

СПМ

международная
научно-практическая
конференция



ТОМСКИЙ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

www.tpu.ru

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Сборник трудов
XIII Международной научно-технической конференции

26–30 октября 2020 г.

Томск 2020

УДК 621.002(063)

ББК 34.4л0

С56

С56 **Современные проблемы машиностроения** : сборник трудов XIII Международной научно-технической конференции. – Томск : Томский политехнический университет, 2020. – 328 с.

Сборник содержит доклады XIII Международной научно-технической конференции «Современные проблемы машиностроения», проходившей в г. Томске 26–30 октября 2020 г. Конференция проведена по секциям: надежность машин и механизмов; электромеханика и мехатроника; современные производственные технологии; материаловедение и нанотехнологии в машиностроении; автоматизация и моделирование технологических процессов; промышленная безопасность; дизайн и проектирование в машиностроении; наземно-транспортные машины и комплексы.

Предназначен для специалистов в области материаловедения, сварки, машиностроения, а также для студентов и аспирантов вузов соответствующих специальностей.

УДК 621.002(063)

ББК 34.4л0

Редакционная коллегия

Е.Н. Пашков, к.т.н., и.о. руководителя ООТД ШБИП ТПУ;

М.С. Черемискина, ассистент ООТД ШБИП ТПУ;

В.Н. Козлов, к.т.н., доцент ОМ ИШНПТ ТПУ;

В.Н. Дерюшева, к.т.н., доцент ОМ ИШНПТ ТПУ;

Е.А. Ефременков, к.т.н., доцент ОМ ИШНПТ ТПУ;

С.Н. Кладиев, к.т.н., доцент ОЭЭ ИШЭ ТПУ;

А.И. Сечин, д.т.н., профессор ООТД ШБИП ТПУ;

С.Н. Сорокова, к.ф.-м.н., доцент ОМ ИШНПТ ТПУ;

А.М. Богдан, эксперт орг. отдела ИШИТР ТПУ;

Е.А. Кулинич, к.т.н., ученый секретарь ИЯТШ ТПУ;

П.В. Исаенко, к.т.н., доцент кафедры АТиЭ ТГАСУ.

Оглавление

СЕКЦИЯ 1. НАДЕЖНОСТЬ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

| | |
|--|----|
