики, катание на лыжах, элементы спортивных и подвижных игр.	Интенсивность нагрузки LowImpact – рабочая ЧСС 130-140 уд/мин (60-70% от максимума). Запрещено: осевая, ассиметричная, ударная, прыжковая и беговая нагрузка, силовые упражнения при равнодействующем направлении вдоль оси позвоночника, а также с отягощениями, подъём и перенос тяжестей, статические повороты, «ударные» нагрузки на сустав, резкие неконтролируемые движения, чрезмерное увеличение нормальной амплитуды движения в суставе. Ограничено: степ- аэробика, интервальная тренировка, скоростно-силовые виды лёгкой атлетики, некоторые упражнения из арсенала спортивных и подвижных игр.

Нозологическая группа	Вид заболевания	Рекомендуется (средства и виды нагрузки)	Не рекомендуется (средства и виды нагрузки)
Группа С (учащиеся с заболеваниями органов зрения, почек и иных внутренних органов)	Хронический гастрит, язвенная болезнь; пиелонефрит, цистит, нарушения менструальной функции и др.;	Оздоровительное плавание, ЛФК, стретчинг (без задержки дыхания), йога (без перевёрнутых поз), аква-аэробика, пешие прогулки, катание на лыжах, упражнения на кардио-тренажёрах, пилатес, калла-нетика (без отягощений), дыхательная гимнастика Стрельниковой, танцевальная аэробика, футбол, циклические упражнения на тренажёрах, элементы лёгкой атлетики, оздоровительная ходьба.	Интенсивность нагрузки LowImpact – рабочая ЧСС 130-140 уд/мин (60-70% от максимума). При заболеваниях органов пищеварения вводятся ограничения на использование упражнений изометрического типа (повороты, прогибы), противопоказаны упражнения на мышцы брюшного пресса, ведётся тщательный подбор упражнений применяемых в эстафетах исключая акробатические элементы (кувырки вперёд и назад, «мостик»), а так же перетягивание каната, и любые прыжки в быстром темпе. Запрещены степ-аэробика, интервальная тренировка. При заболеваниях мочеполовой системы ограничено физическое напряжение. Запрещены: оздоровительное плавание, аква аэробика, бодифлекс, прыжки, подскоки. При заболеваниях органов зрения следует с осторожностью использовать средства степ-аэробики и интервальной тренировки, силовые упражнения на тренажёрах, упражнения с натуживанием и задержкой дыхания, упражнения из арсенала скоростно-силовых видов лёгкой атлетики. Запрещены поднятие тяжестей, прыжковые и рывковые упражнения.

Результаты нашего исследования показали, что студентки остановили свой выбор не на одной, а одновременно нескольких программах, высказавшись тем самым за комплексное применение средств оздоровительной физической культуры и фитнеса. Учитывая наиболее распространенные заболевания учащихся СМГ, нами были определены средства и виды нагрузки, которые рекомендованы и, наоборот, не рекомендованы для включения в содержание физкультурно-оздоровительных занятий.

Таким образом, полученные данные легли в основу разработанной нами программы физкультурно-оздоровительных занятий для студентов специального медицинского отделения (СМО).

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Бородулина, О.В.* Педагогическое проектирование физкультурно-оздоровительных занятий со студентками специальных медицинских групп: автореф. дис. ... канд. пед. наук / О.В. Бородулина. – М., Ивановский государственный университет, Шуйский филиал. 2016. – 24 с.
2. *Бородулина, О.В.* Технология педагогического проектирования физкультурно-оздоровительных занятий со студентками специальных медицинских групп / О.Н. Степанова, Н.Н. Венгерова, С.В. Савин, О.В. Бородулина // Физическая культура, спорт – наука и практика. – 2014. – № 3. – С. 16–21.
3. *Вялкина, Т. Г.* Физическое воспитание студентов вузов на основе дифференцированного применения комплексов ритмической гимнастики в сочетании с оздоровительными технологиями: автореф. дис. ... канд. пед. наук / Т.Г. Вялкина. – М., Волгоградская государственная академия физической культуры. 2002. – 24 с.
4. *Дрогомерецкий, В.В.* Коррекция нарушений суставно-связочного аппарата студентов специальных медицинских групп средствами оздоровительного плавания: автореф. дис. ... канд. пед. наук / В.В. Дрогомерецкий. – Белгород: Белгородский государственный национальный исследовательский университет, 2012. – 25 с.
5. *Ковалёва, М.В.* Применение подвижных и элементов спортивных игр на занятиях со студентками с ограниченными возможностями сердечно-сосудистой системы: монография / М.В. Ковалёва, О.Г. Румба. – Белгород: ИПЦ «Полиатра», 2012. – 170 с.
6. *Кондаков, В.Л.* О физкультурно-оздоровительных технологиях в образовательной системе современного вуза / А.А. Горелов, В.Л. Кондаков, О.Г. Румба // Физическая культура, спорт и здоровье в современном обществе: сборник научных статей Всероссийской с международным участием науч.-практич. конф. – Воронеж: Научная книга, 2012. – С. 235 – 238 с.
7. *Орлова, Л.Т.* Эффективность использования оздоровительных средств на примере тренажеров со студентками подготовительной группы здоровья / Л.Т. Орлова // Учёные записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – СПб, 2012, вып. 10 (92). – С. 126-131.
8. *Пивнева, М.М.* Особенности двигательной активности студентов специальных медицинских групп с ограниченными возможностями сердечно-сосудистой системы / О.Г. Румба, М.М. Пивнева // Культура физическая и здоровье. – Воронеж, 2013. – №4(46). – С. 79-85.
9. *Степанова, О.Н.* «Технология педагогического проектирования физкультурно-оздоровительных занятий со студентками специальных медицинских групп» / Степанова О.Н., Венгерова Н.Н., Савин С.В., Бородулина О.В. //Физическая культура, спорт – наука и практика–г. Краснодар, 2014.№3. – С. 16–21.
10. *Титов, С.В.* Физическое воспитание студентов специальных медицинских групп на основе комплексного применения силовых упражнений: автореф. дис. ... канд. пед. наук / С. В. Титов. – Набережные Челны: Поволжская государственная академия физической культуры, спорта и туризма, 2013. – 23 с.
11. *Трифонова, Н.Н.* Коррекционно-оздоровительные занятия с использованием средств атлетической гимнастики для школьниц 15-17 лет специальной медицинской группы / Н. Н. Трифонова // Физическая культура: воспитание, образование, тренировка. – 2012. - № 4 – С. 67-71.

*Д. С. Буданов*

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

### **ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНЫЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ ПРИ ВЫДВИЖЕНИИ НА ЧС В НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ УСЛОВИЯХ НА ТРАНСПОРТНЫХ ОБЪЕКТАХ**

На пути выдвигание пожарно-спасательных подразделений к объектам работ, является одним из решающих факторов, обеспечивающих успех выполнения задачи и минимизацией расхода сил и средств. Но на пути выдвигания, могут встречаться значительной величины трещины почвы, завалы, разрушенные мосты, а также другие препятствия и чрезвычайные ситуации природного и техногенного характера [1]. Для того что бы минимизировать затрату времени на прибытие к ликвидации ЧС, нужен заранее спланированный и проверенный расчетами маршрут, для этого существуют различные методики которые применяются в организациях на разных маршрутах следования.

Предположим, что в результате природного или техногенного воздействия происходит разрушение моста. Для того что бы подразделения МЧС России могли добраться до места ЧС, существует один из методов определения оптимальных маршрутов транспортной сети, в которой рассматривается транспортная сеть, узлами которой являются: транспортные объекты (автодорожные узлы, мосты, тоннели, дефиле и т.д.); пожарно-спасательные подразделения МЧС России, которые находятся на территории, в границах расписания выезда (определены планом выезда), где предусмотрено первоочередное направление пожарно-спасательных подразделений по номеру выезда в район [2] возникновения ЧС (пожарно-спасательные подразделения МЧС России), в место возникновения чрезвычайной ситуации (ЧС) природного или техногенного характера. Каждый транспортный объект может находиться в одном из двух состояний, а именно: «объект функционирует» или «объект не функционирует», и характеризуется в первом случае ненулевой пропускной способностью, а во втором случае пропускной способностью равной нулю.

Предлагаемая методика, являясь модификацией модели отыскания кратчайших расстояний между любыми узлами сети, позволяет определить (на основе получения информации о транспортных объектах, а, следовательно, и определить их пропускную способность в момент реагирования пожарно-спасательных подразделений МЧС России) динамическое состояние множества или один наиболее оптимальный маршрут структурного подразделения МЧС России для объектов которые находятся на территории, в границах расписания выезда (планом привлечения сил средств) предусмотрено первоочередное направление пожарно-спасательных подразделений по номеру выезда в район возникновения ЧС.

Задача № 1 «Предположим, что пожарно-спасательное подразделение МЧС России, должно прибыть согласно расписания выезда в район возникновения ЧС». По существу, условий задачи на примере, рассмотрим фрагмент транспортной сети, приведенный на рисунке 1 (- пожарно-спасательное подразделение (под номерами 5,6,9); - предполагаемое место возникновения ЧС (под номерами 1,2,10); - объекты обеспечения транспортной сети (все остальные)).

На рис. 1 также цифры в кружочках обозначают номера узлов транспортной сети, а цифры, стоящие над участками транспортной сети, их протяженность.

Входная информация для моделируемой ситуации при решении задачи подготавливается в матрице ( $L$ ) (табл. 1). В матрице  $L$  элемент  $L_{pq}$  означает расстояние от  $p$ -го узла до  $q$ -го узла. Кроме того, в матрицу  $L$  временно не включены узлы с номерами 11 и 12 (мост).

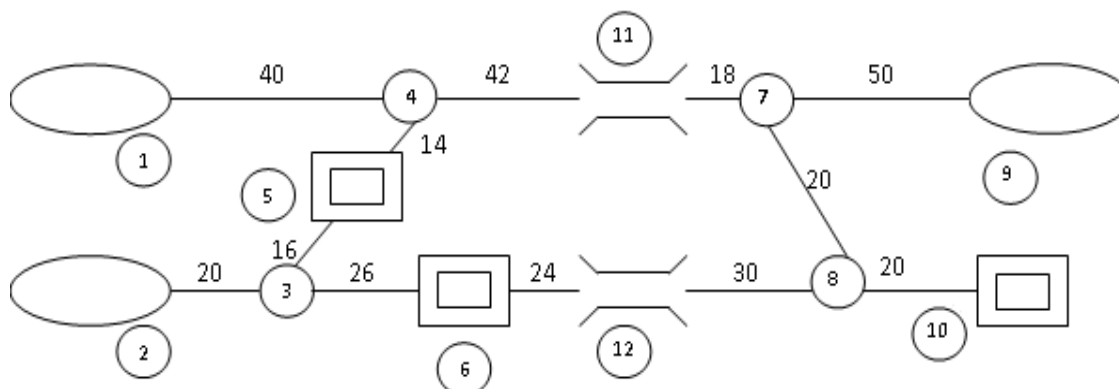


Рис. 1. Фрагмент транспортной сети

Таблица 1. Матрица расстояний для фрагмента транспортной сети ( $L_{pq}$ )

$p \backslash q$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0	B	B	40	B	B	B	B	B	B
2	B	0	20	B	B	B	B	B	B	B
3	B	20	0	B	16	26	B	B	B	B
...										

В результате решения задачи, одним из методов отыскания кратчайших расстояний между любыми узлами сети, получены две матрицы (табл. 2 и табл. 3).

Таблица 2. Матрица минимальных расстояний между узлами сети для фрагмента транспортной сети ( $L^*_{pq}$ )

$p \backslash q$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0	90	70	40	54	96	100	120	150	140
2	90	0	20	50	36	46	110	100	160	120
3	70	20	0	30	16	26	90	80	140	100
...										

Таблица 3. Матрица оптимальных маршрутов между узлами сети для фрагмента транспортной сети ( $M^*_{pq}$ )

$p \backslash q$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0	1,4,5,3, 2	1,4,5,3	1,4	1,4,5	1,4,5,3, 6	1,4,7	1,4,7,8	1,4,7,9	1,4,7,8,10
2	2,3,5,4, 1	0	2,3	2,3,5,4	2,3,5	2,3,6	2,3,5,4,7	2,3,6,8	2,3,4,7,9	2,3,6,8,10
3	3,5,4,1	3,2	0	3,5,4	3,5	3,6	3,5,4,7	3,6,8	3,5,4,7,9	3,6,8,10
...										

Анализируя результаты решения, видим, что пожарно-спасательному подразделению МЧС России в место возникновения ЧС (под номером 1) целесообразно осуществлять сначала по участку (7 и 8), а затем в направлении узла № 1, через узлы с номерами 11 и 4 (т.е.  $M^1_{1,10} = M^1_{1,10} = \{1, 4, 7, 8, 10\}$ ), а не по маршруту  $M^2_{1,10} = \{1, 4, 3, 6, 8, 7\}$ .

Рассмотрим теперь порядок формирования матрицы  $L = |L_{pq}|$  с учётом «воздействия» внешней среды на объекты транспортной сети (порядок и природа этого «воздействия» не оказывают непосредственного влияния на процесс получения решения задачи (поэтому они остаются за рамками данной методики).

Предположим, что в результате воздействия узел № 11 (мост) разрушен.

В этом случае в матрице  $L$  (узлы 11 и 12) задается  $L_{4,11} = L_{1,4} = L_{7,11} = L_{1,7} = \infty$ . В результате решения этой (второй) задачи получим оптимальный маршрут, который к тому же для заданных исходных данных (см. рисунок 1) является единственным,  $M_{1,10}^* = M_{1,10}^2$ . Данная задача иллюстрирует возможность учёта «воздействия» на объекты транспортной сети в процессе поиска оптимальных маршрутов, связывающих пожарно-спасательные подразделения МЧС России и предполагаемое место возникновения ЧС.

Перейдем к описанию алгоритма решения задачи.

Наиболее эффективным алгоритмом решения задачи является алгоритм Флойда.

Результатом реализации этого алгоритма являются две матрицы (таблица 2 и таблица 3). Однако, в матрице из таблицы 3 в процессе работы алгоритма Флойда формируются оптимальные маршруты между всеми узлами транспортной сети. Нас же интересуют только оптимальные маршруты между пожарно-спасательным подразделениям МЧС России и предполагаемым местом возникновения ЧС. Поэтому с целью минимизации продолжительности выполнения вышеуказанного алгоритма проведем его модернизацию, направленную на формирование только этих оптимальных маршрутов.

Предлагаемый алгоритм описывается следующим образом:

Шаг 1. Просматриваем все элементы матрицы  $L$  вида  $L_{ij}, L_{ik}, L_{kj}$  в цикле  $k = \overline{1, l}, i = \overline{1, l}, j = \overline{1, l}$ , где  $l$  – размерность матрицы  $L$ . При просмотре в случае выполнения условия  $L_{ij} > L_{ik} + L_{kj}$  полагаем  $L_{ij} = L_{ik} + L_{kj}$  и записываем в  $M_{ij}$  числа  $i, k, j$  ( $M_{ij} = \{i, k, j\}$ ).

В случае  $L_{ij} \leq L_{ik} + L_{kj}$  записываем в  $M_{ij}$  числа  $i$  и  $j$  ( $M_{ij} = \{i, j\}$ ).

Шаг 2. Выбираем очередной (первый) узел-потребитель с номером  $i$ . Выбираем очередной (первый) узел-поставщик с номером  $j$ .

Шаг 3. Если  $M_{ij} = \{i, j\}$ , то переход на шаг 5. В противном случае – на шаг 4.

Шаг 4. На данном шаге из перечня чисел элемента  $M_{ij}$  выбираются последовательно, начиная с последнего, пары соседних чисел. Если для такой пары (пусть это будут  $s$  и  $t$ ) имеем  $M_{st} = \{s, t\}$ , то переходим к выбору пары, последним числом в которой является  $s$ . Если  $M_{st} = \{s, n, t\}$ , то  $n$  включается в список чисел элемента  $M_{ij}$ , а в качестве очередной пары чисел выбирается, согласно вышеуказанному  $n$  и  $t$ . Операции данного шага прекращаются тогда, когда для любой пары чисел  $p, q$  из перечня чисел элемента  $M_{ij}$  имеет место  $M_{pq} = \{p, q\}$ .

Шаг 5. Если все узлы-потребители и узлы-поставщики просмотрены, то переход на шаг 6, в противном случае – на шаг 2.

Шаг 6. Конец.

Таким образом, результатом реализации предлагаемой методики является получение множества оптимальных маршрутов между структурными подразделениями МЧС России и предполагаемым местом возникновения ЧС природного или техногенного характера, или некоторыми из них (для случая «воздействия» по объектам транспортной сети).

Отметим также, что полученные множества  $M_{ij}^*$  и  $L_{ij}^*$  ( $i \in I, j \in J$ ) позволяют, оптимизировать эффективность реагирования пожарно-спасательных подразделений за счет транспортной задачи, а также, при дополнительном расчёте пропускных способностей для  $M_{ij}^*$ , как минимумов пропускных способностей узлов, их составляющих, реализовать возможности линейного программирования. Напомним, что классическая транспортная задача линейного программирования не учитывает состояние транспортной сети.

В заключение отметим, что полученные результаты используются при реализации технологии динамического (непрерывного) моделирования восстановительных работ на объектах.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Способы и средства ликвидации чрезвычайных ситуаций. / Под общ. ред. С.К. Шойгу / Г.П. Саков, М.П. Цивилев, И.С. Поляков и др. - М, : ЗАО «ПАПИРУС», 1998. – 298с.

2. Приказ МЧС России от 05.05.2008 № 240 (ред. от 29.07.2014) «Об утверждении Порядка привлечения сил и средств подразделений пожарной охраны, гарнизонов пожарной охраны для тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ».

*С. А. Гарелина, К. П. Латышенко, Д. С. Ефименко, И. А. Кузьмичёва, Д. С. Смирнова*  
(ФГБВОУ ВО «Академия гражданской защиты МЧС России»)

## АНИМАЦИЯ ПРИ КИНЕМАТИЧЕСКОМ АНАЛИЗЕ ПЛОСКИХ МЕХАНИЗМОВ

Развитие современных информационных технологий предоставляет широкие возможности по разработке и внедрению новых форм и методов преподавания в процесс обучения. Работа в данном направлении началась в рамках научно-исследовательской работы со студентами и курсантами в АГЗ МЧС: осуществляется разработка и внедрение в учебный процесс мультимедийных и обучающих программ [1, 2].

Опыт преподавания дисциплины «Теоретическая механика» в АГЗ МЧС показал, что наибольшие трудности при изучении раздела кинематика у обучающихся возникают при решении задач, связанных с кинематическим анализом плоских многозвенных механизмов. На рис. 1 приведена схема одного такого механизма.

Кинематический анализ многозвенных механизмов невозможен без понимания траектории движения его звеньев. В этой связи визуализация становится важным средством, позволяющим оптимизировать процесс познания.

Авторы поставили перед собой задачу: выбрать из широко известных и находящихся в свободном доступе в сети интернет систему автоматизированного проектирования (САПР) и выполнить анимацию механизмов, кинематический анализ которых выполняется обучающимся в рамках изучения дисциплины «Теоретическая механика» в АГЗ МЧС.

В основе критериев выбора – удобство интерфейса и наличие в сети интернет обучающих уроков.

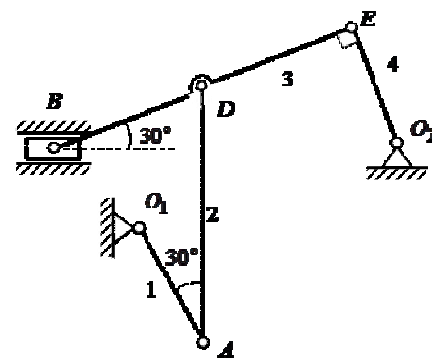


Рис. 1. Схема многозвенного механизма

Выбор был остановлен на САПР CATIA (Computer Aided Three-dimensional Interactive Application) – комплексной САПР технологической подготовки производств и инженерного анализа, включающей в себя передовой инструментарий трёхмерного моделирования, подсистемы программной имитации сложных технологических процессов, развитые средства анализа и единую базу данных текстовой и графической информации [3, 4].

При создании анимационных роликов используются кинематические схемы механизмов (рис. 2).

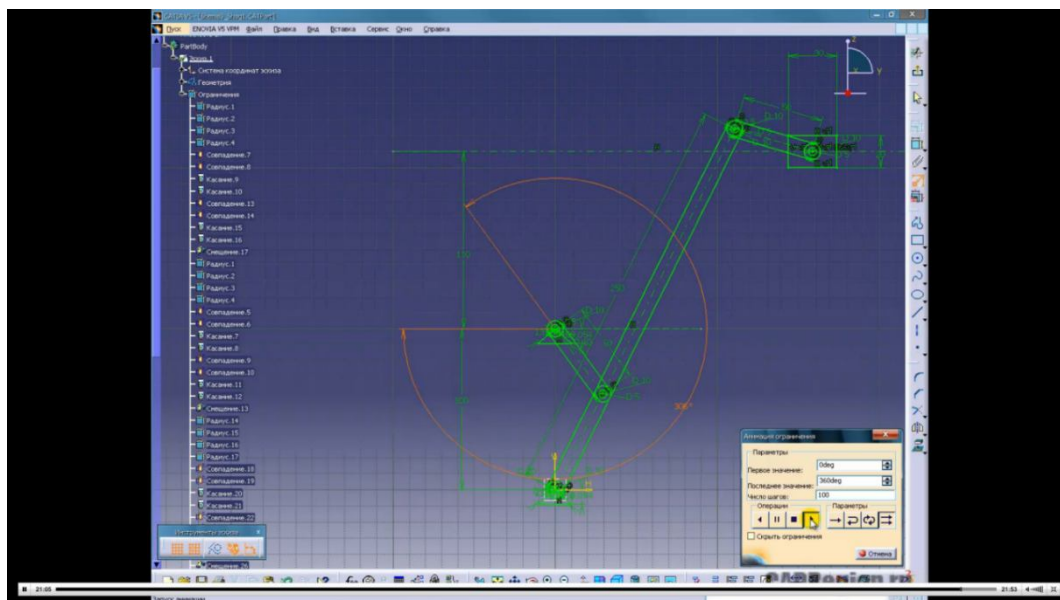


Рис. 2. Построение кинематической схемы механизма в САПР CATIA

В настоящее время создано 20 видеороликов (формат avi) движения плоских многозвенных механизмов. Выполненная работа является составной частью лабораторного практикума с компьютерной поддержкой по дисциплине «Теоретическая механика», над созданием которого в настоящее время ведётся работа.

Разработаны методические рекомендации для преподавателей и обучающихся по работе в САПР CATIA для создания видеороликов движения плоских многозвенных механизмов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. С.А. Гарелина, А.А.Горячев, А.В. Камалин, К.П. Латышенко, Г.В. Панин. Компьютерное учебное пособие «Метрология, стандартизация и сертификация» // Сб. материалов X Межд. н.-практ. конф. «Пожарная и аварийная безопасность». – Иваново: ИПСА ГПС МЧС России, 2015. – С. 283 – 285.

2. Гарелина С.А., Шахбазян А.А. Опыт разработки мультимедийного электронного пособия по курсу «Теоретическая механика» // Сб. материалов XXIV Межд. н.-практ. конф. «Предупреждение. Спасение. Помощь». – Химки: АГЗ МЧС России, 2014. – С. 82 – 83.

3. <http://bourabai.ru/cm/catia.htm/>

4. [www.catia.ru/](http://www.catia.ru/)



*С. А. Гарелина, К. П. Латышенко, С. А. Попов*  
(ФГБОУ ВО «Академия гражданской защиты МЧС России»)

### ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

В рамках модернизации лабораторного практикума по дисциплине «Метрология, стандартизация и сертификация» на кафедре Механики и инженерной графики АГЗ МЧС России были разработаны методические указания по обработке результатов измерений при выполнении лабораторных работ.

Измеритель ОВЕН 2ТРМО имеет диапазон входных величин (ток) 0 – 5, 4 – 20, 0 – 20 мА, диапазон выходных величин 0 – 100 %.

Номинальная статическая характеристика 2ТРМО имеет вид:

$$Y = \frac{I - I_{\min}}{I_{\max} - I_{\min}} 100, \quad (1)$$

где  $Y$  – показания, %;  $I_{\min}$ ,  $I_{\max}$  – минимальный (0 или 4 мА) и максимальный ток (5 или 20 мА);  $I$  – величина входного тока, мА.

При снятии статической характеристики измерителя с диапазоном измерений входных величин 0 – 5 мА на первом канале были получены следующие экспериментальные данные (табл. 1).

Таблица 1. Результаты измерений

Входная величина $X$ , мА	0	1	2	3	4	5
Показания $Y$ , %	0	19,8	40,1	60,0	79,8	99,8
Показания $Y$ , %	0	20,0	40,3	59,9	79,9	99,9
Показания $Y$ , %	0	20,1	40,1	59,9	80,0	99,8
Показания $Y$ , %	0	19,9	39,9	60,1	79,8	100,0

В результате 40 измерений в фиксированной точке  $I = 1,0$  мА при приближении к ней снизу и сверху величина  $Y$  принимает следующие значения (табл. 2).

Таблица 2. Результаты измерений

$n$	1	2	3	4	5	6	7	8
$Y$ , %	20,0	20,3	20,1	20,2	20,0	20,1	20,2	20,0
9	10	11	12	13	14	15	16	17
20,0	20,1	20,1	20,2	20,0	19,9	20,0	20,1	20,0
18	19	20	21	22	23	24	25	26
20,0	20,0	19,9	20,2	20,1	20,0	19,9	20,0	20,1
27	28	29	30	31	32	33	34	35
19,9	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,1	20,1	20,0
36	37	38	39	40				
19,9	20,0	19,9	20,1	20,2				

В результате аппроксимации исходных данных получены следующие коэффициенты линейной

$$a = 19,96250, b = 0,06750$$

и квадратичной аппроксимации

$$a = -0,01964, b = 20,08036, c = -0,07000.$$

Максимальная погрешность линейной аппроксимации составляет 0,399 %, а квадратичной –0,22 %.

В результате аппроксимации исходных данных получены следующие коэффициенты линейной  $a = 19,96250$ ,  $b = 0,06750$  и квадратичной аппроксимации  $a = -0,01964$ ,  $b = 20,08036$ ,  $c = -0,07000$ .

Максимальная погрешность линейной аппроксимации составляет 0,399 %, а квадратичной –0,22 %.

Тогда после округления линейная статическая характеристика прибора имеет вид

$$Y = 20,0X + 0,1, \quad (2)$$

а квадратичная

$$Y = -0,02X^2 + 20,1X - 0,1. \quad (3)$$

Для 40 измерений и доверительной вероятности 0,95 коэффициент Стьюдента  $t_{Ст}$  равен 2,020. Тогда результат измерения имеет вид

$$X = 20,0 \pm 0,2 \%, 0,95. \quad (4)$$

Чувствительность прибора

$$S = \frac{\Delta Y}{\Delta X} = \frac{100 - 0}{5 - 0} = 20 \%/mA. \quad (5)$$

Статическая характеристика прибора  $Y = f(X)$ , зависимости  $\bar{Y} = f(n)$  и  $\sigma = f(n)$ , а также распределение относительной погрешности по диапазону измерений  $\delta = f(Y)$  показаны на рис. 1 – 4.

На основании проведённых измерений измеритель ОВЕН 2ТРМ0 имеет следующие метрологические характеристики:

- диапазон изменения входных величин – ток, 0 – 5 мА;
- диапазон изменения выходных величин – проценты, 0 – 100 %;
- статическая характеристика – линейная, так как закон, лежащий в основе работы измерителя (см. формулу 1), линеен и имеет вид

$$Y = 20,0X + 0,1; \quad (6)$$

- чувствительность прибора  $S$  равна 20 %/мА;
- максимальная абсолютная погрешность измерения

$$\Delta_{max} = 0,2 \%; \quad (7)$$

- максимальная относительная погрешность измерения

$$\Delta_{max} = \frac{\Delta_{max}}{Y} \cdot 100 = \frac{0,2}{20} \cdot 100 \% = 1 \%; \quad (8)$$

– максимальная приведённая погрешность

$$\Delta_{\text{пр max}} = \frac{\Delta_{\text{max}}}{X_{\text{min}} - X_{\text{min}}} = \frac{0,2}{100-0} = 0,2; \quad (9)$$

– класс точности измерителя ОВЕН 2ТРМ0 равен 0,5.

Так как  $0,5 > 0,2$ , то измеритель 2ТРМ0 пригоден к эксплуатации.

Гистограмма и полигон распределения показаны на рис. 5, а статистический ряд распределения – на рис. 6.