| АНАЛИЗ РАБОТЫ ЩЕКОВОЙ ДРОБИЛКИ <i>Алиев А.А.</i> | 16 |
| КУЛАЧКОВЫЕ МЕХАНИЗМЫ <i>Алкенова К.А.</i> | 18 |
| АНАЛИЗ ЭКСПЕРИМЕНТА ПИЛЬНОГО ДЖИНА С УСКОРИТЕЛЕМ ВРАЩЕНИЯ СЫРЦОВОГО ВАЛИКА <i>Ахмеджанов Ю.А.</i> | 20 |
| ИЗУЧЕНИЕ КИНЕМАТИКИ ПЛАНЕТАРНОГО МЕХАНИЗМА С ПЕРЕМЕННЫМ ПАРАМЕТРОМ ЗВЕНА <i>Баратов Н.Б.</i> | 22 |
| ПРОХОДКА СКВАЖИН АВТОНОМНЫМИ БУРОВЫМИ СНАРЯДАМИ <i>Белозерцева Л.Ю.</i> | 24 |
| АНАЛИЗ СИСТЕМ ТОРМОЖЕНИЯ ВЕТРЯНЫХ УСТАНОВОК ПУТЁМ ИЗМЕНЕНИЯ УГЛА АТАКИ <i>Бухаров Е.В.</i> | 26 |
| РАЗРАБОТКА ВОРОШИТЕЛЯ ДЛЯ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ <i>Грачев Н.А., Зубко А.В., Шамин В.О., Никонов О.И., Гукасян А.В., Степанова Е.Г.</i> | 28 |
| РАМНЫЕ КОНСТРУКЦИИ ИХ ПРИМЕНЕНИЕ <i>Григорьева А.В.</i> | 30 |
| ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ОДНОПОРШНЕВОГО ДВИГАТЕЛЯ <i>Дронов В.В. Спесивцев Е.С.</i> | 32 |
| РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ СВАРНОГО УТОРНОГО ШВА РЕЗЕРВУАРА РВС- 30000 <i>Зиякаев Г.Р., Куклин Е.О.</i> | 34 |
| МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ ВИБРАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ВЕРТИКАЛЬНОГО СВЕРЛИЛЬНОГО СТАНКА <i>Кабакаев Е.А.</i> | 36 |
| ОСНАЩЕНИЕ МОСТА ГИДРОГЕНЕРАТОРОМ <i>Коваленко В.С.</i> | 38 |
| ПРИЧИНЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ АВАРИЙНЫХ ОСТАНОВОВ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ КОМПЛЕКСОВ ГЛУБОКОЙ РАЗРАБОТКИ УГЛЯ <i>Копытин Д.В.</i> | 40 |
| ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ КЛЕЩЕВОГО ЗАХВАТА <i>Коршунов С.А., Кузьмина К.С., Солодовников С.Д.</i> | 42 |
| ЧАСОВОЙ МЕХАНИЗМ <i>Логина А.Л.</i> | 44 |
| УСЛОВИЕ КОНТАКТНОЙ ПРОЧНОСТИ СФЕРИЧЕСКОЙ РОЛИКОВОЙ ПЕРЕДАЧИ С ДВУХРЯДНЫМ САТЕЛЛИТОМ <i>Лустенков М.Е., Моисеенко А.Н.</i> | 46 |
| ДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СФЕРИЧЕСКИХ РОЛИКОВЫХ ПЕРЕДАЧ <i>Лустенкова Е.С.</i> | 48 |

| | |
|--|----|
| РАСЧЕТ НАГРУЗОК НА ЭЛЕМЕНТЫ ТРОСОВОЙ СИСТЕМЫ РОБОТИЗИРОВАННОГО КОМПЛЕКСА, ИСПОЛЬЗУЕМОГО В СТРОИТЕЛЬСТВЕ МЕТОДОМ 3-D ПЕЧАТИ <i>Марчук Е.А., Идрисов А.М., Малолетов А.В.</i> | 50 |
| АНАЛИЗ ПЕРЕДАЧ В СОВРЕМЕННЫХ ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫХ МЕХАНИЗМАХ <i>Нелюбин К.С., Ефременков Е.А.</i> | 52 |
| ЗАКЛЕПОЧНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ И НАГРУЗКИ В НИХ <i>Олейник А.В.</i> | 54 |
| ГРЕЙФЕРНЫЙ МЕХАНИЗМ <i>Панькова Е.И.</i> | 56 |
| СОЗДАНИЕ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ТРЕНИЯ <i>Родичев А.Ю., Новиков А.Н., Горин А.В., Токмакова М.А.,</i> | 58 |
| МЕХАНИЗМЫ С ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ КИНЕМАТИКОЙ С РАЗНЫМ ЧИСЛОМ СТЕПЕНЕЙ ПОДВИЖНОСТИ <i>Хайдарова М.Р., Крауиньш П.Я.</i> | 60 |
| РОЛИКОВАЯ ПАРА ВИНТ-ГАЙКА <i>Халтурин.Н.С.</i> | 62 |
| СПОСОБ УДАРНОГО БУРЕНИЯ СКВАЖИН В ПОРОДАХ СРЕДНЕЙ И ВЫСОКОЙ КРЕПОСТИ <i>Черниенков Е.М.</i> | 64 |
| ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ УЗЛОВ ДОБЫЧНЫХ И ТРАНСПОРТИРУЮЩИХ МАШИН КАЛИЙНЫХ РУДНИКОВ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ВОЗБУЖДЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ <i>Шишлянников Д.И., Зверев В.Ю., Софьина Н.Н.</i> | 66 |