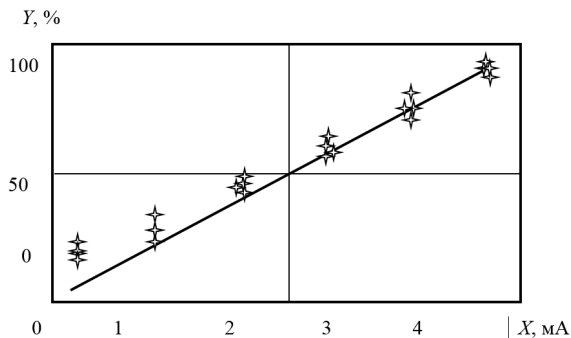


Рис. 1. Статическая характеристика измерителя 2ТРМ0  $Y = f(X)$

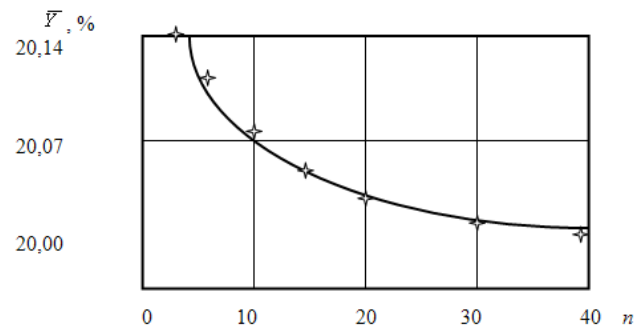


Рис. 2. Зависимость  $\bar{Y} = f(n)$

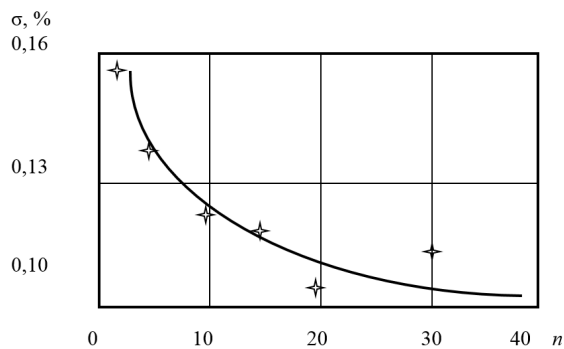


Рис. 3. Зависимость  $\sigma = f(n)$

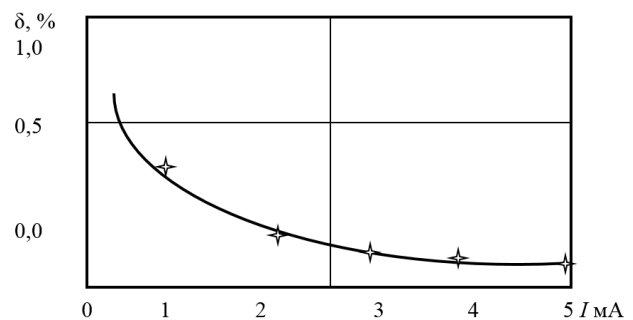


Рис. 4. Распределение погрешности  $\delta$  по диапазону измерений  $\delta = f(Y)$

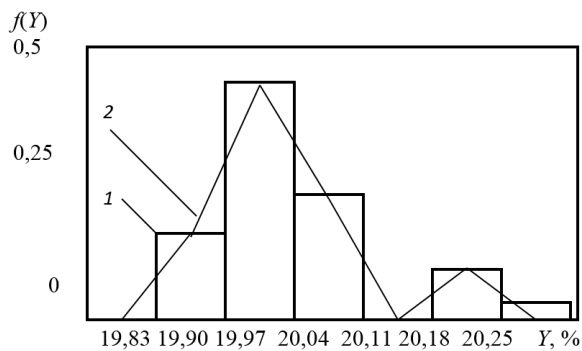


Рис. 5. Гистограмма (1) и полигон (2) распределения величины  $Y$

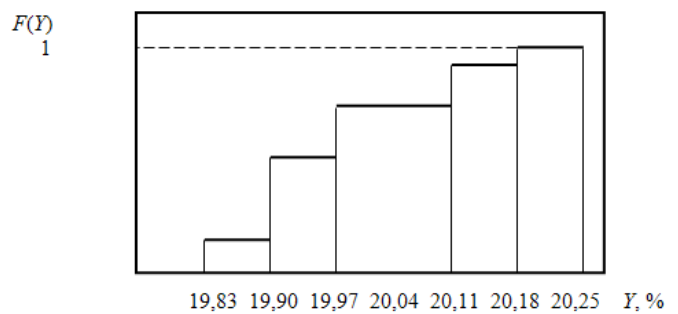


Рис. 6. Статистический ряд распределения  $F(X)$

Проверка нормальности закона распределения показаний по критерию  $\chi^2$  Пирсона для  $k = l - 3$  ( $l = 6$ ) при  $k = 3$  и  $P = 0,90$  дала  $\chi^2_{\text{крит}} = 6,25$ . Вычисленный нами критерий  $\chi^2 = 9,5283 > \chi^2_{\text{крит}} = 6,25$ , следовательно, гипотеза о нормальном законе распределения результатов измерения соответствует действительности. В то же время при  $P = 0,999$   $\chi^2 = 9,5283 < \chi^2_{\text{крит}} = 16,27$ , тогда гипотеза о нормальном законе распределения результатов измерения уже не соответствует действительности.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Техническое описание. 2ТРМО. Измеритель микропроцессорный двухканальный. – М.: ОВЕН, 2016. – 70 с.
2. Гарелина, С.А. Метрология, стандартизация, сертификация. Электронное учебное пособие / Гарелина С.А., Горячев А.А., Латышенко К.П. – Химки: АГЗ МЧС России, 2016.

*С. А. Гарелина, В. М. Исаев, К. П. Латышенко, И. А. Шустиков*  
(ФГБОУ ВО «Академия гражданской защиты МЧС России»)

### ПОСТАНОВКА ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО ИЗУЧЕНИЮ ПЕРВИЧНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ТЕМПЕРАТУРЫ (ТЕРМОРЕЗИСТОРОВ И ТЕРМОПАР)

В рамках модернизации лабораторного практикума по дисциплине «Метрология, стандартизация и сертификация» на кафедре Механики и инженерной графики АГЗ МЧС России были поставлены две лабораторные работы по изучению принципа действия и поверке первичных измерительных преобразователей температуры (терморезисторов ТСМ100 и термопар ТХА (ТПК)).

Принцип действия терморезистора основан на свойстве проводника изменять своё электрическое сопротивление при изменении температуры окружающей среды [1].

Медные терморезисторы (ТСМ) служат для измерения температур от  $-200$  до  $200$  °С. Номинальные сопротивления этих терморезисторов при  $t_0 = 0$  °С могут быть равны 10, 50 и 100 Ом [2]. Терморезисторы ТСМ отличаются высокой чувствительностью. Недостаток ТСМ – невысокое удельное электрическое сопротивление и окисляемость при высоких температурах.

Уравнение номинальной статической характеристики терморезистора ТСМ 100М ( $W_0 = 1,426$ ) для диапазона температур от  $-50$  до  $200$  °С имеет вид (ГОСТ 6651–94), табл. 1:

$$R = R_0(1 + \alpha t), \quad (1)$$

где  $\alpha = 4,26 \cdot 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ .

*Таблица 1. Градуировочная характеристика терморезистора ТСМ 100М*

Температура $t$ , °С	0	20	40	60	80	100
Сопротивление $R$ , Ом	100	107,92	115,78	123,61	131,38	139,11

Термопара – два проводника из разнородных материалов, соединённых на одном конце и образующих часть устройства, использующего термоэлектрический эффект для измерения температуры [1].

В отечественной литературе термопара К – ТХА (термопара хромель-алюмель, хромель – сплав 89 % Ni, 9,8 % Cr, 1 % Fe, 0,2 % Mn, алюмель – сплав 94 % Ni, 0,5 % Fe, 2 % Al, 2,5 % Mn и 1 % Si). Термопара ТХА имеет диапазон измерений 300 – 800 °С, а её погрешность равна  $\pm(0,7 + 0,005t)$  [3].

Уравнение номинальной статической характеристики термопары ТХА (ТПК) в диапазоне температур от 0 до 500 °С (от 0 до 20,644 мВ) имеет вид (см. табл. 2)

$$E = \sum_{i=0}^9 A_i t^i, \quad (2)$$

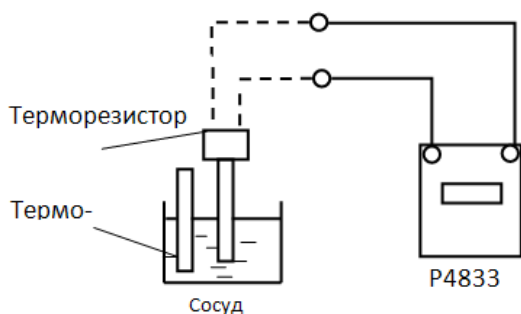
где  $A_0 = 0, A_1 = 2,508355 \cdot 10^{-2}, A_2 = 7,860106 \cdot 10^{-5}, A_3 = -2,503131 \cdot 10^{-7}, A_4 = 8,315270 \cdot 10^{-10}, A_5 = -1,228034 \cdot 10^{-12}, A_6 = 9,804036 \cdot 10^{-15}, A_7 = -4,413030 \cdot 10^{-18}, A_8 = 1,057734 \cdot 10^{-21}, A_9 = -1,052755 \cdot 10^{-24}$ ,

Таблица 2. Градуировочная характеристика термопары ТХА (ТПК)

Температура $t$ , °С	0	20	40	60	80	100
ТермоЭДС $E$ , мВ	0,000	0,798	1,612	2,436	3,267	4,096

Целью лабораторных работ является изучение принципа действия манометров «Сапфир-22МТ» и ЭКМ-1У, а также определение их метрологических характеристик.

Приборы и оборудование для выполнения работы: 1. Терморезистор ТСМ 100М. 2. Термопара ТХА (ТПК). 3. Мост Р4833. 4. 3 сосуда ёмкостью 0,5 л. 5. Стекланный ртутный термометр 0 – 100 °С.



На рис. 1 а показана схема лабораторного стенда для изучения терморезисторов и термопар, а на рис. 1 б – его внешний вид.

Рис. 1. Схема (а) и внешний вид (б) экспериментальной установки для изучения терморезисторов и термопар

В первом задании студенты снимают статическую характеристику изучаемого терморезистора (термопары).

Реальная статическая характеристика терморезистора ТСМ 100М имеет вид

$$R = 100(1 + 0,49t). \quad (3)$$

Реальная статическая характеристика термопары ТХА (ТПК) имеет вид

$$E = 0,02 + 26 t + 0,074t^2. \quad (4)$$

Во втором задании студенты определяют метрологические характеристики изучаемого терморезистора (термопары).

*Е. С. Гордеев, С. Г. Казанцев*  
(ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»)

## **ПОДГОТОВКА ПОЖАРНЫХ В УСЛОВИЯХ ОГРАНИЧЕННОЙ ВИДИМОСТИ И НОЧИ**

Деятельность пожарных в условиях ночи протекает со значительным снижением уровня физических и специальных качеств, профессионально-прикладных навыков.

Подготовка пожарных к действиям в условиях ночи может осуществляться как путем естественной адаптации – многократное выполнение профессиональных приемов и действий в условиях ночи, так и путем предварительной адаптации к выполнению задач специально организованной подготовкой (работы в условиях задымления, ограниченной или нулевой видимости, а также ограниченного пространства).

Под условиями ночи принято понимать темное время суток. Ночные условия зависят от географической широты данного района, времени года, фаз Луны и погоды.

Ограничение функции одного из главных анализаторов человека – зрительного, обусловленного темнотой, значительно снижает эффективность использования пожарной техники и пожарно-технического оборудования, затрудняет передвижение пожарных по незнакомой местности, происходит ухудшение выполнения различных двигательных действий. Обычно в ночное время наблюдается преобладание процессов торможения, что проявляется в форме подавления психоэмоционального состояния человека и снижения уровня общей физической работоспособности.

В течение ночи естественная освещенность местности в зависимости от фаз Луны и метеоусловий может составлять 0,0005 люкса (безлунное звездное небо) – 0,2 (полнолуние в ясном небе). Такой минимальный уровень освещенности резко сокращает возможности органов зрения человека. В умеренно светлые ночи дальность наблюдения уменьшается примерно в 1,5–2 раза по сравнению со светлыми. Дальность видимости в темноте уменьшается от 10 до 100 раз, в 10–30 раз ухудшается ощущение цвета. Темные ночи составляют большую долю всех ночей средней и южной полосы. Если человек попадает из освещенного места в темноту, то примерно в течение 30 мин он видит слабо.

Движение и ориентирование в условиях ночи крайне затруднены – местность кажется более ровной, плохо замечаются ямы, бугры, канавы. Неправильная оценка реальной обстановки может привести к падению и травмам пожарных. Не стоит забывать, что пожарные используют габаритное и тяжелое пожарно-техническое оборудование имеющее острые выступающие части.

Однако в ночное время значительно улучшается слышимость. Например, шум от работающего двигателя пожарного автомобиля (80 дБ) днем слышен на расстоянии около 1000 м, а ночью – около 2000 м. Дальность можно ориентировочно определить по характерным звукам, зная расстояния, на которых они слышны.

В тихую летнюю ночь обычный человеческий голос (60 дБ) на открытом пространстве слышно на расстоянии до полукилометра. В морозную зимнюю ночь возможна идеальная слышимость. В таких условиях очень легко ошибиться в определении расстояний «на слух». Это актуально при оценке необходимого запаса пожарных рукавов при прокладке магистральных и рабочих рукавных линий по пересеченной местности.

В ночное время значительно повышается утомляемость личного состава, поэтому необходимо обеспечить организованный отдых личного состава. Для поддержания работоспособности людей в ночное время можно использовать горячий чай или кофе.

Необходимо понимать, что в условиях ночи воздействие на пожарного оказывает целый комплекс перечисленных факторов. Поэтому значительно снижается эффективность работы ствольщиков; увеличивается фактический расход огнетушащих веществ; время на развертывание сил и средств, на совершение маневра пожарной техники. Особое влияние оказывают ночные условия на морально-психологическое состояние пожарных подразделений, вызывая повышенное чувство тревоги и страха.

В целях повышения качества подготовки обучающихся в учебном центре академии предусмотрены практические занятия в условиях ночи по дисциплинам «Профессионально-прикладная подготовка», «Пожарно-тактическая подготовка», «Пожарно-техническая подготовка», «Гражданская защита и управление в ЧС». Изучаемые темы включают в себя такие упражнения, как:

- действия пожарного при спасении людей с верхних этажей зданий;
- действия отделения при проведении разведки в зданиях;
- действия участников тушения пожара на месте вызова;
- работа с осветительным оборудованием ПА;
- проведение спасательных работ на транспорте и в завалах;
- забор и подача воды от водоисточника;
- развертывание сил и средств.

Успех действий пожарного во многом зависит от умения владеть собой, своими чувствами и переживаниями, выдержки и стойкости, уровня развития физических качеств и профессионально-прикладных навыков. Для этого в учебном центре академии предусмотрены практические занятия в условиях ограниченной видимости (задымление) по дисциплине «Газодымозащитная подготовка». По дисциплине «Профессионально-прикладная подготовка» успешно организованы занятия по проведению спасательных работ внутри зданий в условиях нулевой видимости.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Семенов Е.Н. Специальная физическая подготовка курсантов образовательных учреждений МВД к действиям в условиях ограниченной видимости и ночи: Дис.канд.пед.наук. /Е.Н. Семенов. СПб.: ВИФК, 2001. - 214с.
2. Самонов А.П. Психология для пожарных / Самонов А.П. // Психологические основы подготовки пожарных и деятельности в экстремальных условиях. Пермь, 1999. - 599 с.
3. Горелов А.А., Крылов А.И., Сокорев В.В. Профессионально-прикладная физическая подготовка военнослужащих к действию в условиях ограниченной видимости и ночью. Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта 2007 №07.

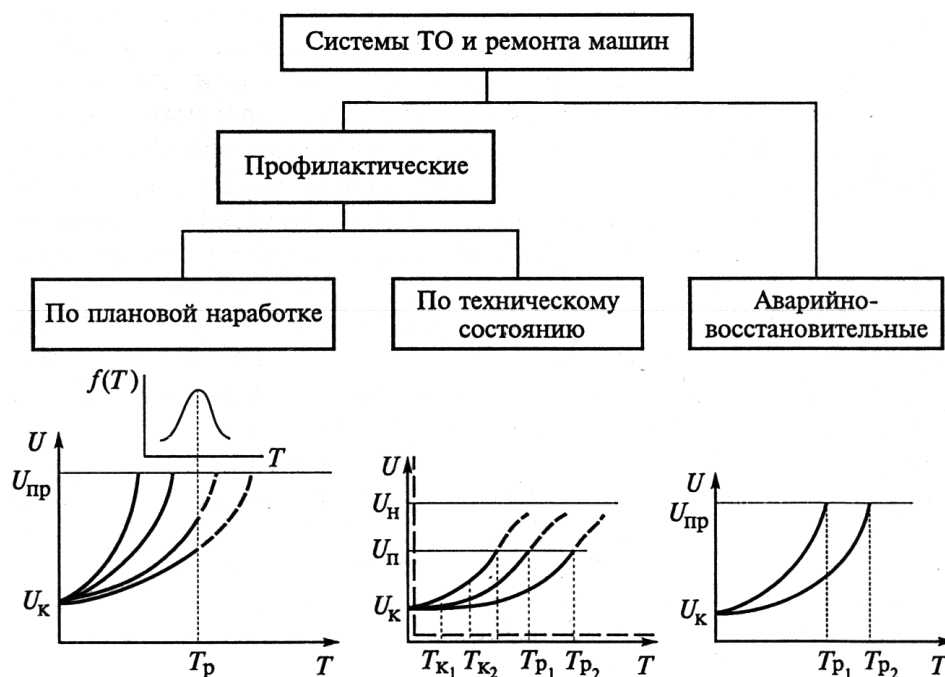
*П. В. Дружинин, А. А. Демьянов*

Военный институт (инженерно-технический) ФГКВОУ ВПО ВАМТО

## **НЕОБХОДИМОСТЬ РЕМОНТА МАШИН И АВТОМОБИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ. СИСТЕМА, ВИДЫ И МЕТОДЫ РЕМОНТА. ПОДГОТОВКА СПЕЦИАЛИСТОВ**

*Система ремонта.* Под системой технического обслуживания и ремонта машин понимают совокупность принципов и правил, обеспечивающих работоспособное состояние машин с минимальными затратами.

Существующие варианты систем технического обслуживания и ремонта машин (рис. 1) предусматривают проведение технического обслуживания и ремонтов профилактически или после отказа.



**Рис. 1.** Структурная схема ТО и ремонтов машин и графики изменения параметров технического состояния машин:  $T_p$  - ресурс машины;  $f(T)$  - график распределения наработки;  $U_{пр}$ ,  $U_k$ ,  $U_n$ ,  $U_n$  - значения параметра технического состояния машины

Проведение ремонтных воздействий в аварийно-восстановительном порядке после отказа машины обладает рядом недостатков: не позволяет предупредить отказ машины и тем самым исключить возможность аварии; не позволяет планировать работу ремонтных служб; вызывает большое число сопутствующих отказов, трудоемкость и стоимость устранения которых значительно удорожает ремонт машины; не позволяет обеспечить требуемый уровень надежности машин.

Профилактические системы предусматривают проведение управляющих воздействий в плановом порядке (по достижении машиной определенной наработки) или по фактическому техническому состоянию. Профилактические системы технического обслуживания и ремонта по наработке предусматривают проведение управляющих воздействий в плановом порядке с установленной периодичностью. Периодичность проведения управляющих воздействий устанавливается таким образом, чтобы предупредить возможность возникновения отказов машины в процессе работы.

При проведении профилактических управляющих воздействий в плановом порядке по наработке не учитывается фактическое состояние машины в целом и отдельных сборочных единиц. Из-за разницы значений ресурса и наработок на отказ элементов машины профилактическое проведение технического обслуживания и ремонтов по плановой наработке ведет к осуществлению ненужных управляющих воздействий, неоправданных техническим состоянием машины. Плановая замена агрегатов и ремонтных комплектов ведет к тому, что ресурс, заложенный в их конструкции, реализуется иногда лишь на 40...60%.

Ненужные ремонтные воздействия и большой остаточный ресурс заменяемых элементов в значительной степени снижают эффективность технической эксплуатации машин. Стратегия профилактического обслуживания и ремонта по плановой наработке не исключает возможность возникновения отказов (а из-за этого и аварий) машины в процессе работы.



Вследствие тяжелых условий эксплуатации, форсированных режимов работы или конструктивно-технологических особенностей машины (недостаточная прочность материалов деталей, отклонение показателей качества эксплуатационных материалов от нормативных значений и др.), изменение ее технического состояния может происходить более интенсивно, чем в среднем по парку. В этом случае отказ неминуемо произойдет до проведения плановых ремонтных воздействий.

Система профилактического технического сервиса машин по фактическому состоянию лишена перечисленных недостатков. Периодический контроль технического состояния машины по основным диагностическим параметрам позволяет организовать своевременное проведение ремонтных воздействий и благодаря этому не только предотвратить отказы отдельных составных частей, но и повысить уровень надежности машины в целом. Проведение профилактических ремонтных воздействий в строгом соответствии с действительной потребностью машины позволяет исключить ненужные ремонтные операции и за счет этого снизить затраты на ремонт.

Таким образом, очевидно, что система технического сервиса по фактическому состоянию является более эффективной и прогрессивной по сравнению с системой ТО и ремонтов по плановой наработке.

Организационно-технические принципы функционирования системы технического сервиса, как и любой другой, должны объективно отражать условия, сложившиеся в хозяйственно-экономической и организационно-технической практике использования машин и механизмов. Принципы определяют существующие взаимоотношения субъектов хозяйствования в области использования машин, их обслуживания и ремонта на фоне рыночных отношений во всем народном хозяйстве.

**Виды и методы ремонта.** Объем ремонтных воздействий зависит от степени старения (изнашивания) или повреждения машины (агрегата). Исходя из этого, *ремонт* - совокупность технологических воздействий на изделие (машину или сборочную единицу) с целью восстановления его эксплуатационных свойств до нормативного уровня.

Различают несколько видов ремонта.

*Текущий* ремонт - совокупность технологических воздействий на изделие с целью восстановления одного или некоторой группы его эксплуатационных свойств до нормативного уровня.

*Капитальный* ремонт - совокупность технологических воздействий на изделие, проводимых с целью восстановления всех ее эксплуатационных свойств, включая ресурс, до нормативного уровня.

*Средний ремонт* производится для тяжелых и большегрузных машин с целью частичного восстановления ресурса после замены или ремонта изношенных (неисправных) агрегатов и узлов. Средний ремонт предусматривает оценку технического состояния всех агрегатов и механизмов, выполнение сопутствующих ремонтных работ. Как показывает статистика, этот вид ремонта проводится после выработки 60% ресурса машины.

Текущий ремонт машины восстанавливает или обеспечивает её работоспособность после замены или восстановления изношенных (неисправных) деталей, узлов или агрегатов. При замене элементов машины выполняются необходимые ремонтные работы (регулирующие, слесарно-механические, сварочные и др.). Этот вид ремонта предусматривает замену лишь одного основного агрегата (механизма), кроме рамы и кузова для автомобилей, рамы и корпуса гусеничного трактора. Текущий ремонт агрегатов заключается в частичной разборке, дефектации деталей и узлов, замене (ремонте) неисправных элементов и в проведении необходимых сопутствующих ремонтных работ.

Капитальный ремонт проводится с целью восстановления в полном объеме ресурса новой машины (ресурса до первого капитального ремонта). При этом виде ремонта машину полностью разбирают, заменяют новыми или ремонтируют все ее агрегаты, механизмы и узлы, восстанавливают или заменяют изношенные (поврежденные) детали с использованием

различных способов устранения дефектов. Все ремонтные работы выполняют в соответствии с требованиями технических условий. Испытания машин или агрегатов после капитального ремонта проводят по тем же программам и методикам, которые применяются при оценке качества новых изделий.

Кроме рассмотренных видов ремонта, на стадии эксплуатации жизненного цикла машины (агрегата) могут выполняться ремонты по техническому состоянию, гарантийный и профилактический.

Первый из них проводится по результатам оценки технического состояния машины (агрегата) по ряду оценочных показателей. Ремонт проводится в случае, если значения этих показателей отличаются от допустимых. В зависимости от числа таких показателей устанавливается объем ремонтных воздействий. Этот вид ремонта позволяет поддерживать и даже увеличивать ресурс машины или ее агрегатов. Он может выполняться на специализированных ремонтных заводах и других крупных ремонтных предприятиях.

Гарантийный ремонт проводится с целью устранения отказов, возникающих в интервале гарантийной наработки и по вине завода-изготовителя (завода по капитальному ремонту). Этот ремонт выполняется силами перечисленных предприятий.

Профилактический ремонт проводится по рекомендациям главного конструктора машины (агрегата) с целью замены элементов, не обеспечивающих заданный межремонтный ресурс изделия. Как правило, этот ремонт выполняется силами ремонтных служб, эксплуатирующих изделие организаций. Заменяемые элементы (запасные части) поставляются заводом-изготовителем.

Методы ремонта определяют организационные формы преимущественно сборочных процессов при восстановлении машины (агрегата). Эти методы делятся по нескольким признакам.

По признаку сохранения принадлежности ремонтируемых частей машине или агрегату ремонт может производиться *обезличенным* и *необезличенным* методами. При *обезличенном* методе ремонта не сохраняется принадлежность восстановленных составных частей к определенному экземпляру машины или агрегата, а при *необезличенном* - сохраняется.

**По организации выполнения** ремонт машин может осуществляться *агрегатным* методом, представляющим собой обезличенный ремонт, при котором неисправные агрегаты заменяются новыми или заранее отремонтированными (из оборотного фонда). При этом снятые неисправные агрегаты отправляются для ремонта на специализированные ремонтные предприятия.

Агрегатный метод является основным методом ремонта машин. Этот метод позволяет сокращать продолжительность ремонта, в короткие сроки восстанавливать значительное количество машин (рис. 2).



Рис. 2. График продолжительности ремонта машин агрегатным способом

Агрегатный метод ремонта требует наличия оборотного фонда, величина которого зависит от мощности ремонтного предприятия, затрат времени на обмен неисправных агрегатов и машины в целом, страхового запаса агрегатов.

При *необезличенном* методе ремонта неисправные агрегаты и детали снимают с машины, ремонтируют и ставят на ту же машину. При этом продолжительность ремонта больше, чем при агрегатном методе. Поэтому необезличенный метод ремонта применим только для машин, имеющих исключительно важное значение или имеющих в весьма малых количествах.

В зависимости от типа производства (массовое, серийное, единичное) ремонт машин может быть организован поточным методом, методом специализированных (бригадно-узловым) или универсальных постов (тупиковым методом).

*Поточный* метод характеризуется расположением средств технического оснащения в последовательности выполнения операций технологического процесса и специализацией рабочих мест. Машина, агрегаты, механизмы, детали (например, блок цилиндров, коленчатый вал двигателя) передаются от одного специализированного поста к другому сразу после выполнения очередной технологической операции. Поточный метод обеспечивает высокую производительность труда, эффективное использование высокопроизводительного специализированного оборудования, создает условия для достижения высоких показателей качества ремонта. Он применяется на всех ремонтных предприятиях, осуществляющих капитальный ремонт машин и агрегатов.

Поточный метод ремонта машин и агрегатов называют *индустриальным*.

Метод *специализированных постов* характеризуется тем, что ремонтные работы, например разборка и сборка агрегатов и узлов, а также работы по восстановлению деталей и ремонту сборочных единиц осуществляются бригадами (исполнителями), специализированными по маркам машин, сборочным единицам определенного типа (двигатель, коробка, задний мост). Специализация постов (бригад, исполнителей) может быть технологической по выполнению определенных операций, например ремонт электрооборудования, и подетальной, например восстановление деталей определенной номенклатуры.

Метод специализированных постов применяется на ремонтных предприятиях, осуществляющих средний ремонт машин на готовых агрегатах.

Метод *универсальных постов* характеризуется тем, что все работы по ремонту машины выполняются на одном рабочем посту одной бригадой. При этом производительность труда, коэффициент использования оборудования невысокие. Квалификация работающих должна быть высокой, так как членам бригады приходится выполнять разные виды работ.

В общем случае ремонт может быть плановым. Постановка машины на такой ремонт осуществляется в соответствии с требованиями нормативно-технической документации. Постановка машины на неплановый ремонт осуществляется без предварительного назначения. Средний и капитальный ремонты проводят по плановой наработке. Постановка машины на текущий ремонт не планируется, проводится лишь расчет числа условных текущих ремонтов для формирования необходимых запасов деталей и материалов и ориентировочного планирования загрузки ремонтных служб.

Плановый ремонт, выполняемый с периодичностью и в объеме, установленном эксплуатационной документацией без учета технического состояния машины в момент начала ремонта, называется *регламентированным*.

#### **Подготовка специалистов**

В связи с перечисленными факторами, в сложившихся условиях следует ожидать значительного увеличения потребности во всех видах сервиса, повышения сложности, трудоемкости и длительности цикла обслуживания машин (всех без исключения видов), что в свою очередь вызовет необходимость в организации сервиса СМ и А на специализированных предприятиях или в специализированных подразделениях сервиса предприятий, осуществ-

ляющих коммерческую эксплуатацию СМ и А. Такой подход определит возможность создавать предприятия сервиса с высоким уровнем оснащённости современным технологическим оборудованием, позволяющим реализовывать на практике высокоэффективные ресурсо- и энергосберегающие технологии, повысить производительность и качество труда, снизить издержки эксплуатации; СМ и А.

Для решения указанных задач современный специалист в области сервиса СМ и А должен обладать навыками организации производственных процессов сервиса, разработки и реализации высокоэкономичных технологических процессов сервиса, расчета и подбора требуемых ресурсов, технологического проектирования постов, участков, зон и предприятий сервиса.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Першин В.А., Ременцов А.Н., Сапронов Ю.Г., Соловьев С.Г.* Типаж и техническая эксплуатация оборудования предприятий автосервиса. - Ростов н/Д.: Феникс, 2008. - 413 с.
2. *Бойко Н.И., Самаян В.Г., Хачкинян А.Е.* Сервис самоходных машин и автотранспортных средств. - Ростов н/Д.: Феникс, 2007. - 512 с.
3. *Буклагин Д.С., Голубев И.Г., Рассказов М.Я.* и др. Справочник инженера по техническому сервису машин и оборудования в АПК. - М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2003.- 604 с.
4. *Зорин В.А., Васильев Б.С., Долгополов Б.П.*, и др. Ремонт дорожных машин, автомобилей и тракторов. - М.: Мастерство, 2001.-512с.
5. *Херцег К.* Станции обслуживания легковых автомобилей / К. Херцег. - М.: Транспорт, 1995.
6. ГОСТ 25646-95 Эксплуатация строительных машин. Общие требования. – М.: Издательство стандартов, 1995.

*С. А. Егоров\*, Н. Е. Егорова*

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

#### ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕСТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «НАДЕЖНОСТЬ МАШИН»

В Ивановской государственной текстильной академии в 2007 году были созданы тестовые материалы для проведения экспертизы качества подготовки специалистов по дисциплине «Надежность машин» [1]. Был сформирован банк знаний для использования в оболочке АСТ. В нем были отражены все разделы изучаемой дисциплины, объединенные в дидактические единицы, предписываемые Федеральным образовательным стандартом. Каждая дидактическая единица включает в себя неповторяющиеся задания в открытой и закрытой формах, а также задания на упорядочивание признаков и задания на поиск соответствия.

Открытых заданий было сформировано 14%, закрытых заданий – 76%, из них более 50% составляли решения задач. Эти задачи разбирались подробно в ходе проведения практических занятий по дисциплине. Задания на соответствие составляли 2% всего объема, а на упорядочивание – 8%. [2]

Процесс тестирования проводился на персональных компьютерах в режиме реального времени. Каждому студенту предлагался случайным образом список из 60 вопросов на промежутки времени 60 мин. Задания имеют хронометраж на выполнение по трудности.

Ежегодный поток студентов, прошедших тестирование, составлял от 40 до 60 чел. Большинство тестируемых (85%) успевает дать ответы на 100% заданий. Верных ответов у каждого различное количество.

Как показал опыт, не было не одного случая 100% правильных ответов. За весь период только два студента смогли набрать 92% правильных ответов. Остальные учащиеся ежегодно, от 10% до 20% давали правильные ответы на 80% и более вопросов, от 20% до 40% давали правильные ответы на 60% и более вопросов, от 30% до 50% имели 50% и более правильных ответов. Ежегодно имеются неуспевающие студенты, которые не могут дать правильные ответы 50% вопросов.