СЕКЦИЯ 2. ЭЛЕКТРОМЕХАНИКА И МЕХАТРОНИКА

| | |
|--|----|
| ОСОБЕННОСТИ ЗАЩИТ НА АВТОМОБИЛЬНОМ ПОДЪЕМНИКЕ <i>Айтеннов Р.К. Кладиев С.Н.</i> | 69 |
| ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ СУЩЕСТВУЮЩИХ ГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ С ПОМОЩЬЮ ТЕОРИИ ПЛАНИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА <i>Богачков И.М.</i> | 71 |
| ОЦЕНКА ДИНАМИКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК ГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ С УЧЕТОМ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА МЕСТОРОЖДЕНИЯ <i>Богачков И.М., Хамитов Р. Н., Фрайштетер В. П.</i> | 73 |
| ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОВЛИЯНИЯ МНОГОДВИГАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ФОРМОВАНИЯ ИЗДЕЛИЙ ДВОЙНОЙ КРИВИЗНЫ <i>Дерюжкова Н. Е., Соловьев В. А., Тетерин В.В.</i> | 75 |
| АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ ПОДКЛЮЧЕНИЯ ЭНЕРГООБОРУДОВАНИЯ ЧЕРЕЗ ПРИЛОЖЕНИЯ «TEMPLATES» НА ДОСКЕ MIRO <i>Епифанцев К.В.</i> | 75 |
| ВОЗМОЖНОСТИ ИНТЕСИФИКАЦИИ ЦИФРОВИЗАЦИИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ ДЛЯ МОБИЛЬНОСТИ СПЕЦТЕХНИКИ <i>Епифанцев К.В.</i> | 79 |
| ВОЗМОЖНОСТИ ПРОГРАММНЫХ ПАКЕТОВ ДЛЯ СИСТЕМАТИЗАЦИИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ <i>Епифанцев К.В.</i> | 81 |

| | |
|---|-----|
| ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ ДЕЛЕНИЯ НА ТОЧНОСТЬ ОСЦИЛЛОГРАММЫ <i>Епифанцев К.В.</i> | 83 |
| ИССЛЕДОВАНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ РАСТВОРОВ И РАЗМЕРА ЧАСТИЦ В РНЕТ SIMULATORS ДЛЯ РАЗВИТИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ <i>Епифанцев К.В.</i> | 85 |
| ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЗИСТИВНОГО ДЕЛИТЕЛЯ В MULTISIM <i>Епифанцев К.В.</i> | 87 |
| ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВА В ОНЛАЙН-КОМАНДЕ НА ДОСКЕ MIRO <i>Епифанцев К.В.</i> | 89 |
| СИСТЕМА ПЛАНИРОВАНИЯ ПУТИ МОБИЛЬНОГО РОБОТА НА БАЗЕ RASPBERRY PI <i>Иванов Е.А., Беляев А.С., Брылев О.А.</i> | 91 |
| СЛЕДЯЩИЙ АСИНХРОННЫЙ ПРИВОД ГЛАВНОГО ДВИЖЕНИЯ МЕТАЛЛОРЕЖУЩЕГО СТАНКА <i>Кладиев С.Н., Примочкин И.А.</i> | 93 |
| ЭЛЕКТРОПРИВОД РОТОРА БУРОВЫХ УСТАНОВОК <i>Кладиев С.Н., Широков А.А.</i> | 95 |
| ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА УПРАВЛЕНИЯ ВЕНТИЛЯТОРОМ <i>Кожуханов Д., Кладиев С.Н.</i> | 97 |
| ИССЛЕДОВАНИЕ ВНУТРЕННЕГО ТРЕНИЯ МЕТАЛЛОВ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ ВИБРОМЕТРИИ <i>Кузнецов Ф.Ю., Коноваленко И.С.</i> | 99 |
| СИНТЕЗ И АПРОБАЦИЯ ЛИНЕЙНО-КВАДРАТИЧНОГО РЕГУЛЯТОРА ДЛЯ СИСТЕМЫ «BALL-ON-PLATE» <i>Кургинов Я. О., Зарницын А.Ю.</i> | 101 |
| КОНСТРУКЦИЯ И МЕТОДИКА РАСЧЕТА ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО АМОРТИЗАТОРА <i>Леонов С.В., Комкова А.А., Прохоренко А.П.</i> | 103 |
| ПРИМЕНЕНИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЧАСТОТЫ И ДАТЧИКА ТОКА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ВЕНТИЛЬНЫМ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕМ <i>Момот П.М., Шилин А.А.</i> | 105 |
| ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ДЛЯ ПИТАНИЯ ДВИГАТЕЛЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА ЭЛЕКТРОБУСА <i>Парамонов Н.А., Кладиев С.Н.</i> | 107 |
| РАЗРАБОТКА МЕХАТРОННОГО МОДУЛЯ ДЛЯ МОБИЛЬНОГО РОБОТА ПОВЫШЕННОЙ ПРОХОДИМОСТИ <i>Поберезкин Н.И.</i> | 109 |
| СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ 2-Х СТЕПЕННЫМ ПЕРЕВЕРНУТЫМ МАЯТНИКОМ НА ТЕЛЕЖКЕ <i>Суменков О.Ю., Беляев А.С.</i> | 111 |
| ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ПОГРУЖНОГО ЭЛЕКТРОЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА ДОБЫЧИ НЕФТИ <i>Халанская Т.Е., Кладиев С.Н.</i> | 113 |
| РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ВИРТУАЛИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА НА БАЗЕ ИНТЕГРИРОВАННОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ЭЛЕКТРОПРИВОДА | |

| | |
|---|-----|
| РОБОТА-МАНИПУЛЯТОРА С ЦИФРОВОЙ СИСТЕМОЙ УПРАВЛЕНИЯ (ILABIT ROBOTICA) <i>Холодильн И.Ю., Савостеенко Н.В.</i> | 115 |
| СЕКЦИЯ 3. СОВРЕМЕННЫЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ | |
| ИССЛЕДОВАНИЕ КРИТЕРИЕВ ОЦЕНКИ ПЕРЕНОСА ЭЛЕКТРОДНОГО МЕТАЛЛА ПРИ ДУГОВОЙ СВАРКЕ В ЗАЩИТНЫХ ГАЗАХ С ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ КОРОТКИМИ ЗАМЫКАНИЯМИ <i>Болотов С.В.</i> | 118 |
| АНАЛИЗ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ИЗДЕЛИЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ ВАКУУМНОЙ ИОННО-ПЛАЗМЕННОЙ ОБРАБОТКОЙ НА ОСНОВЕ КРИТЕРИЕВ ТЕОРИИ НАДЕЖНОСТИ <i>Богданович В.И., Гиорбелидзе М.Г.</i> | 120 |
| ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ИОННО-ПЛАЗМЕННЫХ ПОКРЫТИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ ЭЛЕКТРОДУГОВЫМ МЕТОДОМ <i>Богданович В.И., Гиорбелидзе М.Г.</i> | 122 |
| УПРАВЛЕНИЕ ПРОПЛАВЛЯЮЩЕЙ СПОСОБНОСТЬЮ ДУГИ ПРИ СВАРКЕ НЕПЛАВЯЩИМСЯ ЭЛЕКТРОДОМ В СРЕДЕ АРГОНА <i>Гордынец А.С., Киселев А.С., Скрипко С.И.,</i> | 124 |
| УСТРОЙСТВО АВТОМАТИЧЕСКОЙ ПОДАЧИ ПОКРЫТЫХ ЭЛЕКТРОДОВ В СВАРОЧНУЮ ВАННУ <i>Гордынец А.С., Непомнящий А.С.</i> | 126 |
| РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КОНТАКТНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ НА ПЕРЕДНЕЙ ПОВЕРХНОСТИ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА ПРИ ОБРАБОТКЕ СТАЛИ <i>Козлов В.Н., Ю Ц., Ци М., Чжан Ц</i> | 126 |
| ВЛИЯНИЕ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ НА ОБРАЗОВАНИЕ ОБРАТНОГО ВАЛИКА ПРИ ДУГОВОЙ СВАРКЕ <i>Красиков П.П., Савинов А.В., Чудин А.А., Полесский О.А., Красикова Л.С., Полунин И.А.</i> ... | 130 |
| ПРИМЕНЕНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ АНАЛИЗА ВЫСОТНЫХ РАЗМЕРОВ ОТНОСИТЕЛЬНО ВЫСОКИХ КОРОБОК ПРИ ИХ ВЫТЯЖКЕ ИЗ ЛИСТОВЫХ ЗАГОТОВОК ПЕРЕМЕННОЙ ТОЛЩИНЫ <i>Малышев А.Н., Бысов С.А.</i> | 132 |
| ОСОБЕННОСТИ ОПТОВОЛОКНА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ <i>Мокин А.Е., Хафизов Д.Е.</i> | 134 |
| МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА НАКЛЕПА ПОВЕРХНОСТИ ПРИ УПРАВЛЯЕМОЙ ИНЕРЦИОННО-ИМПУЛЬСНОЙ ОБРАБОТКЕ В ИЗДЕЛИЯХ ИЗ ВЫСОКОПРОЧНОГО ЧУГУНА <i>Пашкевич В.М., Афаневич В.В.</i> | 136 |
| ТЕХНОЛОГИЯ СОВМЕЩЕННОЙ ОБРАБОТКИ РЕЗАНИЕМ И МАГНИТНО-ДИНАМИЧЕСКИМ НАКАТЫВАНИЕМ <i>Свирина Д.М., Кручинина А.С.</i> | 138 |
| НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ НАНОТРИБОЛОГИИ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ КОНТАКТНОЙ ПОВЕРХНОСТИ РЕЗЦА И СХОДЯЩЕЙ СТРУЖКИ <i>Усманов К.Б., Якубов А.А., Ниязбаев А.М.</i> | 140 |
| ВЛИЯНИЕ НЕКОТОРЫХ ПАРАМЕТРОВ НАМАГНИЧИВАНИЯ И РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ НА СТОЙКОСТЬ ИНСТРУМЕНТОВ ПРИ ОБРАБОТКЕ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ <i>Хасанов С.М., Якубов А.А.</i> | 142 |