Одновременно с тестированием проводился внутрисеместровый рейтинг-контроль знаний учащихся. Фиксировалось посещение занятий, выполнение заданий, правильность выполнения заданий.

Рейтинговая оценка определяется по формуле

$$R = A \frac{\sum_{i=1}^n m_i + \frac{M}{5} N_{\text{пос}}}{MN_{\text{план}} + \frac{M}{5} N_{\text{ауд}}}$$

где R – рейтинг студента на момент аттестации, т.е. количество баллов в диапазоне от 0 до A; A – максимальное количество баллов, которое может заработать студент в течение изучения данной дисциплины (A=60); M – максимальное количество баллов, которое может заработать студент за выполнение одного вида задания или вида контроля в системе оценок преподавателя (например, 5-ти бальная и т.д. система оценок); m – оценка, полученная студентом за выполнение задания или иной вид текущего контроля (например, при 5-ти бальной системе – 2, 3, 4, 5); n – количество, проведенных на момент аттестации видов контроля; N<sub>план</sub> – планируемое количество всех видов контроля за время изучения дисциплины; N<sub>пос</sub> – количество аудиторных занятий, которое отработал студент; N<sub>ауд</sub> – общее количество планируемых аудиторных занятий. Система оценок преподавателя фиксирует процент усвоения. Выявлена корреляция между рейтинговой оценкой знаний учащихся и результатами выполнения тестовых материалов.

Выводы:

1. На основании проведенных исследований выявлено соответствие оценки получаемых знаний внутри семестра и по результатам тестирования.
2. Выявлена необходимость сокращения количества заданий, выносимых на тестирование на 30%, с целью снижения стресса у учащихся.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Программный продукт «Банки программно-дидактических тестовых материалов по дисциплине «Надежность машин». / С.А. Егоров // Сертификат № РОСС RU.СП16.Н00135/135 от 13.02.2008 г.
2. Егоров, С.А. Создание банка тестовых материалов «Надежность машин» для интернет-тестирования. /С.А. Егоров, Н.Е. Егорова/ Информационное обеспечение бизнеса: Мат. Межд. науч. - практ. конф., посвященной 25-летию кафедры «Информационные технологии в экономике и организации производства» Ивановского государственного университета. Иваново, 12-13 марта 2010 г. – Иваново: ИВГУ, 2010. – С. 46-50.

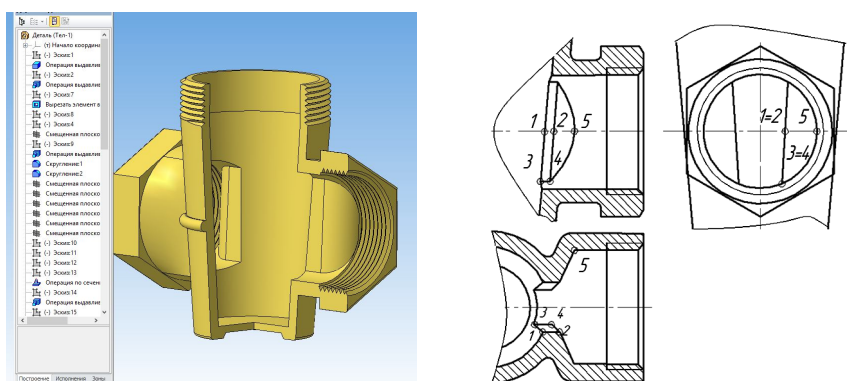
*Е. В. Егорычева, К. Н. Бубнов*

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

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ИЗДЕЛИЙ СО СЛОЖНЫМ ВНУТРЕННИМ ФОРМООБРАЗОВАНИЕМ

Процесс параметрического моделирования геометрического объекта с заданными параметрами является сложной задачей проектирования. Любая геометрическая модель содержит описание формы моделируемого изделия и описание связей элементов модели. Для возможности редактирования и создания подобных моделей в геометрическую модель включают дерево построения с последовательностью и способами построения модели.

В данной работе рассматривался вопрос параметрического моделирования модели пробкового крана в системе Компас-3D. Особое внимание было уделено образованию внутренней поверхности корпуса изделия. Данная поверхность образуется путем пересечения цилиндрической и конической поверхностей, с частичным усечением профилем и горизонтально проецирующими плоскостями (рис. 1).



а)

б)

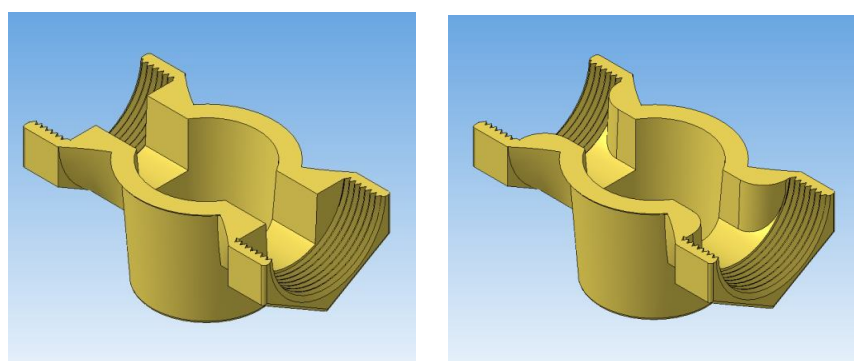
**Рис. 1.** Образование внутренней поверхности:

а – модель; б – чертеж

Между элементами модели устанавливаются геометрические ограничения, то есть вариационные связи, которые определяют совпадение точек, осей и плоскостей, принадлежность объекта плоскости, касание поверхностей и многие другие зависимости.

При параметризации, переменными величинами для моделирования внутренней поверхности корпуса изделия, служат размеры поверхностей вращения, которые определяют ее конфигурацию, а также скругления кромок поверхностей (рис. 2).

Изменение данных параметров влечет за собой корректировку размеров и геометрической формы всего моделируемого изделия.



а)

б)

**Рис. 2.** Внутренняя поверхность: а – без скруглений кромок;

б – с плавными переходами

При выполнении модели сборки, взаимосвязанными должны быть размеры не только одной детали, но и размеры всех деталей, входящих в изделие (рис. 3).

Наличие таких связей позволяет достаточно легко редактировать геометрические модели изделий, а также создавать подобные модели.

#### ЛИТЕРАТУРА

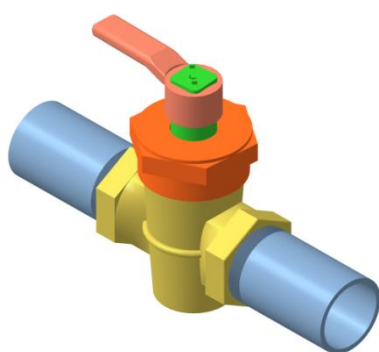
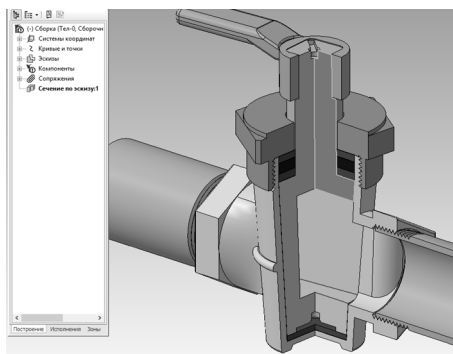


Рис. 3. Модель сборки изделия

1. Кудрин А.И. Основы проектирования и эксплуатации технологического оборудования. Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2008. – 123 с.

2. Егорычева Е.В. 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.

3. Егорычева Е.В., Бубнов К.Н. Применение параметрического моделирования для решения задач по начертательной геометрии / Е.В. Егорычева, К.Н. Бубнов // VI Всероссийская научно-практическая конференция «Надежность и долговечность машин и механизмов» 16 апреля 2015 г.: материалы конференции / Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий. – Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России. – 2015. – С.225 – 226.

4. 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.

**В. Е. Иванов, В. П. Зарубин, И. А. Легкова**

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

### ВОЗМОЖНОСТИ ПРОГРАММЫ ARSNCAD ПРИ СОЗДАНИИ 3D-МОДЕЛЕЙ ПОТЕНЦИАЛЬНО-ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ

В настоящее время предотвращение чрезвычайных ситуаций и минимизация последствий в результате аварий на различных объектах основывается на возможности оперативного принятия 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. Для повышения эффективности оперативного принятия адекватных решений широко используются информационные технологии и создаются трехмерные модели потенциально-опасных объектов [1].



Для создания 3D-моделей применяется трехмерная графика. Этот вид компьютерной графики вобрал в себя очень много из векторной, а также из растровой компьютерной графики. Применяется она при разработке дизайн-проектов интерьера, архитектурных объектов, в рекламе, при создании обучающих компьютерных программ, видео-роликов, наглядных изображений деталей и изделий в машиностроении и др. Трёхмерная компьютерная графика позволяет создавать объёмные 3D-сцены с моделированием условий освещения и установкой точек зрения.

Трёхмерная компьютерная графика, как и векторная, является объектно-ориентированной, что позволяет изменять как все элементы трёхмерной сцены, так и каждый объект в отдельности. Этот вид компьютерной графики обладает большими возможностями для поддержки технического черчения. С помощью графического редактора трёхмерной компьютерной графики ArchiCAD, можно выполнять наглядные изображения деталей и изделий машиностроения, а также выполнять макетирование зданий и архитектурных объектов, изучаемых в соответствующем разделе архитектурно-строительного черчения. Наряду с этим может быть осуществлена графическая поддержка таких разделов начертательной геометрии, как перспектива, аксонометрические и ортогональные проекции, т.к. принципы построения изображений в трёхмерной компьютерной графике частично заимствованы из них. Модели, созданные в данной программе содержат геометрические характеристики постройки в целом и составляющие конструктивных элементов, характеристики используемых материалов, готовых элементов (например, мебели), параметры освещения и т.д. [2].

Программа ArchiCAD имеет «дружественный» интерфейс и ориентирована на проектирование зданий и сооружений. Модель здания в данной программе собирается по технологии BIM (Building Information Modeling). Это означает, что при моделировании здания все элементы в нем изначально взаимосвязаны, и изменение параметров какого-либо объекта влечет за собой автоматическое обновление всех связанных с ним данных. Например, при изменении ширины нескольких окон или дверей в готовом проекте, данные автоматически поменяются на всех этажах, фасадах, разрезах и 3D видах. Более того, данные обновятся в спецификации, схеме заполнения оконных и дверных проемов, ведомости проемов, поменяются выносные размерные цепочки и отметки на фасадах и т.д. Для создания сложных объектов в данной программе предусмотрен - инструмент Морф. В связи с этим нет необходимости в импорте специальных объектов из других программ. Морф не имеет геометрических ограничений: любое ребро и любая грань могут быть перемещены в любом направлении. В связи с этим предоставляется возможность создавать элементы требуемой формы. Графический интерфейс использует хорошо известные методы и способы взаимодействия: выбор любого ребра, «захват» любой точки поверхности или комбинации подэлементов для изменения морфа с помощью локальной панели, использование оперативной визуальной обратной связи. Морф является полноценным элементом ArchiCAD, который присутствует во всех видах и списках и может быть классифицирован для экспорта в программы конструкторско-го проектирования. В ArchiCAD реализована возможность совместной работы над одной моделью, так как проектирование и строительство зданий является очень сложным процессом, который требует очень четкого взаимодействия и сотрудничества всех членов рабочей группы по созданию трехмерной модели. Одним из ключевых факторов успешной совместной работы является эффективное распределение проектных данных между участниками проекта. Совместная работа позволяет сократить время для создания трёхмерных моделей различной сложности. Передовая технология Teamwork ArchiCAD предполагает интегрированный обмен и совместное использование данных всеми членами рабочей группы, участвующими в разработке проекта. Одним из важных инструментов программы ArchiCAD является инструмент 3D-сетка, с помощью которой можно создавать 3D-рельеф местности по топографической карте, путем построения горизонталей (рис. 1).





**Рис. 1.** Построение горизонталей в ArchiCAD

Если необходимо построить рельеф по тахеометрической съемке, используя данные в формате X, Y, Z, то необходимо использовать ArchiTerra plug-in для ArchiCAD. Построение трехмерной модели рельефа с учетом высотных отметок позволяет оценить возможную площадь затопления при наводнении или прорыве плотины. С целью минимизации социально-экономических последствий чрезвычайных ситуаций в результате аварий на плотине, необходимо создавать их трехмерные модели и прилегающую к ним территорию. Средствами ArchiCAD можно рассчитать объем воды в водохранилище и возможную зону затопления. Одним из примеров использования трехмерной информационной модели участка города для прогнозирования различных сценариев развития чрезвычайной ситуации и оценки возможных последствий является 3D модель ландшафта озера Мылка и «Мылкинской дамбы», расположенных в г. Комсомольск-на-Амуре. Созданная 3D модель данной местности позволяет не только детально изучить район чрезвычайной ситуации, возникшей в результате наводнения, но и спрогнозировать различные сценарии событий, возможные при повышении уровня воды или прорыве дамбы, защищавшей жилые районы от затопления.

Используя единую информационную модель определенного участка города можно проводить анализ, моделирование, прогнозирование аварийных и чрезвычайных ситуаций и проводить отработку действий по их устранению. Трехмерная модель, созданная в программе ArchiCAD проста для восприятия, позволяет обучающемуся детально погрузиться в возможную обстановку развития чрезвычайной ситуации и на ее основе принять тактически грамотные управленческие решения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Рекомендации по созданию трехмерных геоизображений (моделей) территорий и объектов жизнеобеспечения, потенциально-опасных, критически важных для национальной безопасности / Нормативно-методические документы по вопросам организации выполнения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ. – М.: ВНИИ ГОЧС, 2009. – 41 с.
2. Компьютерное проектирование в архитектуре. Archicad 11 – М.: ДМК Пресс, 2007. – 800 с.

**В. Е. Иванов, В. П. Зарубин, И. А. Легкова, П. В. Пучков**  
(ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»)

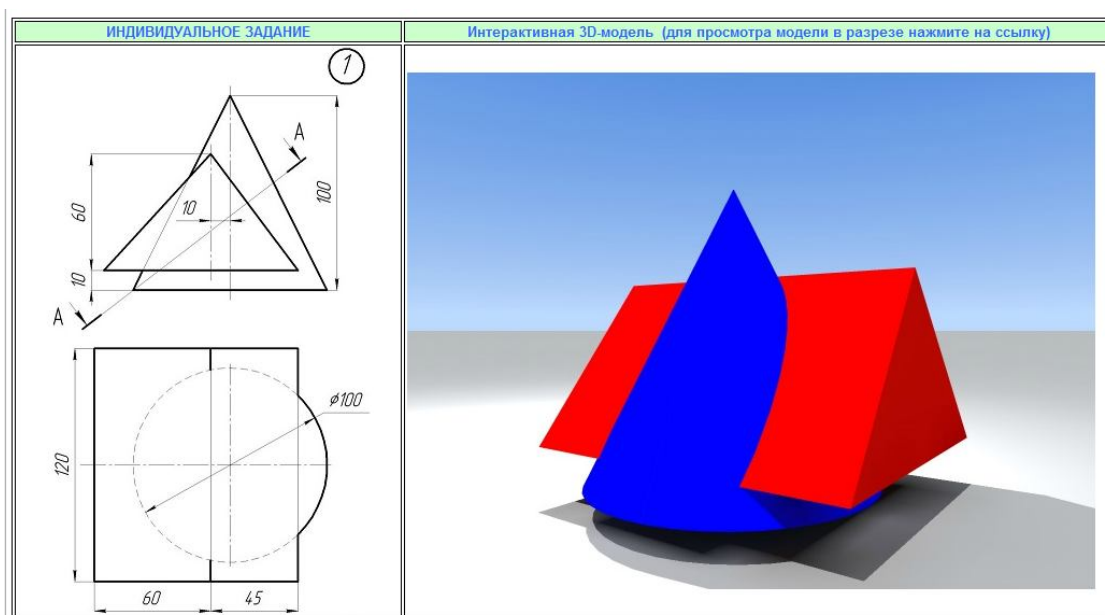
## ЭЛЕКТРОННОЕ УЧЕБНОЕ ИЗДАНИЕ С ИНТЕРАКТИВНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ

Стремительное развитие интерактивных мультимедийных технологий позволяет внедрять в учебный процесс электронные средства обучения, оснащенные интерактивной составляющей (трехмерные модели, тесты, лабораторные работы и т.д.).

Использование электронных средств обучения представляет возможность трансформировать традиционный учебный процесс в познавательную деятельность обучающихся по приобретению в первую очередь, конечно же, знаний и умений по изучаемому предмету, а также таких, как поиск, отбор, анализ, организация и представление информации, использование полученной информации для решения конкретных жизненных задач.

Основное отличие электронных учебников от традиционных учебных изданий заключается в обязательном наличии интерактивного взаимодействия между обучаемым и компьютером, который играет роль, схожую с ролью консультанта, помогающего организовать обучение. Электронный учебник формирует информационно-образовательную среду, которая реализует целостный процесс обучения от цели до результата, помогает обучающимся легче и производительнее овладеть ее содержанием [1].

Для создания электронных учебников используются различные программы, такие как: Sunravn Office, HTML-редакторы, Adobe Acrobat и др. Применение данных программ позволяет включать в электронные издания интерактивные мультимедийные компоненты. Авторским коллективом кафедры механики, ремонта и деталей машин (в составе УНК «Пожаротушение») Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России для разработки электронного учебного пособия по дисциплине «Начертательная геометрия», были использованы flash – технологии, которые позволили внедрить в издание интерактивные трехмерные модели пересекающихся тел, а также модуль тестирования, включающий в себя различные типы вопросов: одиночный выбор, установка соответствия, расстановка ответов по указанному порядку и т.д. (рис. 1).



**Рис. 1.** Интерактивная 3D-модель в учебном пособии

Разработанное учебное пособие обладает компактностью и мобильностью; удобством и быстротой поиска желаемой информации; возможностью объективного контроля и оценки уровня знаний и навыков пользователя в изучаемой области. Внедренные 3D - технологии в электронное издание, реализуют, прежде всего, принцип наглядности. Визуальная информация не только дополняет 2D - изображения, но и сама выступает носителем информации. Трехмерные модели обеспечивают наибольшую эффективность восприятия обучающимися представленного материала, способствует развитию их пространственного мышления.

Электронное учебное пособие оснащено горизонтальным выпадающим меню, функцией возврата в начало главы или раздела. В каждой главе присутствуют гиперссылки, которые позволяют перемещаться со страницы на страницу, открывать видеофайлы, анимацию и др. Данное учебное пособие разработано как для локального доступа, так и для дистанционного. Локальная версия создана для работы на автономных устройствах и в локальной компьютерной сети. Дистанционная версия предполагает работу посредством глобальной информационной сети Интернет. Большое преимущество данного электронного учебного пособия – масштабируемость, гибкость структуры. Каждый из разделов и каждая тема в них может быть оперативно скорректирована и дополнена новой актуальной информацией. Над каждой темой могут удаленно работать в соавторстве несколько преподавателей, общаясь посредством Интернет. Интерактивность электронного издания позволяет значительно повысить заинтересованность обучающихся к предмету, уровень ориентирования по теме и степень усвоения материала.

Электронные средства обучения являются перспективным направлением развития образования, способствуют повышению эффективности обучения, а также являются незаменимым инструментом при самостоятельной подготовке обучающегося.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Легкова И.А., Зарубин В.П., Киселев В.В., Иванов В.Е. Инновационные технологии при обучении графическим дисциплинам. Пожарная и аварийная безопасность: материалы IX Международной научно-практической конференции. – Иваново, 2014. – С. 300 – 301.
2. ГОСТ Р 7.0.83-2013 СИБИД. Электронные издания. Основные виды и выходные сведения.
3. Изучаем HTML, XHTML и CSS. – СПб.: Питер, 2012. – 656 с.: ил. – (Серия «Бестселлеры O'Reilly»).

***Е. В. Ишухина, Р. М. Шипилов***

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

## **АНАЛИЗ-СИНТЕЗ ДВИЖЕНИЙ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ ПОЖАРНО-ПРИКЛАДНЫМ УПРАЖНЕНИЯМ**

С самого начала обучения пожарно-прикладным упражнениям следует стремиться к тому, чтобы занимающийся выполнял движение как можно ближе к его идеальному образцу (по структуре). Для этого можно применить два способа (метода): первый - упростить условия, снизить интенсивность движений; второй - расчленив спортивное упражнение на более простые по структуре движения, на отдельные действия и приемы. Первый метод обучения называется целостным, второй - расчлененным. Их сочетание называют комплексным методом.

Единственно правильным методом нужно признать комплексный. Расчлененный и целостный методы в обучении сложным действиям самостоятельного значения не имеют. Однако само понятие «комплексный метод» не раскрывает его содержания. Здесь более уместно применение понятия анализа-синтеза движений.

Анализ-синтез движений выступает в качестве одного из педагогических принципов профессионально-прикладной физической культуры. Этот принцип, как указывалось ранее, основывается на закономерной необходимости расчленения сложных идей, явлений, действий на более простые понятия, проявления, стороны для их понимания, овладения, развития.

Обязательное требование реализации анализа-синтеза в обучении пожарно-прикладным упражнениям состоит в том, чтобы расчлененная подсистема не теряла своего органического единства с целостным упражнением. Выделенные части, фазы и элементы должны быть закреплены (освоены) достаточно хорошо, прежде чем они будут соединены в более сложные сочетания. Однако длительные упражнения в изолированных деталях могут привести к нарушению согласованности движений при выполнении сложного пожарно-прикладного упражнения в целом. Поэтому необходимо заниматься одновременно несколькими частями, фазами и элементами спортивного упражнения, переходя от одного к другому циклически.

Степень анализа зависит от способности занимающегося выполнять правильно расчлененную подсистему движения. Для каждого занимающегося в каждом спортивном упражнении следует найти такие части и фазы, которые он может воспроизвести правильно, но с приложением усилий, характерных для данных подсистем спортивного упражнения в целом его выполнении в реальных условиях спортивной борьбы.

Успех в овладении пожарно-прикладным упражнениям зависит от последовательности изучения его подсистем. В каждом сложном физическом упражнении имеется часть, фаза или элемент, от правильного выполнения которых в значительной степени зависит эффективность движения. Различают основу спортивного упражнения в целом - основную часть; основу части спортивного упражнения - основную фазу; основу фазы профессионального упражнения - основной элемент.

Установление основы профессионального упражнения важно, в частности, потому, что обучение следует начинать именно с нее. В разных упражнениях, а также в отдельных их частях и фазах основа движения может находиться в начале, в середине и в конце. Если мы обозначим начало изучаемого сложно координированного профессионально-прикладного физического упражнения буквой Н, середину буквой С, а конец буквой К, то в схеме можно представить три варианта целесообразной последовательности изучения данного упражнения.

В первом варианте основная часть сложного профессионально-прикладного физического упражнения находится в начале. Она осваивается первой. Затем изучается техника средней части движений. К ней присоединяется уже освоенная начальная часть. Вслед за тем изучается техника заключительной части упражнений. К ней присоединяется освоенная средняя часть. Наконец осваивается и закрепляется техника профессионально-прикладного физического упражнения в целом. Во втором варианте основная часть упражнения находится в середине, а в третьем - в конце (табл. 1).

Определение основы профессионального упражнения в целом, его части и фазы важно не только для обеспечения целесообразной последовательности их освоения. Главный вопрос состоит в том, что для совершенствования в выполнении упражнения больше времени и внимания следует уделять именно найденным основам. Если часть С составляет основу данного профессионально-прикладного физического упражнения, то она должна стать доминирующей в содержании занятий. Метод разучивания упражнения по частям необходимо применять на начальных этапах обучения и для освоения сложно координационных упражнений. Он предусматривает расчленение целостного упражнения на отдельные фазы и элементы с поочередным их разучиванием с последующим соединением в единое целое.

Таблица 1. Варианты освоения сложно координированного упражнения [17]

Варианты Послед.изучения	1	2	3
1	Н	С	К
2	С	Н	С
3	Н+С	С+Н	С+К
4	К	К	Н
5	С+К	К+С	Н+С
6	Н+С+К	Н+С+К	Н+С+К

Полноценная реализация метода разучивания упражнения по частям во многом зависит от понимания возможности и необходимости расчленения двигательного действия, а также от практического умения его осуществлять в соответствии с задачей обучения. Сложное действие не представляет собой механической суммы слагаемых его движений. Целое всегда отличается от его отдельных элементов, между которыми устанавливаются определенные соотношения. Однако часть хотя и подавляется целым, но участвует в этом целом. Поэтому понять целое действие можно только через познание составляющих его движений и закономерностей становления действия.

Расчленение является характерной чертой метода разучивания по частям, но само разучивание части не является самоцелью. Оно служит лишь первоначальным этапом, облегчающим овладение целостным действием. Завершением явится освоение действия в целом. Без этого теряется смысл любого обучения. В конечном итоге обучаемые должны воспринимать действие как единое целое от начала и до конца. В этой слитности исполнения не должно быть главных и второстепенных элементов. Все - главное. Все в той или иной мере несет в себе залог общего успеха.

Педагогические преимущества метода разучивания по частям: 1. Облегчается процесс усвоения действия. К цели ученик подходит путем постепенного накопления запаса частных двигательных умений, из которых и формируется нужное действие. Подобное обучение позволяет концентрировать внимание на каждой детали, осознавать ее роль в целом двигательном акте, что ведет к более тщательному освоению элементов и действия в целом. В результате укорачиваются сроки обучения и повышается общая культура движений. 2. Разучивание по частям делает процесс обучения на каждом занятии более конкретным, а, следовательно, и мотивированным, ибо успехи учеников в овладении даже одним элементом доставляют удовлетворение. 3. От богатства подводящих упражнений занятия становятся более разнообразными, а сам процесс обучения более интересным. 4. Большой запас двигательных умений, создаваемый разучиванием частей, позволяет успешнее решать задачу обогащения двигательного опыта. 5. Применение метода разучивания по частям содействует сравнительно быстрому восстановлению утраченных навыков. 6. Этот метод незаменим при изучении координационно сложных действий и при необходимости воздействовать на отдельные суставы и мышечные группы. Таким образом, метод разучивания по частям помогает творчески подходить к анализу изучаемых действий, не позволяет воспринимать действие лишь в его внешней форме.

*М. Ю. Колобов, Г. Д. Демидова, С. Е. Сахаров, А. Э. Козловский, Е. Ю. Куваева,  
Е. В. Миронов*

(ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет»)

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРЕПОДАВАНИИ ГРАФИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН**

Технические вузы России в настоящее время находятся на этапе перехода к системе обучения бакалавр-магистр. В учебный процесс внедрены новые ГОСы, учебные планы, учебные программы. Реализовать требования государственных стандартов по направлениям подготовки в рамках, отведённых на изучение курса часов, становится все сложнее. Это заставляет преподавателей по-новому выстраивать учебный процесс, пересматривать содержание читаемых курсов, корректировать рабочие программы, календарные планы, менять методики преподавания.

Задачей кафедры механики и компьютерной графики является обучение инженерной графике, ознакомление с ГОСТами, подготовка студентов к грамотному выполнению проектов. Для этого кафедрой разработаны комплекты заданий и задач. Комплект конструктивно-технических заданий на основе умственного, графического конструирования способствует развитию у студентов инженерного мышления – важного компонента при самостоятельном и осознанном чтении и выполнении чертежей.

Графическая грамотность – это умение понимать и выражать мысли в графической форме. Инженерно-графическая компетентность – это совокупность знаний студента о месте и роли графических объектов в инженерной деятельности, умение применять современные технические средства: выполнять чертежи и модели с использованием наиболее распространённых компьютерных программ.

Появление новых программных средств (электронные каталоги оборудования, интерактивные справочные базы, электронные библиотеки ГОСТов) значительно упростило и подняло на более высокий уровень выполнение чертежей, рабочей документации и проектных работ в целом.

На базе кафедры имеются 2 компьютерных класса, оснащенных графической программой «КОМПАС-3D». Внедрение в практику образовательных услуг современных компьютерных и информационных технологий, использование возможностей ресурсов интернета позволяет расширить диапазон инструментов, используемых студентами в процессе самостоятельной работы.

Все преподаватели кафедры механики и компьютерной графики читают лекции и ведут практические занятия с применением мультимедийной техники и используют в работе современные инновационные методы обучения. Методическое обеспечение студентов ИГХТУ по графическим дисциплинам находится на достаточно высоком уровне. За последние три года издано 3 учебных пособия по начертательной геометрии и инженерной графике. На сайте кафедре в настоящее время находятся в свободном доступе для студентов 12 учебно-методических пособий по графическим дисциплинам. Это позволяет студентам осваивать начертательную геометрию и инженерную графику более успешно и продуктивно.

Преподаватели кафедры создают все условия для формирования творческих качеств у студентов. Каждый год студенты принимают активное участие в студенческих научно-технических конференциях и предметных олимпиадах.

Систематизация изложения учебного материала имеет огромное значение для усвоения знаний обучаемыми. Чем стройнее, развиваясь от простого к сложному, идет построение дисциплины, тем четче прослеживается логика ее рассуждения, и тем качественнее она ус-

ваивается. Очень важен такой подход при рассмотрении первого раздела инженерной графики – начертательной геометрии. Ведь достижение основной цели ее изучения – овладение методом ортогонального проецирования – опирается на образное представление выполняемых по методу действий, т.е. мысленном пространственном их моделировании.

При изучении начертательной геометрии решается несколько основных учебно-инженерных задач:

- усвоение понятий начертательной геометрии и создание графической базы данных изображений геометрических элементов;
- усвоение способов и правил построения изображений пространственных форм на плоскости;
- развитие навыков создания пространственных образов предметов на основе логического анализа их изображений, т.е. развитие пространственного мышления;
- усвоение способов и алгоритмов графических действий для решения различных практических метрических и позиционных задач на плоскости;
- получение навыков применения методов и понятий начертательной геометрии в решении задач геометрического конструирования в практике автоматизированного выполнения чертежей и инженерного компьютерного трехмерного моделирования.

Одним из важнейших элементов учебного процесса является контроль уровня знаний студентов, от правильной организации которого во многом зависит эффективность обучения. В настоящее время используются такие формы контроля, как опросы, контрольные и курсовые работы, домашние задания, письменные и устные экзамены.

Для проведения текущего контроля знаний по дисциплине «Инженерная и компьютерная графика» после каждой изученной темы рекомендуется использовать тестовые задания, при выполнении которых необходимо выбрать один или несколько правильных из перечисленных вариантов ответов. Специфика данной учебной дисциплины заключается в том, что студенты должны получить навыки графических построений.