| | |
|--|-----|
| ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЭПИОР КОНТАКТНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ НА ПЕРЕДНЕЙ ПОВЕРХНОСТИ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА ПРИ ОБРАБОТКЕ СТАЛИ <i>Чжао Ц., Козлов В.Н., Ю Ц., Ю Ц., Ци М.</i> | 144 |
| СЕКЦИЯ 4. МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И НАНОТЕХНОЛОГИИ В МАШИНОСТРОЕНИИ | |
| ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКАЕМОСТИ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННЫХ КОБАЛЬТОХРОМОВЫХ ПОРОШКОВ, ИЗГОТАВЛИВАЕМЫХ ДЛЯ АДДИТИВНЫХ ИЗДЕЛИЙ <i>Агеев Е.В., Алтухов А.Ю., Агеева Е.В.</i> | 147 |
| РЕНТГЕНСПЕКТРАЛЬНЫЙ МИКРОАНАЛИЗ ТЯЖЕЛЫХ ВОЛЬФРАМОВЫХ ПСЕВДОСПЛАВОВ НА ОСНОВЕ ДИСПЕРГИРОВАННЫХ ЭЛЕКТРОЭРОЗИЕЙ ЧАСТИЦ СПЛАВА ВНЖ, ПОЛУЧЕННЫХ В ВОДЕ <i>Агеева Е.В., Агеев Е.В., Пикалов С.В.</i> | 149 |
| ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ УГЛЕПЛАСТИКА К ДЕЙСТВИЮ ПОПЕРЕЧНЫХ НАГРУЗОК ПОСЛЕ ПРОВЕДЕНИЯ НАТУРНЫХ ИСПЫТАНИЙ <i>Бекренев Н.В., Злобина И.В., Кацуба И.С.</i> | 151 |
| ОСОБЕННОСТИ РАЗРУШЕНИЯ АНТИФРИКЦИОННОЙ БРОНЗЫ С ЛЕГКОПЛАВКОЙ ФАЗОЙ <i>Бурков П.В., Никулина Ю.А.</i> | 153 |
| ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НАНОПЛАСТИН ГРАФЕНА НА ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ И ТВЁРДОСТЬ МЕТАЛЛОКОМПОЗИТОВ С МАТРИЦЕЙ АЛЮМИНИЯ <i>Возняковский А.А., Заваринский В.И.</i> | 155 |
| ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ И ТЕПЛОЕМКОСТЬ НАНОЖИДКОСТИ НА ОСНОВЕ ВОДЫ, МОДИФИЦИРОВАННОЙ ГИБРИДНЫМ МАТЕРИАЛОМ СОСТАВА ДЕТОНАЦИОННЫЕ НАНОАЛМАЗЫ-УГЛЕРОДНЫЕ НАНОТРУБКИ <i>Возняковский А.П., Возняковский А.А., Кидалов С.В., Калашникова Е.И.</i> | 157 |
| ВЫСОКОСКОРОСТНОЕ МАГНЕТРОННОЕ ОСАЖДЕНИЕ ПОКРЫТИЙ НИТРИДА ХРОМА <i>Грудинин В.А., Сиделёв Д.В., Блейхер Г.А.</i> | 159 |
| О ВКЛАДЕ РАДИАЦИОННОГО ТОРМОЖЕНИЯ ВО ВНУТРЕННЕЕ ТРЕНИЕ ПРИ ИЗГИБНЫХ КОЛЕБАНИЯХ БЕСКОНЕЧНОЙ КРАЕВОЙ ДИСЛОКАЦИИ <i>Дежин В.В.</i> | 161 |
| О ВКЛАДЕ РАДИАЦИОННОГО ТОРМОЖЕНИЯ ВО ВНУТРЕННЕЕ ТРЕНИЕ ПРИ КОЛЕБАНИЯХ СЕГМЕНТА КРАЕВОЙ ДИСЛОКАЦИИ <i>Дежин В.В.</i> | 163 |
| ФОРМИРОВАНИЕ СВОЙСТВ ВОЛЬФРАМОВЫХ ПОКРЫТИЙ СПОСОБОМ ЭЛЕКТРОКОНТАКТНОГО СПЕКАНИЯ <i>Каримов Ш.А., Пардаева Г.Т., Хабибуллаева И., Абдукаримова С., Муратова Г.</i> | 165 |
| ФОРМИРОВАНИЕ НАПЛАВЛЕННЫХ СЛОЕВ ВЫСОКОЭНТРОПИЙНОГО СПЛАВА СОСТАВА $CoCrFeNiMn$ НА ПОВЕРХНОСТИ КОНСТРУКЦИОННОЙ СТАЛИ <i>Киселева Н.А., Петров И.Ю., Руктуев А.А.</i> | 167 |
| ПРИМЕНЕНИЕ СПЛАВОВ С ЭФФЕКТАМИ ПАМЯТИ ФОРМЫ ДЛЯ РАБОТЫ ТАРЕЛЬЧАТЫХ ПРУЖИН <i>Клопотов А.А., Шишелова А. А., Кунц О. А.</i> | 169 |
| ВЛИЯНИЕ КОБАЛЬТА НА ЭФФЕКТЫ ПАМЯТИ ФОРМЫ И ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СПЛАВА ТН-10 <i>Клопотов А.А., Дубовиков К.Ю., Кунц О. А.</i> | 171 |

| | |
|---|-----|
| ВЛИЯНИЕ ТИПА ХИМИЧЕСКОЙ СВЯЗИ КОМПОНЕНТОВ ФЛЮС-ПАСТ НА ФОРМИРОВАНИЕ КОРНЕВОГО СЛОЯ ШВА <i>Красиков П.П., Савинов А.В., Чудин А.А., Полесский О.А., Красикова Л.С., Филиппов В.В., Полунин И.А.</i> | 173 |
| ВЛИЯНИЕ СПОСОБОВ ПОЛУЧЕНИЯ ГРАНУЛИРОВАННОГО ПРЕСС-ПОРОШКА НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА СПЕЧЕННОЙ КЕРАМИКИ <i>Кузьмин Р.И., Фелюфьянова А.В., Антропова К.А.</i> | 175 |
| ДЕТОНАЦИОННЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ ПОКРЫТИЯ ИЗ МНОГОКОМПОНЕНТНОГО СПЛАВА НА ОСНОВЕ ЖЕЛЕЗА С АРМИРУЮЩИМИ ВКЛЮЧЕНИЯМИ ПОРОШКА ОКСИДА АЛЮМИНИЯ <i>Кучумова И.Д., Эмурлаев Ю.Ю.</i> | 177 |
| ЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ЗАГОТОВОК И ИЗДЕЛИЙ ИЗ ЧУГУНОВ С ЗАДАННЫМИ СВОЙСТВАМИ И МИКРОСТРУКТУРОЙ <i>Лубяной Д.А., Маркидонов А.В., Пудов Е.Ю., Шахманов В.Н., Кузин Е.Г., Семенова О.С.</i> | 177 |
| ПОЛУЧЕНИЕ АНОРТИТОВОЙ КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ НЕКОНДИЦИОННОГО СЫРЬЯ <i>Семеновых М.А.</i> | 181 |
| ТРАВЛЕНИЕ УГЛЕРОДНЫХ ПОКРЫТИЙ В АРГОН-ВОДОРОДНОЙ ПЛАЗМЕ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО РАЗРЯДА <i>Сиделёв Д.В., Ручкин С.Е.</i> | 183 |
| ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ И ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ С ГРАФЕНОВЫМИ НАНОСТРУКТУРАМИ ПОЛУЧАЕМЫХ МЕТОДОМ ЛАЗЕРНОЙ СТЕРЕОЛИТОГРАФИИ 3D ПЕЧАТИ <i>Смирнова В.Э., Возняковский А.А.</i> | 185 |
| ИССЛЕДОВАНИЕ РЕСУРСА УГЛЕПЛАСТИКА С ДЕФЕКТОМ ТИПА «РАССЛОЕНИЕ» <i>Стуров А.А., Чащин Н.С., Иванов Ю.Н.</i> | 187 |
| ВЛИЯНИЕ ОБРАБОТКИ ТЛЕЮЩИМ РАЗРЯДОМ НА ГЛУБИНУ И СТЕПЕНЬ СТРУКТУРНО-ФАЗОВОГО МОДИФИЦИРОВАНИЯ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СТАЛЕЙ <i>Шеменков В.М., Рабыко М.А.</i> | 189 |
| ДИНАМИЧЕСКОЕ СТАРЕНИЕ МАРТЕНСИТА В УСЛОВИЯХ ФРИКЦИОННОГО НАГРУЖЕНИЯ <i>Эмурлаев К.И.</i> | 190 |
| ФОРМИРОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИ-ПЕРЕМЕЩАННОГО СЛОЯ В УСЛОВИЯХ ТРЕНИЯ СКОЛЬЖЕНИЯ <i>Эмурлаев К.И.</i> | 193 |
| ИССЛЕДОВАНИЕ АЛМАЗОПОДОБНЫХ ПОКРЫТИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ИМПУЛЬСНОГО ОСАЖДЕНИЯ <i>Юрьев Ю.Н., Руниц А.А.</i> | 195 |
| СЕКЦИЯ 5. АВТОМАТИЗАЦИЯ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ | |
| КОНВЕКТИВНЫЙ ТЕПЛОПЕРЕНОС В ЗАМКНУТОЙ ПОРИСТОЙ КУБИЧЕСКОЙ ПОЛОСТИ ПРИ НАЛИЧИИ ТЕПЛО ВЫДЕЛЯЮЩЕГО ЭЛЕМЕНТА <i>Астанина М.С., Шермет М.А.</i> | 198 |