На основании данных тематического контроля преподаватель принимает решение о необходимости дополнительной отработки данной темы, если результаты контроля неудовлетворительны, либо переходит к изучению следующей темы, если результаты контроля говорят о хорошей подготовке студентов. Например, успешное прохождение текущего контроля по инженерной графике по теме «Виды» дает возможность проанализировать результаты и перейти к теме «Простые разрезы, сечение».

Объективность тестовых оценок трудно поставить под сомнение. В процессе их получения практически исключены все моменты, порождающие субъективизм и несравнимость, характерные для оценок, выставленных традиционным путем.

Цель итогового контроля – оценка работы студентов после прохождения всего учебного курса.

Эффективность данной системы контроля и оценка хода результативности обучения необходимы для того, чтобы обоснованно сделать вывод о том, насколько полно реализованы цели обучения, и своевременно вносить необходимые коррективы, стимулирующие студентов к успешному овладению данной темой и дисциплиной в целом. Применение такой системы тестового контроля позволяет объективно оценить уровень знаний и является рациональным дополнением к другим методам проверки знаний, а также обеспечивает повышение эффективности учебного процесса по графическим дисциплинам.

**А. Б. Колобов**

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

## **РАЗРАБОТКА УЧЕБНОГО ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ПО ВИБРОДИАГНОСТИКЕ**

В связи с тем, что в учебных планах подготовки бакалавров беспрецедентно мало производственно-технологической практики, актуальным является формирование практических навыков обучаемых, ориентированных на современные технологии вибродиагностики.

Работа посвящена созданию методической и технической базы учебного программно-технического комплекса по вибродиагностике (УПТК ВД) на основе:

– программно-технических средств (ПТК), включающих виброизмерительные приборы виброметр VD-200М (разработка ИГЭУ) и виброанализатор «АГАТ» (разработка ООО «Диамех 2000»), и программных средств – программа организации вибромониторинга «TechCard+» (ИГЭУ) и программа обработки и анализа информации «АГАТ-Протокол» (ООО «Диамех 2000»);

– базы диагностируемых энергомеханических роторных машин газифицированной котельной ИГЭУ, представляющих учебно-практический полигон.

Обучающий эффект от использования УПТК ВД должен заключаться в приобретении практических навыков и умений в следующих областях:

– измерение и анализ параметров вибрации роторных машин;

– оценка технического состояния по нормативной базе вибрации (ГОСТ, руководящие документы, технические регламенты и др.);

– диагностика распространенных дефектов роторных машин и прогнозирование работоспособности.

Методология УПТК ВД предполагает поэтапное освоение основных задач вибродиагностики:

– процесса вибромониторинга по технологии «off-line» контроля с использованием переносных измерительных средств (виброметров), включающего в себя: классификацию диагностируемых машин, разработку маршрутных карт с выделением реперных точек контроля, выбор нормативной базы оценки вибрации и прогнозирование состояния по трендам вибропараметров с оценкой остаточного ресурса. Данная задача решается с использованием программной системы ведения базы данных и вибромониторинга «TechCard+»;

– процесса диагностики основных дефектов роторных машин с оценкой глубины их развития, решаемая на основе исходной информации в виде дампов вибрации, прямых спектров и спектров огибающей вибрации, предоставляемой программой «АГАТ-Протокол» и разработанных в ИГЭУ методик диагностирования.

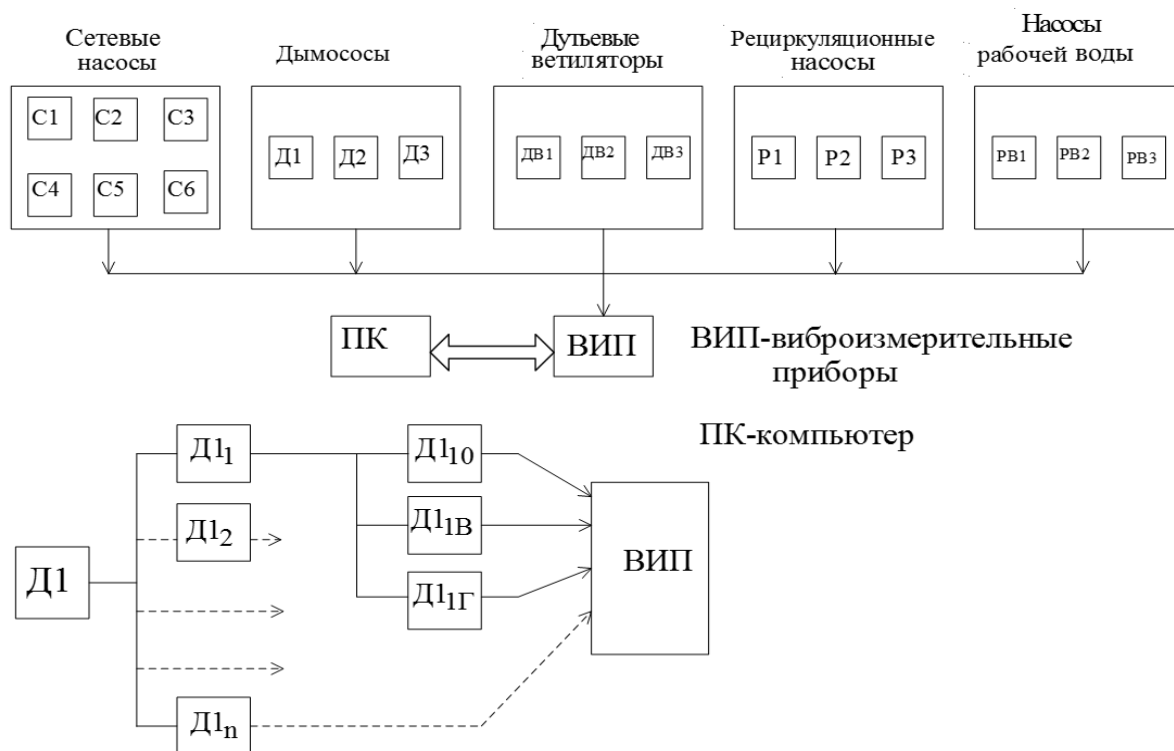
Реализованная технология «off-line» контроля в УПТК ВД представлена на рис. 1.

Иерархическая структура базы данных программы «TechCard+» предполагает деление всех роторных машин на технологические секции с указанием характеристик машин и маршрутной карты (графический эскиз или фото агрегата) с реперными точками контроля, которая может быть создана в форматах gif, tee, jpg, jpeg, bmp, emf, wmf.

С помощью программы «TechCard+» решается задача вибромониторинга по общему уровню вибрации, принимается решение о выполнении и объеме задач диагностики. Информационную поддержку решения этих задач обеспечивает программа «АГАТ-Протокол», являющаяся средством программной поддержки виброанализатора «АГАТ», и обеспечивающая обмен данными между компьютером и прибором. «АГАТ-Протокол» имеет возможности:



- просмотра дамба, частотного спектра и спектра огибающей;
- создания протоколов измерений и отчетной документации;
- дополнительного анализа: выделения ударных импульсов, расчета корреляционных функций и т.п.



**Рис. 1.** Технология «off-line» контроля в УПТК ВД

Для выработки навыков логического анализа, способности устанавливать причинно-следственные связи при постановке диагноза процесс диагностирования проводится обучаемыми не в автоматическом режиме, а на основе методик и алгоритмов. Технология постановки диагноза предполагает:

- визуальный количественный и качественный анализ дампов и спектров вибрации;
- количественный и качественный анализ зависимости общего уровня вибрации от режимов работы и нагрузки, анализ фазовых соотношений вибрации по направлениям измерения;
- контурных характеристик вибрации и трендов изменения параметров вибрации.

Для нестандартных случаев предусмотрена возможность углубленного анализа с использованием дополнительных методик, включающих статистический анализ, для чего предусмотрено сохранение информации в формате (.txt) для обработки в среде Mathcad.

В ходе выполнения работы обучаемые формируют отчет содержащий:

- маршрутную карту контроля машины с указанием в табличной форме результатов измерения в реперных точках;
- в табличном или графическом виде результаты нормирования с указанием видов технического состояния на момент контроля;
- результаты прогнозирования работоспособности на срок, задаваемый преподавателем;
- визуальную информацию (дампы, спектры и др.), основные количественные характеристики вибропараметров и их соотношений, которые были использованы для постановки диагноза.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Колобов, А.Б. Измерение и спектральный анализ вибрации для вибродиагностики: учеб. пособие / А.Б.Колобов; ГОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет им. В.И.Ленина». – Иваново, 2010. – 104 с.

2. Колобов, А.Б. Основы теории и практики вибродиагностики: учеб. пособие / А.Б.Колобов; Федеральное агентство по образованию; ФГОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет им. В.И.Ленина». – Иваново, 2014. – 248 с.

**Ю. С. Кондратьева, О. Р. Булат**

Военный институт (инженерно-технический) ФГКВОУ ВПО ВАМТО

### **ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЖАРООПАСНЫХ РАБОТ**

Производственному травматизму подвержена трудоспособная часть населения государства. Поэтому требования по обеспечению безопасности постоянно растут. Так, в соответствии с нормами Федерального закона РФ от 28 декабря 2013 г. N 426-ФЗ "О специальной оценке условий труда" с 01 января 2014 года вводится специальная оценка условий труда (СОУТ) – единый комплекс последовательно выполняемых мероприятий по:

- идентификации потенциально вредных и (или) опасных факторов производственной среды и трудового процесса;
- оценке уровня воздействия идентифицированных опасных факторов.

Нововведения направлены на обеспечение безопасности профессиональной деятельности, в том числе, в области обеспечения пожарной безопасности и детерминировали изменения в Едином квалификационном справочнике должностей руководителей, специалистов, служащих и в Квалификационном справочнике должностей руководителей, специалистов и других служащих (Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 12 февраля 2014 г. N 96). Вместе с тем пожароопасные работы, сопровождаемые неблагоприятным воздействием на человека производственными факторами, являются электросварочные и газопламенные работы. Поэтому проведение электросварочных и газопламенных работ относится к работам с повышенным уровнем опасности и травматизма.

Так, например, при сварочных работах воздушная среда производственных помещений при указанных способах обработки металлов может загрязняться сварочным аэрозолем, в составе которого возможно наличие окислов металлов (железа, марганца, хрома, ванадия, вольфрама, алюминия, титана, цинка, меди, никеля и др.), газообразных фтористых соединений, а также окиси углерода, окислов азота и озона. Наличие в сварочном аэрозоле перечисленных выше веществ может привести к возникновению у сварщиков профессиональных интоксикаций и пневмокониоза, характер развития и тяжесть течения которых зависят от химического состава, концентрации и длительности воздействия сварочных аэрозолей. То есть налицо наличие следующих вредных факторов:

- использование тарированных вольфрамовых электродов при сварке в среде защитных газов потенциально может быть связано с выделением в воздух производственных помещений тория и продуктов его распада;
- при эксплуатации электронно-лучевых установок опасность для здоровья работающих может представлять высокое напряжение тока. Потенциальная опасность воздействия мягкого рентгеновского излучения, возникающего при торможении электродов на аноде, в связи с надежной защитой, невелика;

– лица, обслуживающие плазменные установки, могут подвергаться воздействию тяжелых аэроионов различной полярности, интенсивного высокочастотного шума в комбинации с ультразвуком, повышенной ультрафиолетовой и инфракрасной радиацией. Повышенная яркость дуги наблюдается при сварке в среде защитных газов. При воздействии на органы зрения ультрафиолетовой и инфракрасной радиации дуги и плазмы возможно возникновение электроофтальмии и катаракты;

– при электрической контактной сварке давлением, помимо загрязнения воздушной среды сварочным аэрозолем, наблюдается образование переменных магнитных полей рассеивания, интенсивного шума, искр и брызг расплавленного металла.

Кроме того, отрицательное воздействие на здоровье лиц, выполняющих работы со сварочным и газорезательным оборудованием, основных факторов, свойственных тому или иному виду сварки, может сочетаться с влиянием других, сопутствующих технологическому процессу факторов производственной среды: микроклиматические условия, повышенная температура поверхностей оборудования, материалов, воздуха рабочей зоны; опасный уровень напряжения в электрической цепи и возможность замыкания и попадания тела человека в электрическую цепь; повышенная яркость света; повышенный уровень ультрафиолетовой радиации; искры, брызги и выбросы расплавленного металла; перемещение изделий, заготовок, материалов; давление в системах и их взрывоопасность; выполнение работ на высоте и внутри сосудов; шум, вибрация и т.д.

Вместе с тем, ключевая роль в избавлении общества от какой-либо болезни принадлежит созданию условий, при которых это заболевание невозможно, то есть - профилактике. Профилактика производственного травматизма - практически единственный эффективный метод борьбы с ним. Он базируется на выполнении совокупности экономических, организационных, правовых и других мероприятий, направленных на обеспечение безопасности профессиональной деятельности.

Поэтому с целью исключения возможности несчастных случаев при проведении работ важно точное и безусловное соблюдение правил охраны труда и требований безопасности. Основным методом профилактики производственного травматизма является применение системы мер безопасности, целями которой являются:

- создание техники, исключающей опасность для человека;
- разработка средств защиты человека от опасности в процессе труда;
- организация безопасных условий работы.

Однако главным виновником несчастных случаев на производстве чаще всего является сам работающий человек - именно он нарушает требования безопасности. Вина человека констатируется в 60-90% несчастных случаев. К психологическим причинам бездействия инстинкта самосохранения у психически нормальных людей относят:

– расширение диапазона (с эволюционной точки зрения) воздействий человека на окружающий мир обуславливает адекватную ответную реакцию внешнего мира. Развитие техники приводит к росту опасности, опережающему совершенствованию психофизиологических способностей человека к противодействию этой опасности. Так, например, с каждым годом при отрывке траншеи возрастает вероятность наткнуться ковшом экскаватора на отсутствующий в чертежах электрокабель;

– рост цены ошибки. Значительное снижение вероятности ошибки человека за счёт совершенствования технических средств притупляет его предвидение возможных последствий своих действий. Так, например, стояночный тормоз автомобиля – несомненный прогресс техники, но бесспорно и то, что отсутствие «каблука» при разгрузке строиматериалов из «полуторки» сороковых годов и из современной «фуры» может поспособствовать совершенно различному ущербу.

– адаптация человека к опасности. Привыкание к опасности (особенно пользуясь благами техники) зачастую приводит к забыванию правил или сознательному (например, ради выгоды во времени) пренебрежению ими. Так, например, ограничение страховкой свобо-

ды действий работника, находящегося в «люльке» на сравнительно («ну не девятый же этаж!») небольшой высоте, подвергает его соблазну пойти на сознательный риск и создать предпосылку ущерба своему здоровью.

Кроме того, нарушения требований безопасности провоцируются и другими факторами. Так, например, на действия работников существенное влияние оказывают их временные психофизиологические и эмоциональные состояния. Бесспорно, что подверженность несчастным случаям повышается с ухудшением состояния здоровья работающих. О влиянии утомления на подверженность несчастным случаям хорошо сказал Б. Мессиио ещё 80 лет назад: «несчастный случай, вызванный усталостью, отличается не большей случайностью, чем случай тифозной горячки, вызванный питьём плохой воды».

Значительное влияние оказывает и стрессовые факторы. Сам стресс (по Г. Селье) положительно (мобилизуя) влияет на трудовую деятельность до тех пор, пока он не превысил своего критического уровня. При превышении критического уровня стресса происходит нарушение саморегуляции организма. В таком состоянии понижается точность движений, неверно оцениваются сигналы окружающей среды, нарушается контроль за процессом труда.

Повышают вероятность возникновения несчастных случаев: неопределённость роли работника, когда ему не ясен круг обязанностей и критерии оценки труда; его недооценка, неполное использование его способностей; его перегрузка сложностью или количеством заданий; недостатки в обеспечении инструментом, материалами и документацией; монотонность деятельности, отсутствие возможностей для проявления творчества работника; длительное выполнение сложных сенсомоторных задач, характеризующихся высокой ценой ошибки; приближение особо опасного этапа работы и др.

Наряду с перечисленными факторами, на подверженность работников несчастным случаям значительное влияние имеют социально-психологические предпосылки травматизма. Например, конфликтные ситуации, способствуя подавленному настроению и другим негативным последствиям, могут помешать работникам правильно отреагировать на аварийную ситуацию. Под воздействием обиды даже самый спокойный и типологически не предрасположенный к травматизму человек зачастую выходит из себя и своими недостаточно осмысленными действиями обуславливает возникновение травмоопасной ситуации.

Поэтому оптимизация межличностных отношений, развитие навыков эффективного общения, формирование атмосферы взаимопонимания в коллективе – важнейшие задачи руководителя в рамках профилактики производственного травматизма.

Вместе с тем, современные способности человека противостоять опасности – результат его индивидуального состояния. Наиболее важными психофизиологическими факторами называют: качество процессов восприятия; способности к вниманию; уровень координации (сенсомоторной); особенности темперамента. Это подчёркивает особую роль профессионального отбора и подбора кадров для каждого конкретного вида деятельности на производстве.

Значительные возможности в нейтрализации социально-психологических предпосылок травматизма кроются в разумном использовании системы поощрений и взысканий. При её обосновании важно корректно учитывать элемент случайности, то есть судить не по фактам получения травм, а по случаям нарушения требований безопасности при выполнении работ. Неоднократное нарушение правил не всегда приводит к травме, а значит, способствует нарушениям в дальнейшем. Определение степени вины должно способствовать осознанию работником ответственности за любое неправомерное действие.

Повысить заинтересованность работников в соблюдении правил безопасного ведения работ возможно поощрением фактического отсутствия нарушений требований безопасности, а не безаварийного выполнения обязанностей. Такая система стимулирования, опираясь на экономию денежных средств от непредвиденных расходов, способна побуждать к соблюдению правил и повышать безопасность труда.

Таким образом, система обеспечения безопасности как важнейшего способа профилактики производственного травматизма при проведении электросварочных и газопламенных работ должна базироваться на:

- сформированности у обучающихся и должностных лиц компетенций в области обеспечения безопасности при подготовке и проведении электросварочных и газопламенных работ;
- разработке и применении технологии управления персоналом организации, направленной на развитие потребностей работников в обеспечении безопасности электросварочных и газопламенных работ и базирующейся на выполнении совокупности экономических, организационных, правовых и других методах.

*Д. В. Конорев, Д. П. Некрасов*  
(ФГБОУ ВО «Воронежский институт ГПС МЧС России»)

### **НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ДОЛГА У КУРСАНТОВ ВУЗОВ МЧС РОССИИ**

Процессы, происходящие сегодня в стране и за рубежом, предполагают ориентацию на проведение широкомасштабных спасательных и гуманитарных операций в сложных и опасных ситуациях. Это неизбежно требует от сотрудников МЧС России проявления таких важных духовных ценностей как служение Отечеству и верность профессиональному долгу.

Одним из важнейших факторов совершенствования процесса формирования профессионального долга у курсантов является обеспечение органического единства процесса обучения и воспитания в вузах МЧС. Это единство обуславливается целевой установкой высшей школы МЧС, которая призвана готовить кадры с высокой профессиональной подготовкой и морально-нравственными качествами. Формирование и развитие необходимых будущему сотруднику МЧС качеств профессионального долга обеспечиваются достижением единства профессионального обучения и профессионального воспитания. Организованное обучение и воспитание всегда оказывают воздействие друг на друга и способствуют повышению эффективности процесса формирования профессионального долга в вузах МЧС [1].

На процесс формирования профессионального долга у курсантов оказывают высокая организация учебного процесса, умелое использование различных форм, методов и средств обучения и воспитания. Четкий ритм и слаженность учебного процесса вырабатывают у курсантов организованность, собранность, способствуют пониманию необходимости формирования качеств профессионального долга [2].

Целенаправленное формирование качеств профессионального долга у курсантов, прежде всего таких как профессиональная ответственность, дисциплинированность и организованность, профессиональная гордость и др., происходит в процессе осуществления ими служебной деятельности, а также хорошо спланированной и организованной внеучебной деятельности курсантов. Эта воспитательная возможность используется с наибольшим эффектом, если осуществляется тщательная подготовка курсантов к данным видам деятельности, если организован контроль за поведением обучающихся, а по окончании делается поучительный разбор их действий.

Достаточно высокая напряженность учебного процесса, приближение условий организации занятий в вузе к будущей практической деятельности сотрудников МЧС, постоянная требовательность преподавателей и командиров (начальников) способствуют формированию у курсантов качеств профессионального долга.

Процесс формирования профессионального долга у курсантов находится в прямой зависимости от связи педагогического процесса в вузе МЧС с жизнью и деятельностью подразделений МЧС. Формы этой связи разнообразны: повышение квалификации, курсы переподготовки у преподавателей, стажировки и практики курсантов в подразделениях МЧС, их участие в командно-штабных и спасательных учениях; выступления представителей подразделений МЧС в вузах; изучение отзывов на выпускников, окончивших ведомственные вузы и др. [1].

Результативность процесса формирования профессионального долга в процессе обучения и воспитания усиливается, если связь с жизнью подразделений МЧС непрерывна. Поэтому каждая лекция, каждое занятие по всем изученным дисциплинам должны быть тесно связаны с будущей профессиональной деятельностью в структурах МЧС. Практика показывает, что сильное воспитательное воздействие оказывает на курсантов анализ действий подразделений МЧС в чрезвычайных ситуациях, примеров из профессиональной деятельности выпускников вузов МЧС и др.

На процесс формирования профессионального долга у курсантов в вузе МЧС большое влияние оказывает личность преподавателя, его знания, отношение к выполнению своего профессионального долга, моральная чистота, единство слова и дела, высокий профессионализм и авторитет, строгая требовательность к себе, педагогическая культура и методическое мастерство [3].

При организации работы по формированию профессионального долга необходимо побуждать курсантов к положительному эмоциональному отношению к поступкам и действиям людей, посвятивших себя служению делу спасения, стремление подражать героям спасательных операций, к самосовершенствованию профессиональных качеств. Суть предлагаемого подхода состоит в данном случае в том, чтобы побуждать курсантов к сознательному анализу собственной гражданской позиции, ее корректировке на основе требований профессиональной деятельности. Процесс обучения и воспитания в вузе МЧС при умелой организации формирует чувства долга, патриотизма, коллективизма, дисциплинированности, ответственности, вызывает интерес к фактам, событиям, связанными со спасательной службой [4].

По своему содержанию учебные дисциплины социально-гуманитарного и профессионального цикла выполняют задачу формирования профессионального долга, а кафедры вузов МЧС призваны способствовать наиболее полной реализации педагогического потенциала учебных дисциплин в процессе их преподавания. Различные учебные дисциплины в зависимости от своего предмета, места в системе социально-гуманитарных или профессиональных дисциплин обладают специфическими методами и средствами воздействия на процесс воспитания курсантов, на формирование у них качеств профессионального долга [5].

Полнота и глубина реализации образовательных и воспитательных возможностей по формированию профессионального долга у курсантов в процессе преподавания и изучения гуманитарных и профессиональных дисциплин обеспечиваются:

- преднамеренным выбором содержания учебного материала, являющегося по своему характеру преимущественно мировоззренческим, логически стройным, последовательным, глубоким и аргументированным, связанным с практикой;
- направленностью всего учебного материала на решение конкретных задач формирования профессионального долга у курсантов в вузах МЧС;
- профессиональной направленностью процесса обучения, использованием фактов из области, непосредственно связанной с настоящей или будущей деятельностью курсанта;
- учетом психологических закономерностей овладения знаниями, умениями и навыками целостного формирования личности и др.

Таким образом, эффективность процесса формирования профессионального долга у курсантов в вузах МЧС России во многом будет определяться учетом тех особенностей, которые характерны системе МЧС и должны учитываться начальниками, командирами, профессорско-преподавательским составом при организации данной работы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Давыдов В.П.* Воспитание курсантов (слушателей) высших военных учебных заведений в процессе обучения / В.П. Давыдов. - М., 1975.- 135 с.
2. *Веригин А.Б.* Нравственный долг, права и обязанности человека как социальные регуляторы общественных отношений: социально-философский анализ: автореф. дис. ... канд. филос. Наук / А.Б. Веригин. - Краснодар. ун-т МВД России, 2012. - 24 с.
3. *Иванов Н.Г.* Воспитание профессионального долга у слушателей военно-медицинских вузов: автореф. дис. ... канд. пед. Наук / Н.Г. Иванов. - М.: Военный университет, 2005. - 24 с.
4. *Лавров А.М.* Развитие профессионального долга обучающихся военного вуза формами социального воспитания: автореф. дисс. ... канд. пед. Наук / А.М. Лавров. - М., 2013. - 24 с.;
5. *Биушкин Г.И.* Воспитание нравственной ответственности подростка: на основе идей В.А. Сухомлинского: автореф. дис. ... канд. пед. Наук / Г.И. Биушкин. - Оренбург, 2007. - 24 с.

***В. Н. Копосов***

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

#### **ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИЙ ИЗДЕЛИЙ В СРЕДЕ CAE/CAD/CAM-СИСТЕМЫ T-FLEX**

На современных машиностроительных предприятиях для подготовки производства используются автоматизированные интегрированные CAE/CAD/CAPP/CAM-системы. CAE-системы предназначены для выполнения инженерных расчетов и анализа. В среде CAD-систем создаются 2D-чертежи и 3D-модели деталей и сборочных единиц. С помощью CAPP-систем разрабатываются технологические процессы обработки деталей и сборки изделий. CAM-системы позволяют автоматизировать разработку управляющих программ для станков с числовым программным управлением (ЧПУ). Дополнительно в интегрированную систему включаются PDM-системы автоматизированного документооборота и PLM-системы поддержки жизненного цикла изделия.

В настоящее время известны различные системы автоматизированного проектирования.: Компас, T-FLEX, AutoCAD и др. Система T-FLEX (разработка фирмы «Топ-Системы», г. Москва), выполняя CAD-функции, включает в себя также подсистему расчета и экспресс-анализа конструкций изделий, выполняющую CAE-функции, и подсистему разработки управляющих программ для станков с ЧПУ, выполняющую CAM-функции.

Подсистема расчета и экспресс-анализа системы T-FLEX, построенная на основе использования метода конечных элементов, позволяет осуществлять конечно-элементный расчет и экспресс-анализ конструкции проектируемого изделия. При необходимости можно выполнить и динамический анализ конструкции. Эти возможности системы позволяют в ходе разработки изделия выполнить оптимизацию его структуры и параметров.

Для оптимизации структуры и параметров любого объекта (изделия, технологического процесса и т.д.) необходимо разработать (иметь) его математическую модель, которая должна включать в себя следующие элементы (составляющие):

- критерий (критерии) оптимизации;
- целевую функцию;
- систему ограничений;
- уравнения, описывающие объект;
- входные, выходные, внутренние параметры;
- управляемые (варьируемые) параметры.

Применительно к оптимизации структуры и параметров изделий, выполняемой в среде T-FLEX, математическая модель изделия будет включать в себя следующие составляющие:

- критерий – масса материала (М) на изготовление изделия (зная стоимость единицы массы материала в рублях, далее при необходимости легко рассчитать стоимость материала, идущего на изготовление изделия, которая является составляющей его себестоимости);

- целевую функцию  $M \rightarrow \min$ ;

- систему ограничений, включающую в себя предельные габаритные размеры изделия, предельные значения эквивалентных напряжений, возникающих в изделии, предельное значение коэффициента запаса прочности, предельные величины деформации изделия и др. (состав системы ограничений зависит от условий решаемой задачи);

- входные параметры – это параметры, остающиеся неизменными при решении задачи (например, температура окружающей изделие среды, число «пи» и др.);

- внутренние параметры – это параметры, определяющие внутреннее построение изделия (материал, размеры и др.), его структуру (например, количество и вид опорных элементов изделия);

- выходные параметры – это параметры, вычисляемые в ходе решения задачи (объем изделия, моменты инерции изделия относительно выбранных осей координат и др.);

- управляемые (варьируемые) параметры, которые выделяются из числа внутренних (при выделении одного параметра задача оптимизации сводится к поиску его оптимального значения, двух параметров – поиску оптимальных значений каждого из них и т.д.).

Задача оптимизации конструкции изделия в целом является задачей структурно-параметрической оптимизации. Такие задачи проще и надежнее всего решаются методом перебора альтернативных вариантов. Если не создавать отдельного специального программного модуля структурно-параметрической оптимизации и не интегрировать его с системой T-FLEX, а воспользоваться имеющимися возможностями этой системы, то для конструктора метод перебора вариантов, совмещенный с его опытом и интуицией, будет наиболее целесообразным. Кажущийся примитивным, этот метод на практике показал свою эффективность.

Конструктор средствами системы T-FLEX разрабатывает базовую 3D-модель проектируемого изделия. Далее, варьируя структурой и параметрами проектируемого изделия, он производит при необходимости очень быстрое перестроение его 3D-модели. Конструктор учитывает или вычисляет средствами системы T-FLEX предельные значения ограничений для сравниваемых вариантов конструкции изделия (некоторые расчеты сопровождаются построением 3D-эпюр). Вычисления значений массы альтернативных вариантов изделия посредством системы осуществляются практически мгновенно. В итоге за небольшой временной период конструктор приходит к относительно оптимальной конструкции изделия.

Такой подход к структурно-параметрической оптимизации изделий в рамках изучения студентами дисциплины «САПР изделий в машиностроении» на кафедре «Технология машиностроения» ФГБОУВО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина» был неоднократно апробирован и показал хорошие результаты. И это несмотря на небольшой конструкторский опыт студентов.



При конструировании изделий опытными конструкторами в условиях реальных конструкторских бюро и машиностроительных предприятий применение системы T-FLEX в этом направлении позволит создавать конкурентоспособные изделия.

*М. П. Королева, Л. Н. Аксаковская*  
(ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина»)

## **О НЕКОТОРЫХ ПРОБЛЕМАХ ПРЕПОДАВАНИЯ МАТЕМАТИКИ В ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЯХ**

Одной из основных целей высшего образования является подготовка квалифицированных специалистов, способных к самостоятельному, нестандартному решению возникающих в процессе трудовой деятельности задач. Однако выполнение этого требования невозможно без формирования инженерного мышления, позволяющего строить математические модели различных ситуаций. Умение строить и исследовать такие модели дает возможность находить оптимальные решения многих задач, возникающих в процессе изучения общетехнических и специальных дисциплин, а также способствует успешному осуществлению будущей профессиональной деятельности.

Целью освоения дисциплины «Математика» в высшем учебном заведении должно стать достижение следующих результатов обучения:

- **знания:**

- *на уровне представлений:* место и роль общего курса и специальных глав математики в изучении естественнонаучных и специальных дисциплин;
- *на уровне воспроизведения:* основные понятия, определения и формулы математики, формулировки базовых теорем, основные математические свойства изучаемых объектов;
- *на уровне понимания:* важность корректной постановки задачи, выбора оптимального пути решения поставленной задачи, механизма работы формул и необходимости предоставления адекватных решений поставленных задач.

- **умения:**

- *теоретические:* корректный выбор математического аппарата для решения конкретных практических задач, проверка условий применения выбранных методов решения, правильная интерпретация полученных результатов;
- *практические:* работа с математической литературой, в том числе со справочными электронными ресурсами, построения и применения математических моделей, возникающих в инженерной практике, и проведения расчетов по таким моделям с использованием необходимого математического аппарата и прикладного программного обеспечения.

- **навыки:**

- выполнять математические расчеты, графическую иллюстрацию и интерпретацию полученных результатов, в том числе с помощью систем компьютерной математики.

В сложившейся ситуации от современного высшего учебного заведения требуется внедрение новых подходов к обучению, обеспечивающих наряду с его фундаментальностью и соблюдением требований государственных образовательных стандартов, развитие коммуникативных, творческих и профессиональных компетенций.

Однако, как известно, в последнее время в технических вузах наблюдается тенденция сокращения количества часов, выделяемых на математику, а также все более углубляющийся разрыв между уровнем математических знаний выпускников школ и требованиями, предъявляемыми преподавателями вузов.

Уменьшение количества часов, выделяемых на математику, происходит в тот момент, когда для этого нет необходимых условий: для самостоятельной работы нет методического обеспечения; нет достаточных базовых знаний по математике у выпускников школ; школьники, а значит и студенты первого курса не приучены работать самостоятельно.

В учебный процесс необходимо внедрять учебно-методические комплексы по высшей математике, содержащие тексты лекций и задания для практических занятий, а также задачи для самостоятельного решения и разнообразные материалы для самообразования и самоконтроля, творческие задания. В эти учебные комплексы могут войти специальные рабочие тетради для самостоятельного обучения, которые могут распространяться электронным образом. Более того, к разработке таких пособий можно привлекать и самих студентов. Благодаря таким методическим комплексам лекция может превратиться в активный диалог преподавателя со студентами, позволит направлять самостоятельную работу в нужном русле. Лектор может рекомендовать и обычную учебную литературу.

Повышению эффективности обучения способствует индивидуальный подход к студентам. В начале первого курса студентам можно предложить математический тест, включающий вопросы по разным разделам школьной математики. По результатам теста определяется уровень подготовки студентов, выявляются пробелы и направления индивидуальной работы с каждым студентом и отдельными группами. На вводной лекции студенты знакомятся со структурой курса. Весь материал разделяется на блоки. Изучение каждого блока осуществляется определенной группой студентов, которые в дальнейшем объясняют его остальным студентам, используя активные формы обучения и осуществляя дальнейший контроль качества усвоения материала. Некоторые из студентов достаточно быстро овладевают новым материалом и в состоянии решать более сложные задачи, другим требуется более длительный промежуток времени. Таким студентам необходимо решать больше базовых задач, так как быстрый переход к более сложным задачам приведет у них к потере интереса к самостоятельному творчеству. Решить проблему индивидуального подхода помогают домашние самостоятельные работы. Каждый студент должен решить такое количество задач базового уровня, которое обеспечит ему качественные знания в дальнейшем.

На занятиях необходимо создавать доброжелательную обстановку и стремиться, чтобы студент не по принуждению, а по собственному желанию начал решать поставленную задачу. Задача должна быть четко сформулирована и показаны возможности, которые могут открыться при решении этой задачи. Желательно довести до студентов, где в дальнейшем им потребуются знания того или иного раздела математики. Например, при изучении темы «Дифференциальное исчисление» указать, что производная – одно из важнейших понятий математики, которое используется практически в любой технической дисциплине, при изучении дифференциальных уравнений привести примеры физических и геометрических задач, которые сводятся к составлению и решению таких уравнений и т.д.

Отметим, что будущий инженер должен обладать информационной культурой и знаниями в области применения средств новых информационных технологий в своей будущей профессиональной деятельности. Поэтому на современном уровне развития общества студентов нужно обучать, используя не только традиционные методы. Компьютерные математические системы являются идеальным средством для предоставления условий к поисковому процессу, поскольку приводят к расширению математической практики. Интенсивное совершенствование и появление новых компьютерных математических систем влечет за собой расширение сферы их применения в научных, инженерных исследованиях и в образовании. Необходимо проводить часть аудиторных занятий, контрольных мероприятий и самостоятельную работу студентов в компьютерных классах. Кафедра должна иметь комплекты заданий, решение которых требует от студента умения использовать компьютерную поддержку, составить простую программу, найти нужную информацию в интернете.

Прежде всего, занятия математикой развивают логическое мышление. Опыт, приобретаемый в процессе решения математических задач, способствует развитию навыков рационального мышления и способов выражения мысли, а так же интуиции – способности предвидеть результат и найти путь решения проблемы.

Таким образом, в процессе изучения высшей математики у студентов должно развиваться логическое мышление, приобретаться такие навыки мыслительной деятельности, как умение анализировать, абстрагировать, схематизировать, вычленять частные случаи. Такой результат может быть получен, если в учебном процессе при использовании современных методов обучения для интенсификации познавательной активности применяются перечисленные выше методы.

*Н. А. Кропотова, А. А. Покровский*

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

### **АКТИВИЗАЦИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ**

Сущность новых требований к подготовке кадров состоит в создании условий для осуществления последующей эффективной профессиональной деятельности в условиях быстрого изменения содержания труда и необходимости эффективного обновления прикладных знаний. В настоящее время в высшем образовании наметилась устойчивая тенденция нацеленности обучающегося (будь то курсант или студент) на самостоятельную работу. Причин, вызвавших необходимость перенесения акцентов в образовании с информационных форм и методов обучения на развивающие, превращающие обучающегося из пассивного слушателя в активно думающего участника воспитательно-образовательного процесса, много. Это и потребность общества в инициативных, грамотных специалистах; и возросший поток информации, которую надо уметь перерабатывать и использовать; и быстрое развитие техники, которое требует постоянного послевузовского обучения [1]. Для разрешения этих причин необходимо изменить подходы к организации самостоятельной работы обучающихся с тем, чтобы повысить качество обучения, развить творческие способности, стремление обучающихся к непрерывному приобретению новых знаний. Основная стратегия должна состоять в создании психолого-дидактических условий, порождения интеллектуальной инициативы и активизации мышления обучающихся в процессе их самостоятельной работы.

Следствием этого изучение путей повышения эффективности самостоятельной работы, ее активизации как одно из средств совершенствования самостоятельности и активности личности в процессе обучения на протяжении ряда лет является приоритетной областью исследований вузовской дидактики. Для обучающихся профессионально-ориентированных высших учебных заведений формирование самостоятельности и активности в процессе самостоятельной учебно-познавательной деятельности актуально еще и по следующим причинам:

1. Современная техника совершенствуется очень быстро, для ее эффективной эксплуатации, необходимо постоянное повышение квалификации. В связи с этим, в процессе обучения в высшей школе следует развивать и совершенствовать навыки самостоятельной деятельности, умение самостоятельно получать необходимые знания, стремление к повышению уровня знаний.

2. Условия жизни, специфика будущей профессиональной деятельности специалиста пожарной безопасности, необходимость получения и обработки большого потока информации, диктуют необходимость выработки умений и навыков самостоятельно, в короткий срок добывать и использовать знания. Это так же повышает роль самостоятельной работы в процессе обучения, развития и воспитания личности.

3. Большая часть кадровых служащих в силу специфики профессиональной деятельности, как правило, получают дополнительное образование либо проходят курсы переподготовки и повышения квалификации. Для того чтобы эта деятельность была успешной, в юношеском возрасте (возраст совпадает с годами обучения в ВУЗе) следует формировать самостоятельность мышления, познавательную активность, стремление к развитию творческого потенциала. Указанные качества личности формируются в процессе самостоятельной учебно-познавательной деятельности.

4. Наряду с базовым высшим образованием курсантам необходимо за тот же период времени получить профессиональное дополнительное образование (например, водолаз, водитель категории В, С, водитель водного судна, др.).

5. Обучающиеся ВУЗа, как правило, разносторонне развиты. Помимо главной образовательной деятельности, обучающиеся активно развиваются, совершенствуются в других видах деятельности, а именно участвуют в спортивных мероприятиях, интеллектуально-познавательных играх, театральных постановках, организация и поставка концертов и многое другое, подразумевает великое число пропусков аудиторных занятий по объективным причинам. Обучающийся вынужден самостоятельно ликвидировать образовавшиеся по этой причине пробелы в знаниях.

Развитие познавательной деятельности при организации самостоятельной работы обучающихся зависит от множества факторов, в том числе и от того, насколько наглядным и удобным для их восприятия является учебный материал, существует ли контроль проверки уровня усвоения самостоятельно изученного материала, и каково его качество?

Практика показала, что самостоятельную работу в ВУЗе нельзя чем-либо заменить, и она должна обязательно носить систематический и непрерывный характер в течение всего периода обучения. Поэтому разработка и внедрение в широкую практику воспитательно-образовательного процесса эффективных методик организации самостоятельной работы является для ВУЗов насущной необходимостью.

Актуальность данной тематики определяется исходя из:

- достаточной теоретической разработанностью проблемы комплексного использования информационных технологий в образовательном процессе и недостаточном использовании при организации самостоятельной работы курсантов и студентов;
- компетентностный подход к образовательному процессу (совершенствование и развитие способностей к самостоятельной работе обучающегося) для формирования которого уместно участие не только педагогов, но и психологов на этапе осознанности процесса обучения;
- практическая необходимость активизации и совершенствования самостоятельной работы курсантов.

Благодаря внедрению и апробации электронных курсов (электронные учебные пособия, электронные тесты, электронные практикумы) происходит корректировка уровня знаний. Не возникает вопроса у обучающегося, по какой книге готовиться к зачету, экзамену, семинару или практическому занятию. Условия, при которых самостоятельная работа курсантов значительно активизируется:

- теоретические знания и практические навыки по изучению дисциплины удается сконцентрировать в учебном курсе и закрепить в системе контроля электронного тестирования для самостоятельной работы курсанта;
- выработка умений и навыков в ходе изучения различных учебных тем будет осуществляться на основе широкого применения различных видов и форм самостоятельной работы с учетом последовательного достижения соответствующих уровней деятельности.

Ссылаясь на практические данные из опыта работы в ВУЗе следует отметить следующие изменения в образовательном процессе обучающихся:

а) изменились формы виды и методы обучения: используется чередование очного и дистанционного обучения (обучающийся выполняет задание преподавателя в соответствии с запланированным временем, отведенным в индивидуальном плане-графике);

б) электронный тестовый контроль как форма контроля усвоения учебного материала: появилась возможность провести самооценку усвоения пройденной темы в виде электронного теста с моментальной объективной оценкой результата, по мнению обучающихся, это мотивирует на повышение уровня знаний, прежде чем преподаватель оценит знания и умения, полученные при самостоятельном изучении;

в) внедрение новых средств контроля уровня знаний сопровождается развитием информационно-коммуникативным технологиям в образовательный процесс;

г) свободное планирование графика (тренировки, соревнования, командировки, участие на выставках, др. возможно без отрыва от образовательного процесса, а это в свою очередь создает условия для развития навыка самообразования как одного из интегративных качеств личности человека [2].

В результате у обучающегося появилась возможность выстраивать индивидуальный маршрут освоения учебного материала, формируется потребность в самообразовании, развивается готовность к непрерывному обучению и формированию профессиональных навыков и компетенций высококвалифицированного специалиста.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Абдалина, Л.В.* Основные характеристики инновационного потенциала личности современного специалиста. // Л.В. Абдалина. Вестник Воронежского государственного технического университета. -2013. -Т. 9. -№ 3-2. -С. 131-133.

2. *Жигулин, А.А.* Самоопределение как результат личностного развития человека. // А.А. Жигулин. Вектор науки Тольяттинского государственного университета. Серия: Педагогика, психология. -2012. -№ 2. - С. 117-119.

***Н. А. Кропотова***

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

#### **ОСУЩЕСТВЛЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ЧЕРЕЗ ЭЛЕКТРОННЫЙ КОНТРОЛЬ ЗНАНИЙ**

Быстрое развитие общества вызвало внедрение в образовательный процесс ВУЗов современных технических средств, выявило новые аспекты проблемы осуществления интерактивных и здоровьесберегающих или информационно-коммуникационных технологий, а также активизации самостоятельной работы. Главные особенности большинства из них состоят в том, что они базируются на основе широкого использования персональных компьютеров. Вопрос о целесообразности использования в образовательном процессе ВУЗов этих технических средств, существенно изменяющего интеллектуальную деятельность человека, средств неоднократно обсуждался в педагогической и психологической литературе. При этом практика реформирования высшего профессионального образования свидетельствует о том, что сегодня все сложнее становится с помощью традиционных средств выполнять все задачи по подготовке высококвалифицированных специалистов.

К сожалению, развитие и внедрение современных компьютерных и телекоммуникационных технологий происходит такими бурными темпами, что психолого-педагогическая наука не успевает полностью учитывать возможности и эффективность их использования [1]. Вместе с тем, такие технологии как Интернет уже прочно вошли в нашу жизнь и решения по его практическому использованию необходимо принимать уже сегодня [2]. Между тем использование современных информационно-коммуникационных технологий часто не имеет достаточного педагогического обоснования, и кроме того, недостаточно изучены негативные факторы использования этих технологий.

Применение электронного контроля на занятиях выявило следующие особенности:

- оценка знаний и умений обучающихся,
- развитие информационно-коммуникативной компетентности обучающегося,
- мотивация совершенствования знаний,
- коррекция познавательной сферы.

От того, как организован контроль, во многом зависят результаты обучения, сформированность основных ключевых компетенций обучающихся.

- форма контроля, требующая минимум объема письма;
- оперативная диагностика уровня усвоения учебного материала каждым обучающимся;
- объективность оценки, поставленной компьютером;
- статистика результатов обучения;
- возможность повторного прохождения тестового контроля, с целью ликвидации пробелов знаний.

В результате электронного контроля обучающийся получает оценку уровня изучения темы, что способствует мотивации его для коррекции времени, отводимого для самостоятельного изучения дисциплины, планирование консультаций, и т.д. Это позволило создать модель достижения успеха при организации самостоятельной работы обучающегося (рис. 1).

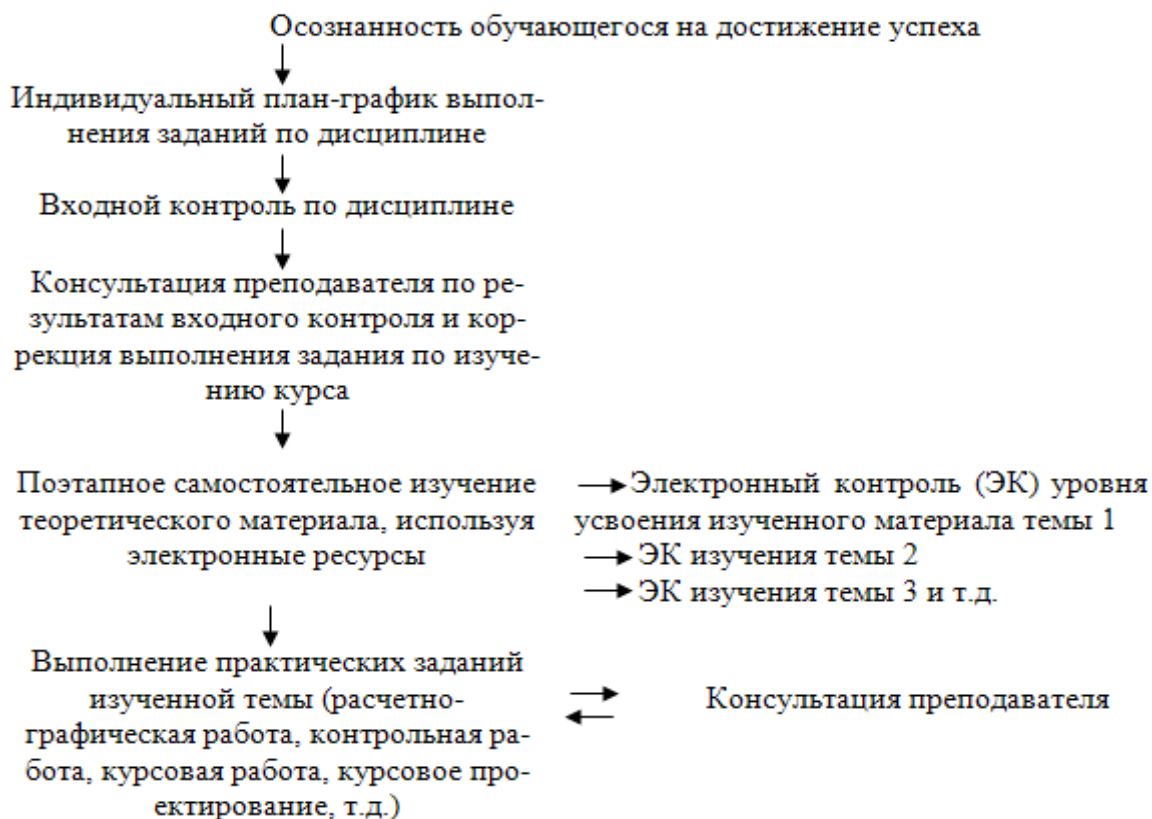


Рис. 1. Схема достижения успеха при организации самостоятельной работы обучающегося

Такая организация контроля позволяет оптимально и результативно реализовать все функции контроля: диагностическую, стимулирующую, контролирующую, обучающую, прогностическую, ориентирующую, воспитывающую, осуществление обратной связи.

Развивающая функция контроля состоит в стимулировании познавательной активности обучающихся, в развитии их творческих способностей. Контроль обладает исключительными возможностями в развитии обучающихся. В процессе контроля развиваются память, внимание, воображение, воля и мышление.

Контроль ориентирует обучающихся в их затруднениях и достижениях. Вскрывая пробелы, ошибки и недочеты, он указывает им направления приложения сил по совершенствованию знаний и умений. Электронный контроль помогает обучающемуся лучше узнать самого себя, оценить свои знания и возможности, вовремя обратиться к преподавателю за помощью, произвести корректировку собственного плана изучения данной дисциплины.

Воспитывающая функция контроля состоит в воспитании у обучающихся дисциплины, аккуратности, честности, ответственного отношения к учению.

Электронный контроль побуждает обучающихся осуществлять самоконтроль при выполнении заданий. Он является условием воспитания твердой воли, настойчивости, привычки к регулярному труду.

Формы электронного контроля при осуществлении самостоятельной подготовки направлены на включение в работу по изучению теоретического материала дисциплины.

Виды электронного контроля знаний:

1. Входной контроль служит необходимой предпосылкой для успешного планирования и руководства учебным процессом, используя интерактивные задания.

2. Текущий электронный контроль – основной вид проверки знаний, умений и навыков обучающихся, роль которого заключается в регулярном управлении учебной деятельностью обучающихся и уровень овладения обучающимися умениями самостоятельной работы.

При реализации электронного контроля знаний реализуются:

- интерактивные тесты (кэш-методы);
- различные интерактивные задания.

Электронный контроль повышает положительную мотивацию обучающихся к учению; активизирует познавательную деятельность; развивает мышление и творческие способности; формирует активную жизненную позицию в современном информационном обществе; способствует повышению эффективности обучения.

Таким образом, анализ отечественных и зарубежных исследований и практика показывает, что задача формирования высококвалифицированных специалистов и профессионально-личностной позиции будущих профессионалов не может быть в полной мере решена традиционными средствами, поэтому современное образование остро нуждается в новых информационно-коммуникативных технологиях.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Дьяченко, С.А. Модель развития самообразования студента в процессе обучения математическим дисциплинам. // Территория науки. / Воронеж. - 2015. - №5. - С. 20-25.
2. Слизова, С. В. Электронные учебники. Плюсы и минусы // Молодой ученый. - 2013. - №11. - С. 46-48.

*А. А. Кузьмин, Т. А. Кузьмина*  
(ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России»)

## АДАПТАЦИЯ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ПОЖАРОВ К ОСОБЕННОСТЯМ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА В ПОЖАРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ВУЗАХ МЧС РОССИИ

Изучение динамики пожара позволяет утверждать, что существует определенное воздействие на строительные конструкции помещения. Вышеозначенное в свою очередь характеризует пожар как явление многофакторное. При этом выделяется группа факторов, характеризующих конструкции (вид материала, теплофизические характеристики, критическая температура, прочностные свойства, геометрические характеристики) и группа факторов, определяющих условия горения (пожарная нагрузка, геометрические характеристики помещения, состояние окружающей среды). Изменение одного или нескольких факторов заметно влияет на развитие пожара. В одном и том же помещении может быть большое количество различных режимов пожара, отличающихся временем и интенсивностью развития, тепловым воздействием на ограждающие конструкции помещения. В связи с этим вводится понятие эквивалентной продолжительности пожара. Переход от продолжительности реального пожара к эквивалентной продолжительности пожара позволяет прогнозировать поведение строительных конструкций в условиях реальных пожаров.

Современные требования к специалисту в области пожарной безопасности предполагают, в том числе освоение методики моделирования теплового режима пожара в жилых и офисных помещениях. Такая методика представлена в [1], приложение К, однако предлагаемый алгоритм не в полной мере соответствует особенностям учебного процесса при подготовке специалистов в вузах МЧС России:

- нахождение величины среднеобъемной температуры в ходе развития пожара основано на использовании эмпирических зависимостей, что ограничивает использование представленного алгоритма в широком диапазоне величин и видов пожарной нагрузки, а также условий воздухообмена;

- представленный алгоритм не предполагает получение временных зависимостей таких существенно важных для анализа пожара как лучистые тепловые потери через проемы, высота нейтральной плоскости, расход продуктов горения и наружного воздуха через оконные и дверные проемы;

- линейная структура алгоритма существенно уменьшает трудоемкость расчета параметров температурного режима при пожаре в жилых и офисных помещениях, однако применение информационных технологий позволяет расширить область использования расчетных методов в пожарно-технической экспертизе.

Основное упрощение, позволившее составить критериальное уравнение теплового баланса внутреннего пожара и решить его, заключается в том, что нестационарный процесс тепловыделения и теплообмена, происходящий на реальном пожаре, представлен как квазистационарный (предполагается, что в небольшие промежутки времени площадь пожара, массовая скорость выгорания и условия газообмена остаются постоянными).

Лучистые тепловые потери через оконные и дверные проемы в ограждающей поверхности жилого или офисного помещения определяется как:

$$Q_u = C_0 \varepsilon_{np} \left[ \left( \frac{T_{fi}}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_0}{100} \right) \right] (F_{окн} + F_{дв}), \quad (1)$$



где:  $C_0 = 5,67 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К}^4)$  – коэффициент излучения абсолютно черного тела;

$\varepsilon_{np} = \varepsilon_{\phi}\varepsilon_w$  – приведенная степень черноты между излучающей поверхностью факела и теплопоглощающей поверхностью соседних ограждающих конструкций;

$\varepsilon_{\phi}$  – степень черноты излучающей поверхности факела;

$\varepsilon_w$  – степень черноты теплопоглощающей поверхности соседних ограждающих конструкций.

После определения продолжительности пожара для каждого временного интервала (например, при шаге  $\Delta\tau = 1$  мин.) задается текущее значение температуры продуктов горения  $t_f$ , в первом приближении для этой температуры определяется значение тепловых потерь через ограждающие конструкции  $Q_k$  и тепловых потерь, передаваемых из зоны горения излучением  $Q_l$ . Таким образом, зная значение тепловыделения при данной пожарной нагрузке и условиях воздухообмена  $Q_n$  из уравнения теплового баланса можно вычислить значение тепла, содержащегося в продуктах горения  $Q_2$ , что позволит вычислить значение температуры продуктов горения  $t_{f, i+1}$ , во втором приближении. При этом значение  $Q_2$  считаем численно равным разности полных энтальпий входящего и выходящего через оконные и дверные проемы газов (продуктов горения и воздуха):

$$Q_2 = G_1 c_1 T_1 + G_2 c_2 T_{f, i}, \quad (2)$$

где: расход воздуха через проемы:

$$G_1 = 0,67B [2g\rho_0(\rho_0 - \rho_2)]^{0,5} [(Y - H_n)^{1,5} - (Y - H_n)^{1,5}], \quad (3)$$

$B$  – ширина проема;

$\rho_0$  – плотность воздуха;

$\rho_2$  – плотность продуктов горения;

$H_n$  – высота нижней кромки проема.

Уравнение, аналогичное (3), используется для нахождения расхода продуктов горения  $G_2$  через проемы [3]. В этом случае значение  $Y$ , т.е. высоты нейтральной плоскости определяется по формуле (4):

$$Y = \frac{H_0 - H_n}{1 + \sqrt[3]{\frac{T_f}{T_0}}}, \quad (4)$$

Однако для нахождения величины тепловых потерь через ограждающие конструкции необходимо значение температуры на ее обогреваемой поверхности  $t_{w, i}$ , для чего организуется вложенный цикл приближений:

$$t_{w, i+1} = t_{w, i} + \frac{i \Delta \tau}{30 \rho \Delta y (\lambda + \beta t_{w, i})} [\alpha (t_{f, i} - t_{w, i})] + \frac{C (t_{f, i} - t_{w, i}) + 0,5 \beta (t_{f, i}^2 - t_{w, i}^2)}{\Delta y}, \quad (5)$$

где:  $\Delta y$  – толщина слоя ограждающей конструкции.

Программная реализация представленного алгоритма позволяет получать обучающимися в ходе анализа предлагаемых учебных задач результаты, которые вполне согласуются с экспериментальными данными, приведенными в [2] и [3].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ Р 12.3.047-98 ССБТ. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля. Приложение К: «Методы расчета температурного режима пожара в помещениях зданий различного назначения» - М.: Госстандарт России, 1998, с.33-38.

2. *Абросимов Ю.Г. Кошмаров Ю.А., Юн С.П.* Моделирование температурного режима пожара в помещении. // Пожарная опасность технологических процессов, зданий, сооружений и профилактика пожаров. Сборник научных трудов. - М.: Изд-во ВИПТШ МВД СССР, 1988, с.130-135.

3. *Абросимов Ю.Г. Кошмаров Ю.А.* Исследование функций плоскости равных давлений на начальной стадии пожара // Организация, тактика и техника тушения пожаров на объектах народного хозяйства. Сборник научных трудов. - М.: Изд-во ВИПТШ МВД СССР, 1988, с.108-111.

***И. А. Легкова, С. А. Никитина, В. П. Зарубин, В. Е. Иванов***  
(ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»)

#### **ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМПЬЮТЕРНОЙ ГРАФИКИ ПРИ ИЗУЧЕНИИ НАЧЕРТАТЕЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ**

Эффективность изучения графических дисциплин в значительной степени можно повысить за счет использования современных информационных технологий. При изучении графических дисциплин рассматривается изображение пространственного объекта на плоскости. Пространственные предметы проецируются на плоскость для создания оптимальных геометрических форм объектов машиностроения, архитектуры и строительства. Поэтому необходимо научиться изображать трехмерные геометрические объекты на плоскости, и наоборот – по заданному чертежу восстановить положение трехмерного оригинала в пространстве.

К дисциплинам, формирующим навыки графической инженерной деятельности, относятся начертательная геометрия и инженерная графика. Их изучение закладывает базовые знания, необходимые для освоения других технических дисциплин, как общеобразовательных, так и специальных.

Так как и начертательная геометрия, и инженерная графика изучают форму, размеры и взаимное расположение различных объектов в пространстве, то важным аспектом в преподавании этих дисциплин является принцип наглядности. Поэтому формирование и развитие у обучающихся системного пространственного мышления является актуальным при подготовке высококвалифицированных специалистов [1].

Применение графических пакетов оказывает огромную помощь в восприятии и понимании изучаемого материала, позволяет обучающимся представить и понять сложный теоретический материал. Трехмерная компьютерная графика – наиболее наглядное и эффективное средство представления информации. Известно, что большая часть воспринимаемой информации приходится на визуальное восприятие. Показ электронных слайдов с 3D моделями способствует повышению у обучающихся осознания отображения различных пространст-



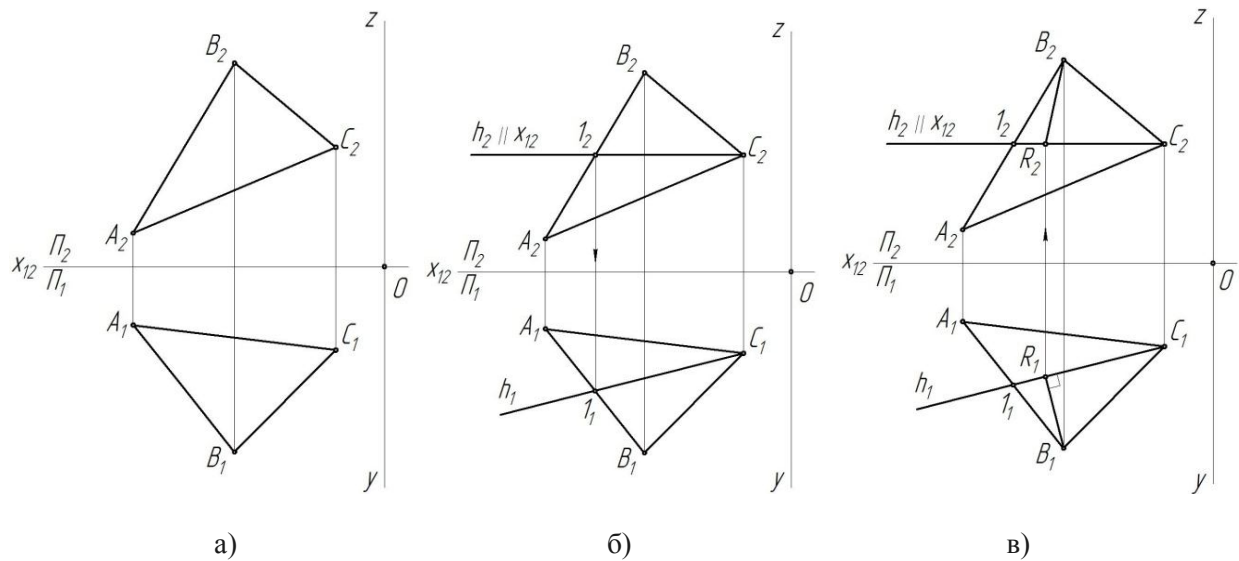


Рис. 3. Построение линии наибольшего наклона

Простота и наглядность являются основной особенностью разрабатываемого методического иллюстративного материала. Не отступая от традиционной методики представления графической информации, осуществляется визуализация учебного материала с применением современных информационных технологий [2]. Разработанный материал может использоваться в учебном процессе как для сопровождения лекционных и практических занятий, так и при самостоятельной работе обучающихся.

Применение новейших технических, компьютерных и других интерактивных средств на занятиях значительно облегчает работу преподавателя, в том числе и за счет сокращения работы мелом на доске. При графических построениях чертежи могут быть такого размера, при котором хорошо видно всей аудитории. Можно неоднократно продемонстрировать последовательность их построения, что проблематично при традиционном использовании мела и доски.

Компьютерные технологии также дают возможность разнообразить иллюстративный материал. Можно показать учащимся в течение занятия большее количество материала. Занятия проходят более ярко и разнообразно, вызывая повышенный интерес аудитории и познавательную активность обучающихся.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. 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 международной научно-практической конференции. – Елец, 2014. – С. 295-299.
2. Легкова, И.А. Инновационные технологии при обучении графическим дисциплинам / И.А. Легкова, В.П. Зарубин, В.В. Киселев, В.Е. Иванов, А.А. Покровский. – Пожарная и аварийная безопасность: материалы IX Международной научно-практической конференции, Иваново: ИВИ ГПС МЧС России, 2014. – С. 300-301.

*Т. А. Мочалова*

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

### **ФОРМИРОВАНИЕ ПОНЯТИЙНОГО АППАРАТА ОБУЧАЮЩИХСЯ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ В ВУЗЕ**

Развивающее обучение постепенно становится ведущим способом преподавания учебного материала. В связи с этим перед преподавателями возникла задача сформировать систему развивающих задач по дисциплинам.

Развивающие задачи можно разделить по компонентам, которые соответствуют различным сторонам развития личности. Например, задачи на развитие мышления, внимания, памяти, воображения, эмоций, воли т.д.

Одним из условий успешного освоения обучающимися учебных дисциплин является хорошее владение ими понятийным аппаратом по соответствующим курсам, так как умение работать с понятиями является основой словесно-логического (абстрактного) мышления и логической памяти. Поэтому на занятиях необходимо использовать задания, направленные на формирование понятийного поля (словарного запаса, терминологии).

Перед преподавателями встает задача использования педагогических приемов, форм и методов организации образовательного процесса, позволяющих сделать сложный и объемный фактический материал доступным и запоминающимся.

Задания могут быть следующие.

Задание 1: список понятий «видимо – невидимо».

Группа делится на команды, например 1 ряд – 1 команда. По каждому ряду передается лист, на котором обучающиеся поочередно должны перечислить все понятия, с которыми встречались в теме. Лист передается от одного обучающегося другому для дополнения, уточнения (повторяться нельзя). За 1 слово начисляется 1 балл, время работы ограничивается, например 5 минут. Побеждает команда, набравшая большее количество баллов за меньшее время.

Дополнительно для сильных учащихся предлагаем следующие задания:

1. Дать расшифровку термину (2 балла)
2. Выделить существенные признаки понятия (2 балла)
3. Нарисовать логические связи между понятиями темы (2 балла)
4. Указать, в каких областях знаний (ранее изученных дисциплинах) встречалось понятие (2 балла)

Данное задание позволяет актуализировать знания по теме, вовлечь обучающихся в активную деятельность, позволяет увеличить скорость мыслительных процессов, быстроту мысли, приучает их внимательно относиться к понятиям темы, мысленно как бы выделяя их из текста конспекта, учебника, быстро и прочно усвоить знания, а также обеспечивает контроль и самоконтроль при оценке полученных результатов. Также легко устанавливается начитанность обучающегося, знание дополнительного материала.

Задание 2: банк понятий. Например, в теме «Физико-химические основы горения» дисциплины «Теория горения и взрыва» определить, о каких понятиях идет речь:

1. Экзотермическая реакция окисления вещества сопровождающаяся, по крайней мере, одним из трёх факторов: пламенем, свечением, выделением дыма.
2. Другое название гетерогенного режима горения.
3. Режим горения, при котором наблюдается спокойное, безвихревое пламя устойчивой геометрической формы.
4. Мера отношения сил инерции и внутреннего трения в потоке.

5. Признаком данного режима горения является наличие дыма, содержащего несгоревшие частицы углерода.

6. Газовый объём, в котором непосредственно происходит реакция горения.

7. Явление, связанное с внезапным изменением состояния вещества, сопровождающимся резким звуковым эффектом и быстрым выделением энергии, приводящим к разогреву, движению и сжатию продуктов взрыва (горения) и окружающей среды.

Ответы:

1. Горение.
2. Тление.
3. Ламинарное горение.
4. Критерий Рейнольдса.
5. Неполное сгорание.
6. Пламя.
7. Взрыв.

Данное задание может быть реализовано также при помощи понятийного лото. Оно представляет собой набор карточек, на одной из которых напечатан термин, на другой – его расшифровка (определение). Сами термины можно напечатать на цветной бумаге, а определения на белой, причем цвет соответствует той или иной теме дисциплины. Для формирования понятийного аппарата по дисциплине можно использовать следующие приемы:

– установить соответствие между термином и его расшифровкой (индивидуальная работа обучающегося по составлению пар карточек – цветная-белая за определенное время);

– исключить лишнее (объединить несколько терминов по общему признаку, а один лишний исключить). Данный прием позволяет не только проверить уровень усвоения фактических знаний, но и умение сравнивать (сопоставлять понятия и термины на основе одного выделенного признака), обобщать (находить общее в нескольких понятиях и терминах) и классифицировать (мысленно распределять термины и понятия по группам в зависимости от степени сходства и различия между ними). Например, при изучении показателей пожарной опасности веществ и материалов выбираем четыре термина – температура вспышки, температура самовоспламенения, температура тления, температура воспламенения. Три термина – температура вспышки, температура самовоспламенения, температура воспламенения – объединяем, так как эти показатели характеризуют пожарную опасность жидкостей, а температура тления – лишний термин, так как характеризует пожарную опасность только твердых веществ и пылей.

Обучающиеся могут выбрать и уровень сложности заданий. Например:

1 уровень сложности: выбрать лишний термин из двух или трех и объяснить свой выбор.

2 уровень сложности: выбрать лишний термин из четырех и объяснить свой выбор.

3 уровень сложности: выбрать лишний термин из пяти и объяснить свой выбор.

Увеличение количества терминов расширяет объем информации, который надо проанализировать для осуществления правильного выбора. Кроме того увеличивается и вариативность ответов. Ответ обучающегося, который оказался правильным, приносит ему дополнительный балл.

Задание 3: логические отношения между понятиями. Необходимо привести примеры для подтверждения взаимосвязей понятий.

Противоположность (горение полное и неполное, горение ламинарное и турбулентное, горение кинетическое и диффузионное и т.п.).

Последовательность (Нагрев → Пиролиз → Газификация летучих компонентов → Воспламенение → Горение).

Причина – следствие (Окисление → Выделение тепла).

Использование заданий на развитие понятийного аппарата на занятиях позволяет внести новизну и стимулирует познавательную деятельность обучающихся. Выполнение этих заданий идет не только репродуктивным путем, а как решение задач с использованием самых разнообразных мыслительных операций. Обучающийся невольно выходит на многоплановое и многопозиционное мышление. Процесс познания и усвоения познаваемого проходит в самообучении, на основе и посредством активной субъективной позиции обучающегося.

*Т. А. Мочалова, О. Е. Сторонкина, Л. Н. Чеснокова, Н. А. Таратанов*  
(ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»)

## **ЦЕЛИ И ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ АУДИТОРНОЙ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

Самостоятельная работа (СР) обучающихся является составной частью учебной работы и имеет целью закрепление и углубление полученных знаний и навыков, поиск и приобретение новых знаний, в том числе с использованием автоматизированных обучающих систем, а также выполнение учебных заданий, подготовку к предстоящим занятиям, зачетам и экзаменам [1]. Кафедры организуют, обеспечивают методически и контролируют СР. Значимость самостоятельной работы выходит за рамки отдельного предмета, в связи с чем, каждая кафедра должна разработать стратегию формирования системы умений и навыков СР.

Как известно, стандартами высшего образования на внеаудиторную работу предусмотрено не менее половины бюджета времени обучающегося. Кроме того, большая часть времени, отводимого на аудиторские занятия, так же включает СР.

Аудиторная и внеаудиторная самостоятельная работа проводится с целью приобретения обучающимися навыков работы с литературными источниками по данной учебной дисциплине, фундаментального изучения теоретических положений, отдельных вопросов и тем учебных дисциплин, разработки курсовых работ (проектов, задач), написания рефератов, выполнения индивидуальных расчетно-графических работ, приобретения практических навыков на учебно-тренировочных комплексах и т. п. [2].

Ключевым принципом организации аудиторной самостоятельной работы обучающихся должен стать переход от формального выполнения определенных заданий при пассивной роли студента и курсанта к познавательной активности с формированием собственного мнения при решении поставленных проблемных вопросов и задач [2]. Основная задача педагогов – научить обучающегося осмысленно и самостоятельно работать сначала с учебным материалом, затем с научной информацией, заложить основы самоорганизации и самовоспитания с тем, чтобы привить умение в дальнейшей профессиональной деятельности непрерывно повышать свою квалификацию [3].

Аудиторная самостоятельная работа реализуется при проведении лекционных, практических, лабораторных и семинарских занятий. На лекциях необходимо контролировать усвоение материала основной массой обучающихся путем проведения экспресс-опросов по конкретным темам, тестового контроля знаний и т.д. Также, на лекционных занятиях следует предлагать обучающимся самостоятельно формулировать выводы по отдельным вопросам и по лекции в целом.

На практических и семинарских занятиях различные виды СР позволяют сделать процесс обучения более интересным и поднять активность значительной части обучающихся в группе.

Активность работы обучающихся на обычных практических занятиях может быть усилена введением новой формы СР, сущность которой состоит в том, что на каждую задачу обучающийся получает свое индивидуальное задание (вариант), при этом условие задачи для всех курсантов/студентов одинаковое, а исходные данные различны. Перед началом выполнения задачи преподаватель дает лишь общие методические указания (общий порядок решения, имеющиеся справочные материалы и т.п.). В результате изучаемый материал усваивается более глубоко, у обучающихся меняется отношение к ранее прочитанным лекциям, так как без понимания теории предмета, без хорошего конспекта трудно рассчитывать на успех в решении задачи. Это улучшает посещаемость как практических, так и лекционных занятий.

Практические занятия целесообразно строить следующим образом:

1. Вводная часть. Преподаватель формулирует цели занятия, озвучивает основные вопросы, которые должны быть рассмотрены (план проведения занятия).
2. Беглый опрос (экспресс-тестирование).
3. Совместное и преподавателем решение 1-2 типовых задач у доски.
4. Самостоятельное решение индивидуальных задач обучающимися.
5. Разбор типовых ошибок при решении (в конце текущего занятия или в начале следующего).

Для проведения подобных занятий преподавателю необходимо иметь большой банк заданий для самостоятельного решения, причем эти задания могут быть дифференцированы по степени сложности. При этом, в зависимости от целей конкретного занятия, можно использовать два подхода:

- давать определенное количество задач для самостоятельного решения, равных по трудности; отметку ставить за количество правильно решенных за определенное время задач;
- выдавать задания разной степени трудности; отметку ставить за трудность решенной задачи.

Из различных форм самостоятельной работы для практических занятий на старших курсах наилучшим образом подходят «деловые игры». Тематика игры может быть связана с конкретными производственными проблемами или носить прикладной характер, включать задачи ситуационного моделирования по актуальным проблемам и т.д. Цель деловой игры - в имитационных условиях дать обучающемуся возможность самостоятельно разрабатывать и принимать решения.

При проведении семинаров и практических занятий обучающиеся могут самостоятельно выполнять задания как индивидуально, так и малыми группами, каждая из которых разрабатывает свой проект (задачу). Выполненный проект (решение проблемной задачи) затем рецензируется другой группой по круговой системе. Публичное обсуждение и защита своего варианта решения задачи повышают роль самостоятельной работы и усиливают стремление к ее качественному выполнению. Данная система организации занятий позволяет вводить в учебный процесс научно-исследовательские элементы.

Самостоятельное выполнение заданий на занятиях с проверкой результатов преподавателем приучает студентов грамотно и правильно выполнять технические расчеты, пользоваться вычислительными средствами, справочными данными, нормативно-правовой документацией. При проведении лабораторного практикума необходимо создать условия для максимально самостоятельного выполнения эксперимента. Поэтому при выполнении работы необходимо:

1. Провести экспресс-опрос (устно или в тестовой форме) по теоретическому материалу, необходимому для выполнения работы (с оценкой).
2. Проверить планы выполнения лабораторных работ, подготовленный обучающимся дома (с оценкой).
3. Оценить работу студента в лаборатории и полученные им данные (оценка).
4. Проверить и оценить отчет.



Любая лабораторная работа должна включать глубокую самостоятельную проработку теоретического материала, изучение методик проведения и планирование эксперимента, освоение измерительных средств, обработку и интерпретацию экспериментальных данных. При этом часть работ может не носить обязательный характер, а выполняться в рамках самостоятельной работы по курсу. В ряд работ целесообразно включить разделы с дополнительными элементами научных исследований, которые потребуют углубленной самостоятельной проработки теоретического материала.

Таким образом, самостоятельная учебная деятельность обучающегося становится ведущей, главной в получении образования, а деятельность преподавателя, при этом, является содействующей эффективному обучению.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Жукова, Е.Д. Технология организации и реализации самостоятельной работы студентов: рабочая тетрадь / Е.Д. Жукова – Уфа: Изд-во БГПУ, 2004. – 32 с.
2. Актуальные вопросы модернизации высшего образования: Сб. науч. тр. – Новосибирск: СГГА, 2010. – 313 с.
3. Самостоятельная работа студентов в условиях перехода на двухуровневую систему ВПО: Сб. науч. тр. – Саратов: РИЦ «Студия развития лидерства», 2012. – 230 с.

*Т. А. Мочалова*

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

### **РОЛЬ ХИМИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ СПЕЦИАЛИСТА ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

Знания в области химии необходимы будущим специалистам в области пожарной безопасности для оценки пожарной опасности химических объектов и веществ, анализа причин возникновения пожаров, взрывов, загораний, для правильной постановки профилактической работы по охране химических предприятий от пожаров и взрывов, а также для правильного выбора огнетушащих средств при тушении пожаров.

Формирование представлений и понятий о веществах и их превращениях, а на основе этого и теоретических обобщений невозможно без конкретного наблюдения за этими веществами и без химического эксперимента. Химический эксперимент позволяет увлечь обучающихся наукой, способствует активизации их познавательной деятельности, развивает способность применять теоретические знания на практике.

При проведении занятий по таким дисциплинам как «Теория горения и взрыва», «Физико-химические основы развития и тушения пожаров» нами широко применяется различная организация выполнения химического эксперимента.

Химический эксперимент условно можно разделить на несколько типов:

- демонстрационный эксперимент;
- лабораторные работы;
- решение экспериментальных задач;
- научный эксперимент.

Демонстрационный химический эксперимент – эффективное средство в преподавании, он применяется нами на всех этапах обучения. В ходе чтения лекций видеодемонстрация химических опытов дает возможность преподавателю наглядно подтвердить теоретические положения.

Например, при изучении классификации взрывов по плотности вещества демонстрируется взрыв смеси водорода с воздухом (объемный взрыв) и взрыв ацетиленида меди (взрыв конденсированного вещества). При изучении свойств огнетушащих средств наглядная демонстрация горения магния в среде углекислого газа ярко подтверждает невозможность применения оксида углерода IV для тушения пожаров данного металла. Благодаря включению видеоопытов в лекцию обучающиеся более прочно усваивают учебный материал.

Данный способ демонстрации, по сравнению с классическим показом, имеет ряд преимуществ: эксперимент виден крупным планом; опыт можно просмотреть несколько раз, использовать «стоп-кадр», он всегда будет удачным; просмотр фильма дает возможность сделать перерыв в конспектировании, заинтересовать аудиторию.

Помимо лекций учебным планом предусматривается выполнение лабораторных работ. Все лабораторные работы по дисциплинам «Теория горения и взрыва» и «Физико-химические основы развития и тушения пожаров» проводятся в интерактивной форме. Нами применяются следующие методы: работа обучающихся в малых группах, решение экспериментальных задач, имитация профессиональной деятельности, кейс-метод. При этом, проведение химических экспериментов в ходе выполнения лабораторных работ нами строится как познавательная деятельность обучающихся, направленная на самостоятельное овладение системой знаний, умений и навыков. В данном случае обучающийся выступает как субъект учебной деятельности, а не как объект, на который воздействует преподаватель, пытаясь «вооружить» его системой знаний, умений и навыков. Только так курсант или студент в состоянии проникнуть в суть физических и химических явлений и процессов, освоить их на уровне общих закономерностей, ведущих идей и теорий и использовать полученные знания для изучения дисциплин профессионального цикла, а также применять на практике в дальнейшей профессиональной деятельности.

В качестве примера приведем организацию проведения лабораторной работы по теме «Химическое самовозгорание». Актуальность выполнения данной лабораторной работы определяется тем, что локально возникающий процесс самовозгорания может явиться источником зажигания любых других горючих веществ и материалов, находящихся в опасной близости от него. Поэтому важно знать и учитывать условия, которые необходимы для возникновения собственно процесса самовозгорания и его развития, с целью его предотвращения.

Важность представлений о механизме процессов самовозгорания объясняется также необходимостью разработки ГОСТов на хранение, эксплуатацию и транспортировку горючих веществ и материалов, с целью снижения ущерба, наносимого пожарами, принципов безопасного проведения технологических процессов.

Кроме того, анализ практики расследования преступлений, связанных с поджогами, показывает, что среди средств совершения поджогов часто встречается создание условий самовозгорания.

Таким образом, знание механизмов химического самовозгорания необходимо квалифицированному сотруднику противопожарной службы для того, чтобы принимать меры по предотвращению пожаров, а также по выявлению причин и условий, способствовавшие возникновению и развитию пожара.

Лабораторная работа проводится двумя преподавателями. Во вводной части занятия первый преподаватель объявляет тему занятия, формулирует актуальность изучаемого материала и его практическую направленность, подчеркивает его значимость для профессиональной деятельности специалиста пожарной охраны, ставит учебные цели и вопросы занятия.

В начале основной части занятия второй преподаватель проводит инструктаж по технике безопасности при проведении лабораторной работы. Далее первый преподаватель поясняет порядок проведения занятия, затем преподаватели делят группу на две подгруппы. Первый преподаватель сообщает задание обучающимся своей подгруппы: просмотреть фильм «Виды химического самовозгорания», заполнить табл. 1.

В таблице отразить название опыта, наблюдаемые явления, пользуясь раздаточным материалом найти и записать уравнения наблюдаемых реакций. После заполнения таблицы сделать вывод о вероятности возникновения пожара в результате химического взаимодействия веществ, сформулировать правила совместного хранения веществ и материалов. На выполнение данного раздела отводится 30 минут.

**Таблица 1. Классификация веществ по их способности к химическому самовозгоранию**

Вещества, самовозгорающиеся при контакте с водой	Вещества, самовозгорающиеся при контакте с окислителями	Вещества, самовозгорающиеся при контакте с кислородом воздуха
<p><b>Пример заполнения:</b>                      1. Взаимодействие натрия с водой.                      Кусочек натрия при соприкосновении с водой разогревается, плавится и приобретает форму шара. Наблюдаем «бегущие» по поверхности воды шарики расплавленного металла, он вскоре загорается желтым пламенем.  <math>2\text{Na} + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{NaOH} + \text{H}_2\uparrow</math></p>	<p><b>Пример заполнения:</b>                      1. Взаимодействие брома с алюминием.                      При контакте алюминиевой фольги с бромом, алюминий раскаляется и быстро сгорает желтым пламенем, выделяются белые пары бромида алюминия:  <math>2\text{Al} + 3\text{Br}_2 = 2\text{AlBr}_3 + \text{Q}</math></p>	<p><b>Пример заполнения:</b>                      1. Самовозгорание белого фосфора на воздухе.                      Кусочек белого фосфора на воздухе легко окисляется и самовоспламеняется. Горит ослепительным ярко-зеленым пламенем с выделением густого белого дыма - мелких частичек декаоксида тетрафосфора <math>\text{P}_4\text{O}_{10}</math>.  <math>\text{P}_4 + 5\text{O}_2 = \text{P}_4\text{O}_{10}</math></p>

В это время второй преподаватель с обучающимися своей подгруппы переходит к вытяжным шкафам, в каждом из которых оборудованы рабочие места для выполнения экспериментальных задач, т.е. подготовлен «кейс». Преподаватель делит подгруппу на четыре малые рабочие группы для выполнения каждого задания.

Пример экспериментальной задачи: при переправе через реку во время марш-броска курсантами были утеряны спички и зажигалка. Предложите способ получения огня, используя содержимое аптечки (вата, бинт, спиртовой раствор йода, перманганат калия (кристаллический), жгут, активированный уголь, анальгин, глицерин).

Обучающиеся после краткого обсуждения задания с преподавателем приступают к выполнению экспериментов. Каждая рабочая группа выполняет, поочередно сменяя друг друга, все экспериментальные задачи. По завершении экспериментальной части работы обучающиеся оформляют результаты исследований в лабораторную тетрадь, делают вывод. На выполнение данного раздела отводится 30 минут.

Затем подгруппы обучающихся меняются – первая подгруппа приступает к решению экспериментальных задач со вторым преподавателем, а вторая к просмотру видеодемонстрации опытов по химическому самовозгоранию и заполнению таблицы под руководством первого преподавателя.

Такая форма проведения лабораторной работы позволяет задействовать в процессе учебной деятельности всех обучающихся. Смена видов учебных действий в ходе работы и наличие ярких примеров из практики позволяет избежать однообразия и, как следствие, повысить интерес курсантов. Формулировка экспериментальных задач как случаев из практики способствует тому, что обучающиеся перестают воспринимать обучение как формальность и начинают активно предлагать решение задач, с которыми могут столкнуться лично в своей дальнейшей деятельности. Знания, подкрепленные практической работой, становятся более прочными и действенными.

По сравнению с расчетными задачами экспериментальные задачи более ценны в познавательном отношении. Это объясняется тем, что для решения таких задач недостаточно правильного теоретического обоснования – нужно еще проделать опыт и объяснить его сущность. Решение экспериментальных задач позволяет преподавателю за очень короткий срок оценить, насколько усвоен материал и как умеет обучающийся применять полученные знания на практике. Обсуждение результатов позволяет обнаружить ошибки или недостатки в решении, установить их причины, добиться их исправления, оказать обучающимся дифференцированную помощь и наметить пути совершенствования экспериментальных умений и навыков.

Овладение основами научного эксперимента необходимо учащимся, желающим заниматься исследовательской работой. Эти навыки постепенно закладываются во всех курсах и реализуются, например, при выполнении выпускной квалификационной работы. Исследования различного рода также проводятся учащимися при подготовке конкурсных работ для участия в проектах, организуемых на различных уровнях.

*П. В. Орлов, Д. Н. Шалявин, Е. А. Орлов*

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

### **РАЗВИТИЕ БЫСТРОТЫ С ПОМОЩЬЮ ФИЗИЧЕСКИХ УПРАЖНЕНИЙ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ПОЖАРНЫХ**

С увеличением рисков возникновения масштабных катастроф, аварий, бедствий, особую остроту приобретает поиск новых средств и методов подготовки специалистов, участвующих в ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций, а именно — специалистов пожарно-технического профиля.

Профессия пожарного-спасателя, безусловно, одна из самых опасных. Ведь это и работа в экстремальных ситуациях, и риск для жизни, и огромная ответственность за других людей. В экстремальных ситуациях пожарному необходимо обладать хорошей физической формой, иметь хорошую психологическую подготовку. Эффективность профессиональной деятельности пожарных-спасателей зависит как от генетически обусловленных свойств личности, так и от профессионально важных качеств, знаний, умений и навыков, приобретенных в процессе учебной и трудовой деятельности.

Важную роль в профессиональной подготовке пожарного играет развитие физических качеств, таких как: сила, быстрота, выносливость, ловкость. Особое внимание хотелось бы обратить на развитие быстроты, так как данное физическое качество играет особую роль в профессиональной деятельности специалистов пожарно-спасательных служб. Именно от быстроты выполнения поставленных задач, скорости реакции зависит жизнь другого человека.

Быстрота в пожарном деле выражается следующими показателями:

- реакцией на какую-либо команду или на изменение обстановки на пожаре;
- скоростью выполнения отдельных элементов.

Основное внимание во время тренировки обращается на развитие этих двух форм проявления быстроты. Для развития быстроты выполнения отдельных движений применяются специальные упражнения, способствующие совершенствованию специальной силы и ловкости.

При построении тренировочных занятий, направленных на развитие быстроты, учитываются: продолжительность движений (величина отрезка), их интенсивность, продолжительность отдыха, характер отдыха между ускорениями, количество повторений того или иного упражнения.

Быстрота является одним из решающих факторов в достижении поставленной задачи. Поэтому при планировании учебно-тренировочной работы развитию быстроты необходимо уделять существенное внимание. В настоящее время объем работы, направленный на развитие быстроты, должен занимать не менее 50% общего объема тренировочной работы.

Основное внимание во время тренировки обращается на проявление быстроты – скорости выполнения отдельных элементов, как основы повышения скорости движения. При развитии быстроты у пожарных основное внимание уделяется высокой интенсивности движений, которая должна соответствовать уровню владения пожарной техникой развертывания сил и средств. Необходимо вначале движение выполнить с небольшой скоростью, а затем постепенно увеличивать ее.

В данном разделе представлен ряд комплексов способствующих развитию быстроты у пожарных.

*Комплекс упражнений №1*

1. Повторная пробежка коротких отрезков от 10 до 6 м.
2. Челночный бег 2x10 м, 4x5 м, 4x10 м, 2x15 м, 5x30 м.
3. Бег на месте в максимально быстром темпе с высоким подниманием бедра в течение 20 с. Повторить 3—4 раза.
4. То же, но с опорой. Обратит внимание на полное выпрямление толчковой ноги.
5. Бег с резкими остановками по сигналу партнера.
6. Бег с ускорением от 30 до 100 метров.

*Комплекс упражнений №2*

1. Бег в гору с высоким подниманием бедра в среднем и быстром темпе. Обращать особое внимание на выпрямление опорной ноги.
2. Бег с высоким подниманием бедра в яме с песком (по глубокому снегу, по воде), с отягощением и без него, на месте и с незначительным продвижением вперед, в различном темпе.
3. Многоскоки по мягкому грунту (опилочная дорожка, песок, торфяной грунт) в различном темпе, в гору, по ступенькам лестницы вверх. Следует обращать внимание на законченность движений при отталкивании.
4. Упражнения со штангой и различными отягощениями (приседания, выталкивания от груди, рывки).
5. Прыжки на одной ноге. Мощно отталкиваясь ногой, продвигаться вперед. При этом следить, чтобы движение рук было индентичное как при беге. Дистанция 15—30 м.
6. Упражнение для укрепления мышц задней поверхности бедра. Лежа на животе, партнер держит ноги за голеностопные суставы. Медленно поднимать туловище назад до положения стоя на коленях и медленно возвращаться в исходное положение. Выполняя упражнение, следить за подниманием прямого туловища (можно прогнувшись).

*Комплекс упражнений №3*

1. Бег с ускорением от 20 до 50 метров.
2. Многоскоки на дистанцию от 30 до 50 метров (Мощно отталкиваясь ногой, продвигаться вперед следует обращать внимание на законченность движений при отталкивании)
3. Прыжки через барьеры различной высоты на одной и двух ногах. 70 отталкиваний.
4. Упражнение для укрепления мышц задней поверхности бедра. Лежа на животе, партнер держит ноги за голеностопные суставы. Медленно поднимать туловище назад до положения, стоя на коленях и медленно возвращаться в исходное положение. Выполняя упражнение, следить за подниманием прямого туловища (можно прогнувшись).
5. Упражнение для укрепления мышц передней поверхности бедра. Стоя на коленях, медленно наклоняться назад до касания головой пола и медленно выпрямляться до исходного положения.
6. Упражнения для расслабления мышц (махи, растяжки)
7. Заминочный бег 800 метров.

В процессе воспитания специальных скоростно-силовых качеств решаются две задачи: повышение скоростно-силового потенциала специфических мышечных групп и повышение степени его использования при выполнении основного упражнения.

Для решения первой задачи нужны локальные и региональные упражнения.

Для решения второй задачи необходимы специальные упражнения регионального и глобального воздействия и основное упражнение.

При разработке методики скоростно-силовой подготовки учитывается ее влияние на физическое развитие, здоровье, функциональное состояние организма и формирование двигательных навыков способствующих успешной сдаче нормативов по пожарно-строевой подготовке.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Теория и методика физического воспитания (Под ред. Л.П. Матвеева и А.Д. Новикова) – М.: Физкультура и спорт, 1976. – 304 с.
2. Матвеев Л.П. Основы спортивной тренировки. М., ФиС, 1977, – 271 с.
3. Зацюрский В. М. Физические качества спортсмена. М., ФиС, 1970, – 103 с.
4. Спортивная метрология (учебник для ИФК под общ. ред. В. М. Зацюрского). М.: ФиС, 1982, – 206 с.
5. Основы теории и методики физической культуры; Учеб. для техн. Физ. Культ. \ Под ред. А.А. Гужаловского. – М.: ФиС, 1986. – 352 с.
6. Теория и методика физического воспитания: Учеб. для студентов фак, физ. культуры пед. ин-тов \ Под ред. Б.А. Ашмарина. – М.: Просвещение, 1990. – 287 с.

***Н. Л. Павлюкова***

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

#### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ ПРИ ПРЕПОДАВАНИИ ДИСЦИПЛИН «МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ» И «ТЕХНОЛОГИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ»**

Использование инновационных образовательных технологий в учебном процессе открывает новые возможности в организации учебного процесса. Для повышения качества обучения студентов и организации их самостоятельной работы по дисциплинам «Материаловедение», «Технология конструкционных материалов» создан сетевой образовательный электронный ресурс *Материаловед.РФ*, размещенный в сети Интернет.

Основные задачи, реализуемые при работе с сайтом:

- предоставление участникам образовательного процесса (студентам и преподавателям) свободного доступа к обучающим ресурсам (электронным учебникам, заданиям для самоконтроля и т.д.);
- организация самостоятельной работы студентов;
- дистанционное обучение студентов заочной формы обучения;
- разработка учебных материалов, тестов.

Содержание материалов сайта соответствует образовательным стандартам.

Важно, что на сайте, кроме текстов, размещены тесты, рисунки, фотографии, видео, позволяющие повысить качество обучения.

Разработаны модули сайта (о сайте, статьи, методические указания, учебники, учебные пособия, задания и тесты, регистрация, статистика).

Подготовлены и размещены на сайте Материаловед.РФ учебные материалы по дисциплинам «Материаловедение» и «Технология конструкционных материалов». Особенно полно освещены следующие разделы:

- основы металлургического производства;
- основы литейного производства;
- специальные виды литья,
- обработка металлов давлением.

Сайт успешно развивается, увеличивается количество посетителей. Сейчас в сутки сайт посещают 500-700 уникальных посетителей. Значительное увеличение посетителей происходит в период сессии.

Инновационность применения такого сайта заключается во внедрении современных информационных технологий в образовательный процесс, применение интерактивного дистанционного обучения, в доступности учебных, методических и других материалов по дисциплине «Технология конструкционных материалов» и «Материаловедение» всем участникам образовательного процесса на сайте Материаловед.РФ.

Материалы, размещенные на сайте Материаловед.РФ внедрены в учебный процесс на кафедре ТМС ИГЭУ. Сайт рекомендован студентам, изучающим дисциплины «Материаловедение и ТКМ» или «Технология конструкционных материалов», а именно студентам, обучающимся по направлениям: 15.03.05 – «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств», 14.05.02 – «Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг», 20.03.01 – «Техносферная безопасность», 13.03.01 – «Теплоэнергетика и теплотехника», 13.03.02 - «Электроэнергетика и электротехника». Сайт рекомендован студентам очной и заочной форм обучения для самостоятельной работы при подготовке к промежуточному контролю, экзаменам, при разработке курсовых работ и выполнении выпускной квалификационной работы. Сайт Материаловед.РФ находится в свободном доступе в сети Интернет и доступен преподавателям и студентам других ВУЗов.

На сайте Материаловед.РФ планируется размещение материалов по следующим дисциплинам: технология конструкционных материалов, материаловедение, технология машиностроения, метрология и стандартизация, наноматериалы и нанотехнологии и др.

Основные направления развития проекта:

- размещение учебных материалов на сайте по другим дисциплинам кафедры ТМС;
- размещение статей, вопросов, заданий и тестов по данным дисциплинам и учебных видеофильмов
- создание онлайн-энциклопедии справочных материалов по материаловедению и технологии конструкционных материалов;
- сотрудничество с преподавателями других ВУЗов, для создания межвузовского проекта «Материаловед.РФ».

*В. В. Потапенко, А. А. Таранцев*

Военный институт (инженерно-технический) ФГКВОУ ВПО ВАМТО

## **О ВОЗМОЖНОСТИ ЭКСТРЕННОЙ ДОСТАВКИ ГРУЗОВ И ЭВАКУАЦИИ ПЕРСОНАЛА АВАРИЙНЫХ ОБЪЕКТОВ В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ**

Арктика в настоящее время является исключительно перспективной зоной, где сталкиваются интересы многих стран ввиду наличия полезных ископаемых и залежей энергоносителей на океанском шельфе и в прибрежных районах. В то же время, Арктическая зона характеризуется тяжёлыми климатическими условиями, отсутствием или слабым развитием наземной инфраструктуры, ограниченной продолжительностью летней навигации, скудностью местных продовольственных ресурсов.

Развитие Арктической зоны требует быстрого создания в ней различных объектов – добывающих и перерабатывающих установок, трубопроводов с перекачивающими станциями, жилых комплексов для персонала, портовых сооружений, аэродромов и др. Немаловажное место будут занимать и специализированные войсковые части для защиты наших объектов в Арктической зоне.

Решение таких задач неразрывно связано с проблемой перемещения грузов и персонала на больших пространствах с учётом сложных географических и метеорологических условий. В настоящее время такая проблема решается с использованием ледокольного флота и специализированных судов, авиации и вездеходов с соответствующей логистикой. Однако средняя скорость перемещения остаётся достаточно низкой и не всегда отвечающей быстро меняющейся обстановке.

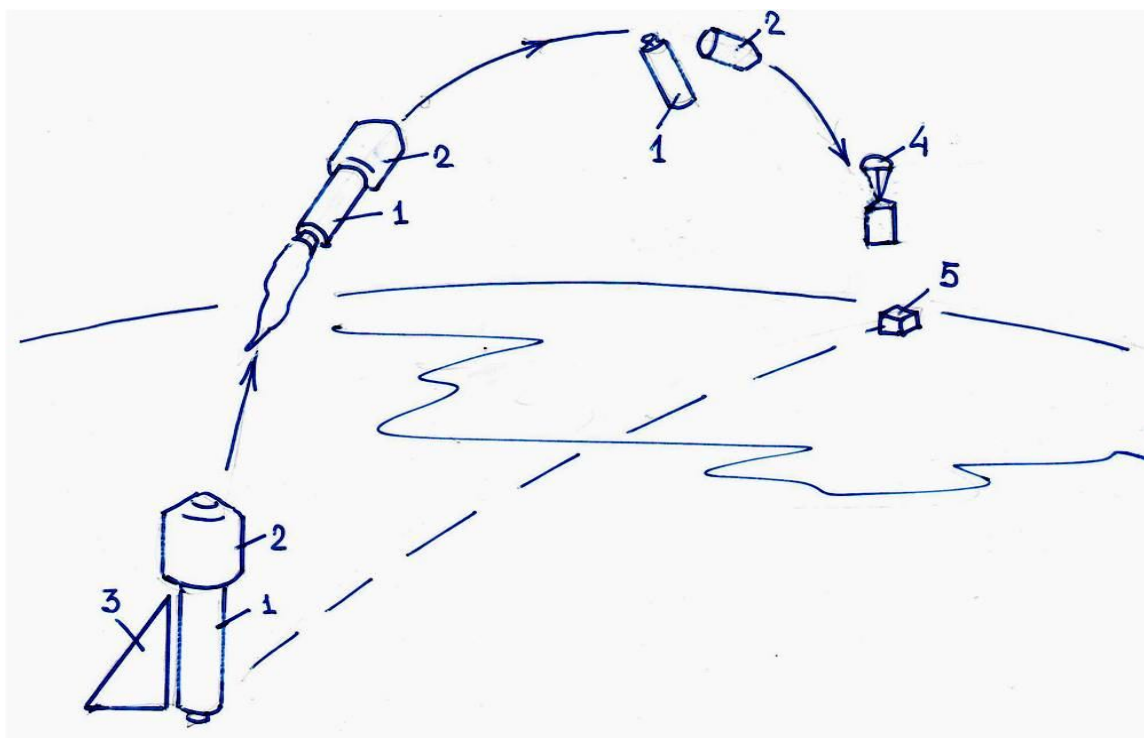
Такое положение дел совершенно не соответствует проблемам, возникающим при ЧС на различных объектах в Арктической зоне – пожарам и взрывам на технологических установках, авариям с травмированием людей и т.п., когда возникает необходимость экстренной доставки необходимых грузов – медикаментов, блоков аппаратуры, запасных частей и др. независимо от метеоусловий, а также экстренной эвакуации персонала, например, при ЧС на морских нефтедобывающих платформах. Решать задачи экстренной доставки существующими транспортными средствами в Арктической зоне (даже с использованием авиации ввиду её зависимости от метеоусловий) не представляется возможным.

В этой связи может быть предложен способ экстренной доставки грузов и эвакуации людей, использующий ступени РН, снимаемых с вооружения по истечению гарантийного срока или в связи с политическими решениями. Эта идея не нова и рассматривалась ещё в 50-60-х годах XX века. Тем не менее, её конкретная реализация изложена в патентах РФ [1-3]. Суть способа заключается в следующем (рис. 1). В исходном положении разгонный блок 1 (желательно РДТТ) с пересылаемым модулем 2 находится на стартовой станции 3. Модуль 2 может быть снабжён посадочной (парашютной) системой 4. В модуле 2 либо изначально находится груз для экстренной доставки, либо модуль 2 может быть оперативно заполнен необходимым грузом для объекта назначения 5, координаты которого известны с требуемой точностью. Стартовых станций 3 оборудуется некоторое количество, исходя из ожидающихся потребностей.

При возникновении необходимости в экстренной доставке груза включается блок 1 и разгоняет модуль 2 на активном участке траектории. По окончании работы блока 1 модуль 2 по баллистической траектории направляется к объекту 5. Мягкое приземление (приводнение) обеспечивает система 4.

В случае пожара или ЧС (например, выбросе АХОВ) на объекте 5 модуль 2 доставляет огнетушащие/нейтрализующие вещества с достаточно высокой точностью к месту ЧС.





**Рис. 1.** Схема функционирования системы экстренной доставки грузов в Арктическом регионе (1 – разгонный блок, 2 – грузовой модуль, 3 – стартовая станция, 4 – посадочная система, 5 – объект назначения)

Аналогичным образом может быть экстренно эвакуирован персонал с аварийного объекта. Предварительно на таких потенциально опасных объектах устанавливаются блоки 1 с модулями 2, оборудованными для безопасного нахождения в них расчётного количества людей с учётом перегрузок. В случае возникновения необходимости (пожар на морской нефтедобывающей платформе) в модуль 2 эвакуируется персонал и документация, после чего включается блок 1, отводящий модуль 2 на безопасное расстояние. Мягкое приземление/приводнение обеспечивает система 4.

Баллистические расчёты показывают, что в зависимости от характеристик блока 1 и массы заполненного модуля 2 он может быть доставлен к объекту 5 на расстояние десятков сотен километров за время, исчисляемое минутами. Точность доставки обеспечивается либо ботовой системой наведения, либо с борта специального летательного аппарата. В случае эвакуации с аварийного объекта особой точности приземления/приводнения модуля 2 не требуется.

Посадочная система 4 может быть выполнена либо в виде обыкновенного парашюта, либо с использованием специального тормозного блока [2].

Таким образом, внедрение указанных разработок позволит как экстренно доставлять необходимые грузы к объектам в Арктической зоне, так осуществлять эвакуацию персонала при возникновении ЧС и доставлять к месту ЧС огнетушащие или нейтрализующие вещества.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Устройство для локализации последствий аварии. Патент РФ 2007204, 1990.
2. Посадочная система. Патент РФ 2001002, 1990.
3. Устройство для эвакуации персонала с аварийного объекта. Патент РФ 2068285, 1992.

*Л. И. Птуха*

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

### **АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ОБУЧАЮЩАЯ СИСТЕМА «СЛУЖЕБНОЕ НАЗНАЧЕНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛИ»**

Любое изделие состоит из деталей, каждая из которых выполняет определенные функции. С помощью одних изделие выполняет своё служебное назначение. Другие обеспечивают функционирование первых. Деталь представляет собой кусок необходимого количества выбранного материала, ограниченного рядом поверхностей или их сочетаний, расположенных одни относительно других, исходя из служебного назначения детали в изделии и наиболее экономичной технологии её изготовления и монтажа. Для того, чтобы правильно построить технологический процесс изготовления детали, необходимо знать точность всех её поверхностей и точность относительного положения последних. Характеристики точности детали приводятся на чертеже и формулируются в технических условиях на изготовление детали. Технические условия на изготовление детали формулируются на основании служебного назначения детали и каждой её поверхности. Поэтому, приступая к разработке технологического процесса изготовления детали необходимо чётко представлять функции каждой её поверхности. Что требует, в свою очередь, прочных знаний разделов «Точность деталей», «Служебное назначение детали» дисциплин «Основы технологии машиностроения» и «Технология машиностроения».

К сожалению, отсутствие большой практики работы с чертежами у студентов данные разделы выполняются с трудом.

Для лучшего усвоения перечисленных разделов, а также качественного выполнения соответствующих разделов в курсовом проекте и выпускной работе на кафедре «Технология машиностроения» в сотрудничестве с кафедрой «Программное обеспечение компьютерных систем» разработана автоматизированная обучающая система (АОС) «Служебное назначение поверхностей детали».

АОС «Служебное назначение поверхностей детали» является тренажёром, и предназначена для студентов, обучающихся по программе бакалавриата по направлению 151900 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств», для работы и проверки навыков в определении функций поверхностей детали.

Приступая к работе, с АОС студенту необходимо зарегистрироваться. Студент должен заполнить обязательные поля: Фамилия, Имя, Отчество, Курс, Группа, Номер студенческого билета и Пароль.

После авторизации программа генерирует случайную деталь и предлагает пользователю определить поверхности детали. Для корректного определения типа поверхности в окне отображается фрагмент сборочного чертежа изделия, содержащий выбранную деталь и её окружение. Если возникает необходимость в просмотре всего сборочного чертежа, пользователь нажимает кнопку «Чертеж», и в новом окне открывается изображение сборочного чертежа всего изделия.

После изучения окружения выбранной детали пользователь указывает исполнительную, основную и вспомогательную поверхности. Формат ввода следующий: 1,2,3, т.е. номера поверхностей перечисляются через запятую. Когда пользователь указал все номера поверхностей, он нажимает кнопку «Подтвердить».

По окончании тестирования (нажатии кнопки «Завершить тест») перед пользователем открывается окно статистики. Он может увидеть средний процент правильных ответов, а также оценку за тест.

В зависимости от результатов тестирования, пользователь сможет увидеть подсказки по тем типам поверхностей, с которыми у него возникли трудности.

В конце сеанса пользователь нажимает на кнопку «Выход» и завершает тестирование.

АОС позволяет преподавателю после авторизации выполнять действия: Добавление детали, Изменение детали, Просмотр оценок. Вся информация о деталях обновляется и сохраняется в базе данных.

При необходимости посмотреть оценки студентов преподаватель нажимает в окне выбора действия «Просмотр оценок». Открывается окно с критериями для поиска студента. Поиск можно производить по: фамилии, курсу или группе студента.

Для работы программы необходимо установить Microsoft .NETFramework 4 или Microsoft .NETFramework 4.5, Установщик 4.5, WindowsPowerShell и MicrosoftSQLServer 2009R2.

После установки MSSQLSERVER 2008R2 необходимо создать базу данных. Чтобы не создавать таблицу вручную и не заносить в нее всю информацию, был сформирован скрипт, который создаст базу данных и занесет в неё всю необходимую информацию о деталях.

***П. В. Пучков, В. Е. Иванов***

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

### **РОЛЬ 3D-МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ДИСЦИПЛИНЫ «ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА»**

Стремительное внедрение в жизнь новых технологий предъявляет высокие требования к уровню подготовки будущих специалистов самых разных областей. Следует отметить, что реформа высшего образования, приводит к существенному изменению в учебных планах некоторых специальностей в связи с внедрением новых ФГОСов, что влечёт за собой уменьшение числа зачётных единиц, а, следовательно, и количество часов на такие, некогда фундаментальные дисциплины, как «Начертательная геометрия и инженерная графика». Использование возможностей графических компьютерных систем в связи с этим, является не только безусловно необходимым для будущих бакалавров (специалистов), но так же и необходимым фактором, уменьшающим трудоёмкость ручного графического труда при вычерчивании аксонометрических проекций технических деталей, выполнении различных видов разрезов, простановке размеров.

В XXI-ом веке невозможно себе представить квалифицированного инженера (бакалавра), не владеющего основами работы в какой либо системе автоматизированного проектирования (САПР). Например, система Auto CAD предназначена для создания трехмерных ассоциативных моделей отдельных деталей и сборочных единиц, содержащих как оригинальные детали, так и стандартные конструктивные элементы. Параметрические технологии позволяют быстро получать модели типовых деталей на основе однажды созданного прототипа. Система Auto CAD позволяет работать с плоской (двумерной) графикой при разработке технологических, электрических архитектурно-строительных и других чертежей, а также создавать трехмерные модели различных деталей, устройств и объектов. Система автоматизированного проектирования существенно сокращает сроки выполнения конструкторской и технической документации, позволяет автоматизировать большинство действий при выполнении чертежа и обеспечивает наибольшую эффективность восприятия изображаемого объекта.

Использование САПР в современном техническом ВУЗе является неотъемлемой частью образовательного процесса при подготовке высококвалифицированных кадров.

Графические программы трехмерного моделирования способны оказать неоценимую помощь будущим специалистам при выполнении курсовых и расчетно-графических работ, графической части дипломных проектов т.п. Использование САПР значительно повысит качество технической и графической документации и уровень самих разработок. Можно выделить следующие преимущества трехмерной графики перед двумерной:

1. трехмерные модели позволяют получать наиболее полное представление о конструкции, дизайне, текстуре, фактуре и цвете объекта.
2. Трехмерные модели позволяют человеку со слабым пространственным воображением наиболее точно и однозначно представить конструкцию и устройство объекта.
3. Различные системы автоматизированного проектирования позволяют не только визуализировать трехмерный объект, но и просчитывать их параметры: массу, объем и другие и д.р.

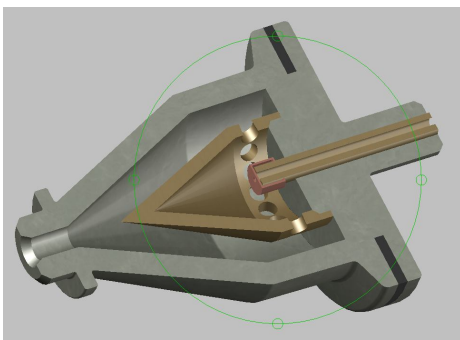
Например, на рис. 1 представлено трехмерное изображение насадки для распыления огнетушащего вещества (порошка), которое было выполнено при помощи 3-х мерного модуля программы AutoCAD-2013.

Данная трехмерная модель позволяет получить наиболее полное представление о конструкции разработанного устройства, материале из которого оно изготовлено, цвете и т.д. Помимо этого на трехмерной модели всегда можно выполнить различные виды разрезов (простые и сложные) для выявления внутренней конструкции детали (см. рис. 2).

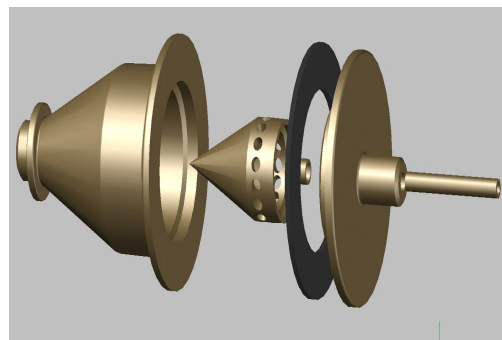
Также следует отметить, что из трехмерную модель (сборочную единицу) всегда можно разобрать на составные части, изучив при этом конструкцию каждой детали (см. рис. 3). Зачастую двумерный чертеж какого-либо проекта является не достаточно наглядным и информативным, особенно для зрителя (заказчика, клиента) не обладающего пространственным воображением и не обладающего соответствующей технической грамотностью. Поэтому трехмерное изображение объекта позволит зрителю, рецензенту, заказчику и т.п. дать полную и однозначную информацию о представляемом проекте.



**Рис. 1.** Трехмерное изображение насадки для распыления огнетушащего вещества



**Рис. 2.** Трех мерное изображение насадки для распыления огнетушащего вещества в разрезе



**Рис. 3.** Трехмерное изображение насадки для распыления огнетушащего вещества (в разобранном состоянии)

#### ЛИТЕРАТУРА

1. 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 международной научно-практической конференции. – Елец, 2014.

2. Легкова, И.А. Визуализация учебного материала средствами системы Компас-3D / И.А. Легкова, С.А. Никитина, В.П. Зарубин, В.Е. Иванов. – Современные проблемы высшего образования: материалы международной научно-методической конференции. – Курск, 2011.

*И. А. Роммель, В. Е. Иванов*

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

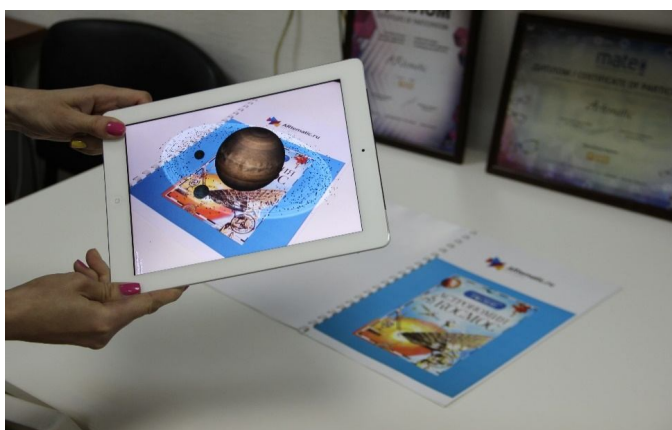
## ВОЗМОЖНОСТИ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ ПРИ РЕМОНТЕ ПОЖАРНОЙ ТЕХНИКИ

Дополненная реальность (Augmented reality, AR) – это результат введения в трёхмерное поле восприятия человека различных виртуальных данных, которые воспринимаются как элементы реального мира. Их цель - дополнить сведения об окружении и улучшить восприятие информации [1]. Существует множество программных продуктов для мобильных устройств и для персональных компьютеров, которые позволяют при помощи дополненной реальности получить необходимые сведения об окружении: браузеры дополненной реальности и специализированные программы для отдельных сервисов, компаний или даже единственных моделей (рис. 1).

Само распространение дополненной реальности и нарастающая известность технологии связано с тем, что вычислительная мощность и набор датчиков в аппаратных платформах для смартфонов и планшетов позволяют производить наложение любых цифровых данных на получаемое в реальном времени со встроенных в устройства камер изображение. Часть решений в этой области воплощается в виде нательных компьютеров (в том числе в качестве элементов умной одежды) для постоянного контакта со средой дополненной реальности.

Дополненная реальность определяется как составное или ложное представление о мире, созданном посредством изображений на компьютере в режиме реального времени. Мортон Хейлиг известен как «Отец виртуальной реальности» благодаря своим исследованиям и изобретениям в 50-х и 60-х, запатентовал свое изобретение Sensorama стимулятор 28 августа 1962 года, который назвал «кинотеатр». Sensorama моделирует ситуацию дуновений ветра и вибраций. В 1968 г. ученый Гарвардского университета и профессор Айвен Сазерланд вместе с учеником Бобом Спроул изобрели «Дамоклов меч», по сути, первый в мире AR шлем (рис. 2).

Уже сейчас дополненная реальность имеет широкое применение. Она используется в медицине, производстве, строительстве, военном деле, моделировании и затрагивает множество сфер деятельности, так почему же ее не применить к ремонту машин.



**Рис. 1.** Пример использования технологии «дополненная реальность» на планшетном компьютере



**Рис. 2.** Дамоклов меч, 1965 г.



С помощью дополненной реальности можно самостоятельно отремонтировать любую деталь пожарной техники (при наличии запчастей). Всё, что для этого потребуется – надеть очки с технологией дополненной реальности (augmented reality). Виртуальные инструкции будут накладываться на видимые предметы реального мира и подсказывать, как извлечь или подсоединить тот или иной элемент. Данную технологию ремонта машин разработали в Колумбийском университете (Columbia University) и провели испытания силами американских военно-морских сил, в результате техническое обслуживание с её помощью осуществляется вдвое быстрее обычного количества времени.

Работает AR следующим образом (рис. 3).

Пользователь надевает устройство наподобие системы ночного видения, и перед его взглядом появляются трёхмерные указатели на относящийся к ремонту компонент, текстовые инструкции, метки и предупреждения, а также анимированные модели подходящих инструментов. Контроль вывода данных осуществляется с помощью расположенного на запястье смартфона с сенсорным экраном G1 на платформе Android. По словам профессора компьютерных наук и главы Лаборатории компьютерной графики и пользовательских интерфейсов (Computer Graphics and User Interfaces Laboratory) Колумбийского университета Стивена Фейнера (Steven Feiner), идея заключается в предоставлении человеку «информации, необходимой для поиска и исправления проблем более эффективным и точным путём».



Рис. 3. Ремонт техники



Рис. 4. Указатель и виртуальная отвёртка

Исследователи впервые объединили технологии лазерного сканирования и фотографии, благодаря чему построили трёхмерную модель интерьера транспортного средства и разработали программное обеспечение, инструктирующее пользователей в задачах техобслуживания. Десять камер внутри кабины использовались для отслеживания позиции трёх инфракрасных LED-диодов, расположенных на головном дисплее. В будущем камеры планируется интегрировать в надеваемую систему.

Шесть участников теста выполнили 18 заданий с помощью AR. Для сравнения те же механики применяли не отслеживаемый дисплей, показывавший только статические инструкции без стрелок или указателей на компоненты. В первом случае задания были выполнены в среднем на 56% быстрее. А преимущество по отношению к стационарному компьютерному экрану составило 47%.

Дальнейшее развитие технологии в данном направлении позволит быстро и качественно проводить обслуживание и ремонт техники, даже не квалифицированному персоналу.

Технология «дополненная реальность» имеет широкие возможности применения и в образовательном процессе. Например, при изучении пожарно-технического оборудования на странице учебника могут быть маркеры, в которые встроены трехмерные модели, анимация, видео, опрос по итогам изучения темы.

Уже сейчас есть устройства, которые позволяют взаимодействовать с 3D-контентом и изучать невидимые глазу человека явления и процессы. Благодаря дополненной реальности восприятие учебной информации может стать более наглядной и запоминающейся.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Дополненная реальность [электронный ресурс] // Сайт wikipedia. / Режим доступа <http://www.wikipedia.org>.
2. Дополненная реальность [электронный ресурс] // Сайт Augmented reality / Режим доступа <http://www.augment.com>.
3. Дополненная реальность [электронный ресурс] // Сайт 3Dnews / Режим доступа <http://www.3dnews.ru>

*Н. А. Таратанов, Т. А. Мочалова, О. Е. Сторонкина*

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

#### **ИНТЕРАКТИВНОЕ ОБУЧЕНИЕ КАК СОВРЕМЕННЫЙ ПОДХОД ТЕХНОЛОГИИ ПРЕПОДАВАНИЯ**

Применение современных технологий в образовательном процессе становится неотъемлемой частью современного обучения в высшей школе. Постоянное развитие культуры, технологии производства, экономики, так или иначе затрагивают и процесс обучения. Поэтому в настоящее время необходимо пересматривать методики преподавания, определив какой ей быть в современном мире. Методика проведения занятий нацелена на передачу знаний и формирование уверенной личности, способной к самостоятельному получению знаний. Особое внимание уделяется познавательной деятельности обучающихся. Все это способствует внедрению в учебных заведениях интерактивных методов обучения.

В данной публикации авторами изложены теоретические и практические обоснования применения технологий интерактивного обучения на занятия по дисциплине «Теории горения и взрыва».

В основе статьи лежит исследование форм и технологий интерактивного обучения на занятиях по дисциплине «Теории горения и взрыва».

Понятие интерактивное обучение – обучение, построенное на взаимодействии обучающегося с учебным окружением, учебной средой, которая служит областью осваиваемого опыта.

Обучаемый становится полноправным участником учебного процесса, его опыт служит основным источником учебного познания. Преподаватель не даёт готовых знаний, но побуждает участников к самостоятельному поиску. По сравнению с традиционным обучением в исполнении обязанностей меняется взаимодействие преподавателя и обучающегося: активность преподавателя уступает место активности обучающихся, а задачей преподавателя становится создание условий для их инициативы. Преподаватель выполняет функцию помощника в работе, одного из источников информации.

Таким образом, интерактивное обучение – это диалоговое обучение, в ходе которого осуществляется взаимодействие преподавателя и обучающихся. Основной характеристикой данного метода является: специальная форма организации познавательной деятельности. Она имеет конкретные и прогнозируемые цели. Одной из таких целей: создание комфортных условий, при которых обучаемый чувствует свою успешность и интеллектуальную состоятельность, что делает продуктивным процесс обучения.

Суть интерактивного обучения заключается в организации учебного процесса таким образом, что все обучаемые вовлечены в учебный процесс, имея возможность понимать и анализировать свои мысли. Совместная работа обучаемых в процессе освоения учебного материала позволяет каждому вносить свой индивидуальный вклад, таким образом, идет обмен знаниями, идеями и способами деятельности. Это должно происходить в атмосфере искреннего, душевного общения и взаимной поддержки с сокурсниками вне зависимости от их взглядов и убеждений, что позволяет получать новые знания и развивать когнитивную деятельность, переводя ее на более высокий уровень.

Интерактивный метод исключает доминирование как одного выступающего, так и одного мнения над другим. В ходе диалога обучаемые учатся мыслить в критических ситуациях, решать сложные проблемы, основываясь на анализе обстоятельств, взвешивая альтернативные мнения, принимая правильные и продуманные решения, через общение с другими людьми. Для этого на занятиях организуется индивидуальная или групповая работа. Например, выполнить индивидуальные задания, по новой теме вставив пропущенные слова в задании, прочитав новый материал из учебной литературы. Выделив незнакомые определения и понятия в тексте, что способствует развитию стратегий смыслового чтения и работе с новой информацией. Изменение характеристик в нужном и ожидаемом направлении способствует преодолению препятствий в практической деятельности.

В преподавании ролевые игры, возможно, использовать на стадии закрепления пройденного материала. Например, игра «Цветок», где лепестки будут являться вопросами разного уровня сложности. Обучаемые должны уметь работать с документами и различными источниками информации. Для организации самостоятельной подготовки обучающихся применяются творческие работы, так например, сочинить эссе, стихотворение тему выбранной профессии.

Наиболее известные формы интерактивного обучения на занятиях – «большой круг», «мозговой штурм», «дебаты» и т.д. Эти формы являются эффективными при обсуждении профессиональных проблем на занятиях, при этом у обучаемых уже имеются первоначальные профессиональные знания, полученные в процессе обучения или в личном опыте. Обсуждаемые темы не должны быть закрытыми или очень узкими. Так, например, нет смысла в групповом обсуждении вопроса о том, какое влияние имеет направление ветра на гомогенное горение жидкости в РВС-2000 (резервуаре вертикальном стальном). Важно, чтобы уровень имеющей проблемы разрешал перейти от предметной к вопросам межпредметной проблемы.

При обсуждении вопросов о горении и перехода его во взрыв могут стать предметом группового обсуждения. В этом случае обучаемые совместно будут решать вопрос об обоснованности применения и соответствия имеющихся теоретических и практических знаний о горении.

При работе с обучаемыми начальных курсов правильней начинать с наиболее простой формы, т.е. работа в парах и в малых группах («большой круг» и «аквариум»). Данная форма позволяет ребенку высказать свою мысль, взгляд и оценку. Выслушав предложенные аргументы собеседника по игре обучаемый может отступить от своей точки зрения и поменять ее. При изучении дисциплины «Теория горения и взрыва» это особенно актуально, т.к. вопросы о возникновении и прекращении горения очень важны в профессии пожарного. Все эти вопросы требуют от обучаемого логического мышления и уважения к чужому мнению.

Наиболее распространенной формой группового взаимодействия является «большой круг». Работа проходит в три этапа:

1. Группа рассаживается по большому кругу. Преподаватель формулирует проблему.
2. В течение определенного времени (примерно 10 минут) каждый обучающийся индивидуально, на своем листе записывает предлагаемые меры для решения проблемы.



3. По кругу каждый обучаемый зачитывает свои предложения, группа, не критикуя, выслушивает и проводит голосование по каждому пункту – учитывать или нет его в общее решение, которое фиксируется на доске.

Метод «большого круга» хорошо подходит, когда необходимо быстро принять решение по возникшей проблеме или выбрать правильное направление решения. С помощью данного метода существует возможность, разрабатывать алгоритмы решения различных ситуаций возникающих в работе пожарного.

С следующим методом «аквариум» – форма диалога, когда обучаемым предлагают обсудить проблему «перед лицом общественности». Данная пара обучающихся выбирает доверительного ведущего, который будет вести диалог. Не исключается и возможность появления несколько желающих. Все остальные обучающиеся являются зрителями. Отсюда и возникает название – аквариум. Этот прием дает возможность увидеть своих однокурсников со стороны, как они общаются; как реагируют на чужую мысль; как устраняют нависший конфликт; как доказывают и отстаивают свою точку зрения.

Педагогам, предлагаем некоторые правила организации интерактивного обучения на занятиях:

1. В работу должны быть вовлечены все обучаемые на семинарских или практических занятиях.

2. Необходимо подготовить обучающихся к интерактивным занятиям. То есть необходимо учитывать психологию каждого обучаемого (закрепощенность, скованность, традиционность поведения). Необходимо поощрение обучающихся за активное участие в работе семинара или практического занятия, с целью повышения самооценки и раскрепощенности обучаемого.

3. Продуктивная работа в малых группах возможна, если участие принимает не более 30 человек в группе, так как количество участников и качество обучения могут оказаться в прямой зависимости. Так как очень важно, чтобы каждому была предоставлена возможность выступить по выдвинутой проблеме.

4. Аудитория должна быть подготовлена с таким расчетом, чтоб участникам было легко включаться в работу больших и малых групп. Другими словами для обучаемых должен быть создан физический комфорт. Поэтому рабочие места лучше расставить так, чтобы каждый обучаемый имел возможность общаться с партнером в группе.

5. Отнеситесь внимательно к регламенту занятия. Необходимо установить правила в начале занятия и не нарушать их. Например, полезно договориться о том, что всем участникам необходимо проявлять уважение к точке зрения каждого.

6. При делении обучаемых на малые группы основываться на добровольности и при необходимости прибегнуть к случайному выбору.

В заключение хотелось бы отметить, что интерактивное обучение помогает решать одновременно несколько задач. Выбранный нами метод развивает коммуникативные способности и навыки, устанавливая психо-эмоциональные контакты между сокурсниками, обеспечивая образовательные и воспитательные задачи. Обучаемые приучаются работать в команде, прислушиваются к мнению своих однокурсников. Использование интерактивного обучения в процессе занятия снимает нервное напряжение обучающихся. Оно предоставляет возможность изменять формы их работы и переключать внимание обучаемых на главные вопросы темы занятий.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Панфилова А.П.* Инновационные педагогические технологии. Активное обучение. М.: 2009. - 192 с.
2. *Селевко Г.К.* Современные образовательные технологии. М.: 1998. - 256 с.

3. Учебное пособие для студентов педагогических учебных заведений / В.А.Сластенин, И.Ф.Исаев, А.И.Мищенко, Е.Н. Шиянов. - М.: Школа-Пресс, 1997. - 512 с.
4. *Бордовская Н.В.* Психология и педагогика. Стандарт третьего поколения. Учебник для ВУЗов. Изд. Питер. 2013. - 624 с.
5. *Кузовкина Л.В.* Интерактивное обучение как новый подход технологии XXI века.

*Д. В. Шалчус, А. А. Покровский*

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

## ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

Изменения в области профессиональной подготовки, создание новых моделей процесса обучения обусловлены серьезными изменениями во взглядах преподавателей, руководителей вузов и практических подразделений государственной противопожарной службы на требования к профессиональным качествам специалиста. Конкурентоспособность на рынке образовательных услуг, активизация инновационной деятельности и применение новых подходов в преподавании профессиональных дисциплин являются необходимым условием для решения задач повышения эффективности использования научно-технического потенциала и повышения качества профессионального образования. Инновации наряду с повышением качества образования предполагают внедрение новых информационно-коммуникационных технологий, профильного и дистанционного обучения.

Процесс технологии обучения есть последовательность педагогических процедур, операций и приемов, составляющих в совокупности целостную дидактическую систему, реализация которой в педагогической практике приводит к достижению гарантированных целей обучения и способствует целостному развитию личности обучающегося. Результатом технологии обучения является научный проект, описание, или модель дидактического процесса, воспроизведение которого гарантирует успех педагогических действий.

В связи с появлением в вузах компьютерной и мультимедийной техники информационные технологии выделились в самостоятельное направление технологизации учебного процесса. Основным критерием, по которому можно отнести ту или иную технологию к информационной, является совокупность используемых преподавателем средств обучения.

В настоящее время принято выделять два явно выраженных подхода к трактовке термина «Информационные технологии». В рамках первого подхода информационную технологию рассматривают как дидактический процесс, организованный с использованием совокупности внедряемых в систему обучения принципиально новых средств и методов обработки данных, представляющих целенаправленное создание, передачу, хранение и отображение знаний и идей с наименьшими затратами и в соответствии с закономерностями познавательной деятельности обучающихся. Второй подход предусматривает создание определенной технической среды обучения, в которой ключевое место занимают используемые информационные средства. Таким образом, в первом случае говорится о технологии как процессе обучения, а во втором – об использовании в учебном процессе специфических программно-технических средств, обеспечивающих информатизацию учебного процесса. При этом под информатизацией учебного процесса понимается комплекс социально-педагогических преобразований, связанных с насыщением образовательных систем информационной продукцией, средствами и технологией, внедрения информационных средств, основанных на микропроцессорной технике, а также информационной продукции и педагогических технологий, базирующихся на этих средствах.

Информационные технологии неразрывно связаны с так называемой профессионально-ориентированной технологией обучения в рамках которой следует понимать технологию, обеспечивающую формирование у курсантов и слушателей значимых для их будущей профессиональной деятельности качеств личности, а также знаний, навыков, умений, обеспечивающих выполнение функциональных обязанностей по предназначению. В данном случае основной задачей преподавателя является формирование технологического видения процесса обучения, его особенностей и специфики в соответствии с предметным содержанием преподаваемой учебной дисциплины. Преподаватель становится автором проекта учебного процесса, реализация которого позволяет сформировать у обучающихся значимые профессиональные качества личности, подготовить их к трудовой деятельности по предназначению.

Выше перечисленные технологии реализуются в преподавании дисциплин профессионального цикла в Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России, таких как «Начертательная геометрия», «Инженерная графика», «Механика», «Прикладная механика», «Детали машин», «Материаловедение и технология материалов». Основными формами учебных занятий по данным дисциплинам являются лекции, практические занятия и лабораторные работы. Эффективность усвоения материала происходит за счет применения информационных и профессионально ориентированных технологий.

Реализация информационных технологий осуществляется в первую очередь при чтении лекций, так как для активизации одновременно нескольких каналов восприятия информации необходима наглядность материала, которая демонстрируется с помощью компьютерных средств. Это позволяет преподносить материал крупным планом и в динамике. Презентационный материал должен соответствовать основному замыслу лекции. Объем материала, выносимого на один слайд, не должен быть большим, так как простота и доходчивость важнейшее качество презентации.

Практические занятия, занимающие большую часть времени являются дополнением к лекционному курсу, они закладывают и формируют основы квалификации специалиста. Содержание этих занятий и методика их проведения должны обеспечивать развитие творческой активности обучающихся, их научного мышления. Поэтому практические занятия должны выполнять не только познавательную и воспитательную функции, но и необходимость овладения опытом профессиональной деятельности. Поэтому в большинстве практических занятий приоритетной является профессионально-ориентированная технология обучения.

Связующим звеном между теоретической работой обучающихся на лекциях и решением задач на практических занятиях является лабораторный практикум. При выполнении лабораторных работ, курсанты и студенты решают не только задачи предусмотренные рабочими программами конкретной кафедры, но и учебные задачи специальных кафедр. Преемственность в осуществлении экспериментальной подготовки между кафедрами достигается, прежде всего, строгой согласованностью учебных программ, и в частности программ лабораторных занятий. Таким образом, само построение лабораторного практикума должно способствовать установлению логических связей профилирующего курса с другими учебными дисциплинами с тем, чтобы курсанты и слушатели усвоили его как целостную систему со всей структурой, отражающей изучаемую дисциплину. Именно в лабораторном практикуме в полном объеме реализуются как информационные, так и профессионально-ориентированные технологии обучения.

Рассматривая современные технологии обучения на примере аудиторных занятий нельзя забывать о самостоятельной работе курсантов и слушателей, которая предусматривает разработку рефератов, выполнение расчетно-графических работ, курсовых работ (проектов) в соответствии с рабочей программой дисциплины. Данный вид работы обучающихся под руководством преподавателя является одним из видов учебных занятий. Следовательно, самостоятельная работа курсантов и слушателей под руководством преподавателя – это логическая связь с другими видами учебных занятий.

В качестве примера реализации информационных и профессионально-ориентированных технологий можно привести выполнение обучающимися курсовых проектов по дисциплинам «Механика» и «Детали машин», где от обучающихся требуется комплекс знаний по всем дисциплинам, изученным на кафедре. Выполнение графической части курсовых проектов базируется на знании смежных, ранее пройденных дисциплин: «Начертательная геометрия», «Инженерная графика». Порядка 8-10 лет назад графическая часть курсовых проектов выполнялась исключительно вручную. При этом в настоящее время доля данных работ составляет менее 2% от общего числа. Это стало возможным благодаря внедрению в учебный процесс информационно-коммуникационных технологий, основанных на использовании средств информатизации образования. К данным средствам относятся аппаратное и программное обеспечение, образующие аппаратно-программный базис, который является первым компонентом при реализации компьютерных технологий в учебном процессе.

В качестве второго компонента качественной реализации компьютерных технологий в учебном процессе выступает непосредственно преподаватель. Именно преподаватель, ведущий дисциплину должен обладать достаточными знаниями в области специальных дисциплин для установления междисциплинарных связей с целью реализации профессионально-ориентированной технологии подготовки специалистов в области пожарной безопасности.

Таким образом, можно сделать вывод, что к основным требованиям, предъявляемыми к современным технологиям обучения относятся, прежде всего, развитие у обучающихся личностных качеств и активизация познавательной деятельности. Эти требования воплощаются в принципиальной направленности содержания и форм учебного процесса на приоритет личностно-развивающих и профессионально-ориентированных технологий обучения.

*Р. М. Шипилов, С. Г. Казанцев*

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

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПОДГОТОВКИ ГАЗОДЫМОЗАЩИТНИКОВ**

Здания и сооружения, относящиеся как к современным постройкам, так и старому фонду с расположенными в них подвалами и подсобными помещениями, имеют множество недостатков. К недостаткам можно отнести:

- достаточно узкие коридоры, проходы, лестничные пролёты;
- в подвалах, подсобных помещениях размещаются не скрытые водопроводные трубы, висящие, не убранные в кабель-каналы провода;
- во многих жилых помещениях и торговых центрах устанавливают подвесные потолки, фальшь-стены из гипсокартона, которые монтируются на металлических конструкциях и в них монтируется огромное количество проводов и кабелей и т.д.

Всё это в случае пожара или обрушения может стать ловушкой не только для людей, но и для пожарных. В связи с этим существует необходимость для разработки технических средств обучения с целью повышения качества подготовки обучаемых к решению оперативно-тактических задач по ведению аварийно-спасательных работ.

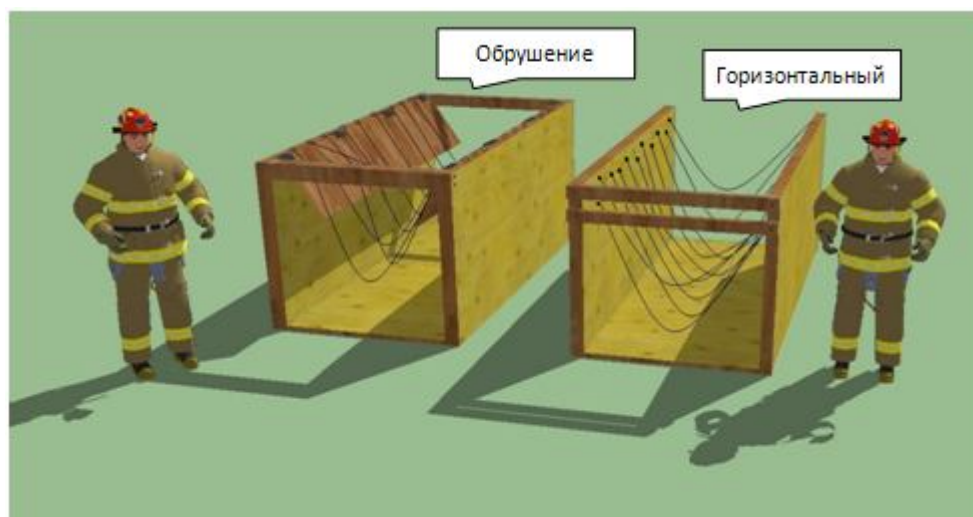
Для этих целей разработан проект тренажерного комплекса запутывание (ТКЗ-2) при отработке навыков самоспасения и спасения пострадавших (рис. 1).

Тренажерный комплекс запутывание (ТКЗ-2) предназначен для формирования и совершенствования у обучаемых профессиональных умений и навыков при самоспасении и спасении пострадавших, с применением пожарно-технического оборудования и снаряжения.

Целью работы является формирование у обучаемых профессиональных компетенций в виде следующих знаний, умений и навыков:

- умений технически правильно выполнять действия по продвижению через провода и верёвки, используя технику «плавания»;
- навыков работы с пожарно-техническим оборудованием и снаряжением при проведении самоспасания и спасания пострадавших;
- навыков работы в составе звена ГДЗС.

Коридор из двух тренажёров ТКЗ-2 «Обрушение» (рис. 1) имитирует коридор во время прохождения которого, происходит обрушение потолка и на газодымозащитника падают провода и верёвки. Данный тренажёр может быть оборудован звуковым сопровождением. При использовании звукового сопровождения может быть имитирован звук не только обрушения потолка, но и пожара, просящего помощи человека и т.д. Также в данном тренажёрном комплексе ТКЗ-2 может применяться и дымовая завеса, ограничивающая зону видимости при продвижении. В этом случае данный тренажёр может быть использован не только для отработки определённых умений и навыков, но и в качестве психологической подготовки.



**Рис. 1.** Тренажерный комплекс запутывание (ТКЗ-2)

В состав тренажерного комплекса ТКЗ-2 входит 2 тренажёра:

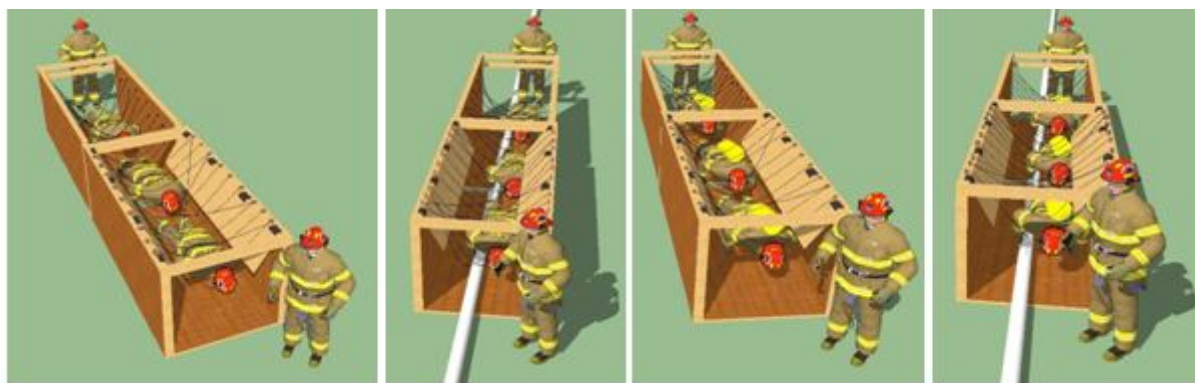
1. Тренажёр запутывание «Обрушение» (рис. 1) представляет ограниченный по ширине коридор с двусторчатой крышей. В случае прохождения тренажёра имитируется обрушение потолка. Тренажёр оснащён свисающими проводами, кабелями и верёвками.
2. Тренажёр запутывание «Горизонтальный» (рис. 1) представляет ограниченный по ширине коридор со свисающими проводами, кабелями и верёвками.

Использование тренажёров на учебных занятиях позволит отработать наибольшее количество упражнений, что позволит разнообразить тематику занятий по дисциплинам пожарно-строевая подготовка и подготовка газодымозащитника.

Возможные варианты упражнений:

Продвижение в тренажёрном комплексе запутывание в составе звена ГДЗС (рис. 2) осуществляется в составе звена ГДЗС. Дистанция между газодымозащитниками должна быть достаточной, чтобы в задымлённых условиях не терять из вида впереди идущего.

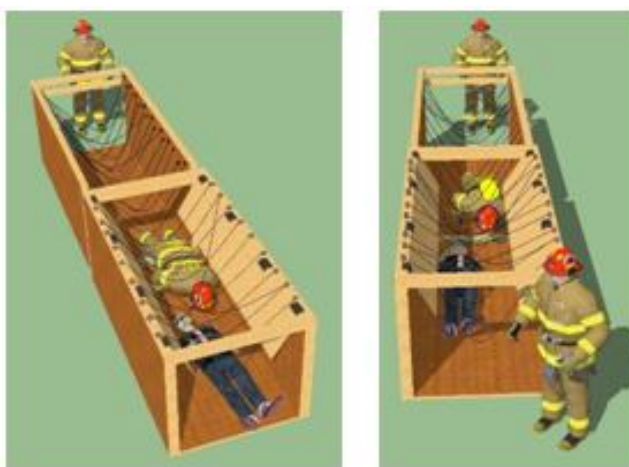
Продвижение осуществляется в боевой одежде пожарного в СИЗОД условиях ограниченной видимости (задымление внутри тренажёра) по пожарному рукаву.



**Рис. 2.** Продвижение через тренажёрный комплекс запутывание (ТКЗ-2) в составе звена ГДЗС

Продвижение к пострадавшему (рис. 3) осуществляется с использованием СИЗОД. Оказание первой помощи осуществляется с помощью спасательного устройства и дополнительного снаряжения.

Таким образом, разработка и использование тренажёрного комплекса ТКЗ-2 в учебных занятиях доказывает, что данные тренажёры могут решать не только задачи технической, тактической подготовки, но и психологической в комплексе. Выполнение на учебных занятиях специальных упражнений в усложнённых условиях, будет способствовать формированию профессиональных умений и навыков, что в свою очередь обеспечит высокий уровень подготовленности обучаемых. Также использование тренажёров в учебном процессе может повысить интерес к занятиям и увеличит двигательную активность.



**Рис. 3.** Продвижение к пострадавшему и оказание первой помощи

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Шипилов Р.М.* Разработка проекта тренажерного комплекса запутывание при отработке навыков самоспасения и спасения пострадавших (ТКЗ-3). Пожарная и аварийная безопасность: сборник материалов X Международной научно-практической конференции, посвящённой 25-летию МЧС России / Р.М. Шипилов, С.Г. Казанцев, К.С. Романов – Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2015. – 420 с.

*Р. М. Шипилов, С. Г. Казанцев, Е. В. Ишухина, Е. А. Орлов*  
(ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»)

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ ПРОЦЕССА ПРОФЕССИОНАЛЬНО-ПРИКЛАДНОЙ ПОДГОТОВКИ КУРСАНТОВ МЧС РОССИИ

Подготовка пожарных и спасателей, обеспечивающих потребности государства и общества в высококвалифицированных специалистах является важнейшей задачей образовательных учреждений МЧС России. Важную роль в профессиональной подготовке курсантов занимает формирование необходимых компетенций в области пожарной безопасности. Курсант должен обладать определённым набором профессионально важных знаний, умений и навыков и применять их на практике. Процесс подготовки курсантов в образовательных учреждениях МЧС России сопряжён с работой в сложных, а иногда в экстремальных условиях. Учебный процесс связан с выполнением задач по преодолению 100 м полосы с препятствиями, подъём по штурмовой лестнице в окно 4-го этажа, установка и подъём по выдвинутой лестнице в окно 3-го этажа и т.д. Всё это требует от курсанта владение высоким уровнем не только технической, но и физической подготовленности. Представленные упражнения являются базовыми при подготовке будущих пожарных и спасателей.

В настоящий момент дисциплина «Пожарно-строевая подготовка» (далее – ПСП), на которой изучаются представленные упражнения проходит только на 1 и 2 курсе (табл. 1). На последующих курсах данная дисциплина не представлена. Однако при проведении тактических учений, спортивных олимпиад и т.д. все курсы выполняют данные упражнения как контрольный норматив. При этом старшие курсы сталкиваются с проблемой отсутствия тренированности и тем самым снижения результативности в выполнении данных упражнений.

Таблица 1. Примерный тематический план дисциплины ПСП

Дисциплина	1 семестр	2 семестр	3 семестр	4 семестр	5 семестр	6 семестр	7 семестр	8 семестр	9 семестр
	Практические	Практические	Практические	Практические	Практические	Практические	Практические	Практические	Практические
<b>Специальность 20.05.01 «Пожарная безопасность»</b>									
Пожарно-строевая подготовка	14	22	72	-	-	-	-	-	-
<b>Направление подготовки 20.03.01 «Техносферная безопасность» профиль «Пожарная безопасность»</b>									
Пожарно-строевая подготовка	40	52	28	-	-	-	-	-	-

Грамотное взаимодействие смежных дисциплин позволяет создавать процесс обучения перманентным, что в свою очередь создаёт условия для совершенствования технической и физической подготовленности личного состава в учебных заведениях пожарно-технического профиля [1, 2, 3]. Одной из смежных дисциплин в подготовке пожарных и спасателей является «Физическая культура». Именно она на первоначальном этапе обучения формирует базовую составляющую подготовленности курсантов и на последующих этапах закрепляет и совершенствует те физические качества, которые необходимы в будущей профессиональной деятельности.

Во всех образовательных учреждениях МЧС России на дисциплине «Физическая культура» приоритетным направлением является общая физическая подготовка. На базе Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России занятия курсантов осуществляются по следующим темам: лёгкая атлетика, прикладная гимнастика, боевые приёмы борьбы, лыжная подготовка, спортивные игры, преодоление препятствий, ускоренное передвижение [4, 5]. В процессе занятий общей физической подготовки происходит развитие и совершенствование физических качеств: быстроты, силы, гибкости, ловкости и выносливости. Темы: преодоление препятствий и ускоренное передвижение также решают задачи профессионально-прикладной (специальной) физической подготовки. В них входят прикладные упражнения: преодоление естественных и искусственных преград (рвов, канав, оврагов, водных препятствий, поваленных деревьев, заборов и т.д.). Представленные упражнения направлены на развитие специальной выносливости, ловкости и пространственной ориентации. Однако, решая в основном задачи общей физической подготовки, происходит отрыв её от решения задач профессионально-прикладной (специальной) физической подготовки, где формируются необходимые навыки и приёмы в условиях, максимально приближенных к реальным. В Приказе МЧС РФ «Об утверждении Наставления по физической подготовке личного состава федеральной противопожарной службы» от 30 марта 2011 г. № 153, задачами профессионально-прикладной (специальной) физической подготовки личного состава являются: овладение навыками преодоления 100-метровой полосы с препятствиями и подъёма по штурмовой лестнице [4]. Все выше перечисленные факторы и послужили идеей совершенствования программы по дисциплине «Физическая культура».

В качестве экспериментальной площадки выступила Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России. На её базе научным коллективом кафедры пожарно-строевой, физической подготовки и ГДЗС (в составе УНК «Пожаротушение») разрабатывается инновационная рабочая программа по дисциплине «Физическая культура».

Целью программы является формирование физически развитых специалистов, владеющих необходимым объёмом специальных знаний, прикладных навыков, физических и психических качеств, позволяющих им успешно выполнять служебные задачи.

В настоящее время общее количество времени, отводимого на занятия по дисциплине «Физическая культура», согласно федеральному государственному образовательному стандарту высшего образования, составляет две зачётные единицы реализуемые в объёме не менее 400 часов, при этом объём практических занятий составляет не менее 360 часов. Это время распределяется по семестрам, на весь период обучения курсантов по специальности 20.05.01 Пожарная безопасность и направлению подготовки 20.03.01 «Техносферная безопасность» профиль «Пожарная безопасность» (табл. 2).

Представленный объём практических занятий включает в себя 14,6% времени отводимого на решение задач профессионально-прикладной (специальной) физической подготовки. Остальные часы распределяются на решение задач общей физической подготовки. Анализируя рабочий объём времени по дисциплине «Физическая культура» в соотношении общей и профессионально-прикладной (специальной) физической подготовки, а также поставленные задачи по подготовке высококвалифицированных специалистов пожарно-технического профиля, возникает необходимость увеличения количества времени на профессионально-прикладную (специальную) физическую подготовку за счёт имеющегося объёма



ёма времени общей физической подготовки. Другой немаловажный фактор, свидетельствующий о необходимости внесения корректировок в имеющиеся рабочие программы, является включение двух новых тем: преодоление 100-метровой полосы с препятствиями и подъём по штурмовой лестнице.

Таблица 2. Примерный тематический план дисциплины

Дисциплина	1 семестр		2 семестр		3 семестр		4 семестр		5 семестр		6 семестр		7 семестр		8 семестр		9 семестр
	Лекции	Практические	Лекции	Практические	Лекции	Практические	Лекции	Практические	Лекции	Практические	Лекции	Практические	Практические	Лекции	Практические	Практические	
<b>Специальность 20.05.01 Пожарная безопасность</b>																	
Физическая культура	2	38	2	52	2	38	2	53	2	38	2	52	34	2	52	22	
<b>Направление подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность профиль Пожарная безопасность</b>																	
Физическая культура	2	42	2	72	2	38	2	66	2	44	2	66	40	2	18	-	

100-метровая полоса с препятствиями представляет собой специально оборудованную дистанцию длиной 100 м. Она состоит из линии старта, забора, двух льняных рукавов длиной по 20 м в скатках, бума, ограничительной линии, трёхходового разветвления, линии финиша. Подъём по штурмовой лестнице в окно 4 этажа (юноши), 2 этажа (девушки) учебной пожарной башни представляет собой дистанцию 32 м 25 см. и учебную пожарную башню. Башня представляет собой каркас четырёхэтажной башни, окна 2, 3, 4 этажей, пола 2, 3, 4 этажей. Форма одежды курсантов при выполнении упражнений спортивная со снаряжением (пояс, каска). Включение в программу дисциплины «Физическая культура» данных тем необходимо для закрепления и совершенствования у курсантов основных способов преодоления препятствий и выработки у них физических и волевых качеств [4].

Глубокий анализ дисциплин: «Физическая культура» и «Пожарно-строевая подготовка» выявил необходимый объём времени для включения в рабочие программы по дисциплине «Физическая культура» тем: преодоление 100-метровой полосы с препятствиями и подъём по штурмовой лестнице. На протяжении всего образовательного маршрута данные темы будут рассматриваться на 2, 3, 4 курсе факультета пожарная безопасность и 2, 3 курсе факультета техносферная безопасность. Начиная с четвёртого семестра, в каждом последующем чётном семестре (4, 6, 8), в декабре будет проводиться по 3 занятия (6 часов) для совершенствования техники в упражнении преодоление 100-метровой полосы с препятствиями. Два занятия будут направлены на отработку отдельных приёмов (бег без рукавов и с рукавами) и упражнения в целом, заключительное занятие – зачёт.

Начиная с пятого семестра, в каждом последующем нечётном семестре (5, 7, 9), в апреле будет проводиться по 5 занятия (30 часов) для совершенствования техники в упражнении подъём по штурмовой лестнице. Четыре занятия направлены на отработку навыков отдельных приёмов и упражнения в целом, заключительное занятие – зачёт. В целом объём времени по данным темам составит 12,4% от общего объёма времени по другим темам дисциплины.

В результате изменений, внесённых в программу по дисциплине «Физическая культура», можно более эффективно использовать весь набор средств и метод в профессиональной подготовке курсантов. Именно благодаря межпредметному взаимодействию физическая подготовка будущих пожарных и спасателей примет более профессиональную направленность. Увеличение возможности применения прикладных упражнений позволит формировать те профессионально важные знания умения и навыки, развивать прикладные качества, которые необходимы в будущей профессиональной деятельности.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Аганов, С.С.* Структура психолого-педагогических условий, необходимых для формирования готовности курсантов вузов ГПС МЧС России к профессиональной деятельности, с использованием средств физической подготовки / С.С. Аганов, М.С. Довженко // Учёные записки университета имени П.Ф. Лесгафта. – 2015. – № 7 (125). – С. 190-194.
2. *Динаев, Б.М.* Совершенствование профессионально-прикладной физической подготовки курсантов в вузах пожарно-технического профиля: дис... канд. пед. наук: 13.00.04 / Б.М. Динаев. – Шуя. 2009. – 157 с.
3. *Кузнецов, Б.В.* Адаптация курсантов первого курса к образовательному процессу военизированных учебных заведений средствами физической культуры (на примере Воронежского института ГПС МЧС России): автореф. дис. ... канд. пед. наук: 13.00.04 / Б.В. Кузнецов. – СПб., 2015. – 24 с.
4. Наставление по физической подготовке личного состава федеральной противопожарной службы (НФП–2011). Утверждено приказом МЧС России от 30.03.2011 года №153. – М.: ДКП МЧС РФ, 2011. – 41 с.
5. Приказ Министерства обороны РФ от 21 апреля 2009 г. № 200 «Об утверждении наставления по физической подготовке в вооружённых силах РФ».

## **НАДЕЖНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ**

### **СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ**

VII Всероссийской научно-практической конференции,  
посвященной 50-летию со Дня образования учебного заведения  
и Году пожарной охраны России

Иваново, 14 апреля 2016 года

*Издается в авторской редакции*

Компьютерная верстка: В. В. Киселев  
Технический редактор: Ю. В. Шмелева

Подписано в печать 06.04.2016. Формат 60x84 1/8. Бумага писчая.  
Усл.печ.л. 22,12. Уч.-изд. л. 20,6. Тираж 30 экз. Заказ № 160

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

Отпечатано в ОАО «Информатика»  
г. Иваново, ул. Ташкентская, 90