| | |
|--|-----|
| ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИИ ТРУБОПРОВОДОВ ПОСРЕДСТВОМ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ УТОНЕНИЯ СТенок ТРУБЫ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА МОНТЕ-КАРЛО <i>Бурков П.В., Бурков П.В., Лютиков И.Н.</i> | 200 |
| МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КОНТАКТА ЗУБЬЕВ ВОЛНОВОГО ТОРЦЕВОГО КИНЕМАТИЧЕСКОГО РЕДУКТОРА <i>Джасем Мохамад</i> | 202 |
| ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМОГРАВИТАЦИОННОЙ КОНВЕКЦИИ СТЕПЕННОЙ НАНОЖИДКОСТИ В ПОЛОСТИ ПРИ НАЛИЧИИ ТЕПЛОВЫДЕЛЯЮЩЕГО УЧАСТКА НИЖНЕЙ СТЕНКИ <i>Лоенко Д.С., Шеремет М.А.</i> | 204 |
| КОНВЕКТИВНО-РАДИАЦИОННЫЙ ТЕПЛОПЕРЕНОС В КРУПНОГАБАРИТНОЙ ОБЛАСТИ НАГРЕВАЕМОЙ СНИЗУ <i>Мирошниченко И.В., Тойлибаев А.А., Гибанов Н.С.</i> | 206 |
| АВТОБАЛАНСИРУЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО <i>Кузнецов М.А., Кувишинов К.А., Гаврилин А.Н., Мойзес Б.Б.</i> | 208 |
| СНИЖЕНИЕ ТРУДОЕМКОСТИ ОПЕРАЦИИ ЧИСТОВОГО ФРЕЗЕРОВАНИЯ ЛОПАТОК ГАЗОТУРБИНЫХ КОЛЕС <i>Мясникова Л.А.</i> | 210 |
| РАЗРАБОТКА БИБЛИОТЕКИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДИСКРЕТНОСОБЫТИЙНЫХ ПОТОКОВЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ <i>Никитин А.С.</i> | 212 |
| ВНЕДРЕНИЕ СИСТЕМЫ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ <i>Новиков А.Н., Шевцова А.Г., Еремин С.В., Кулев А.В., Ломакин Д.О.</i> | 214 |
| РАЗРАБОТКА СТЕНДА ФИЗИЧЕСКОГО ПОДОБИЯ «ТРЁХФАЗНЫЙ СЕПАРАТОР СКВАЖИННОЙ ЖИДКОСТИ» <i>Филипас А.А., Мигель А.В.</i> | 216 |
| ПРИМЕНЕНИЕ АППАРАТНО-ПРОГРАММНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ПРИКЛАДНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АСУ ТП НА БАЗЕ МОБИЛЬНОГО СТЕНДА ИЗУЧЕНИЯ ПРИНЦИПОВ ПРОМЫШЛЕННОЙ АВТОМАТИЗАЦИИ И МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ <i>Хохловский В.Н., Олейников В.С., Бурячек И.Ю., Курочкина В.С., Пересвет В.А.</i> | 218 |
| СЕКЦИЯ 6. ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ | |
| ОБРАБОТКА ВОДЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕХАНОАКТИВАЦИИ <i>Авзалов Д.Д., Пилипец Н.В., Сечин А.И.</i> | 221 |
| МОДЕРНИЗАЦИЯ ПОДСИСТЕМЫ ОТ И ПБ В КОРПОРАТИВНОЙ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ В АО «ТОМСКГАЗПРОМ» <i>Гуляев М.В., Несынов А.Н., Сорокин К.В., Гусельников М.Э., Сечин А.И., Сечин А.А., Романцов И.И., Авдеева И.И.</i> | 223 |
| ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ В ОБЛАСТИ ОХРАНЫ ТРУДА, ПРОМЫШЛЕННОЙ И ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ, РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ СИСТЕМЫ МОТИВАЦИИ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ В АО «ТОМСКГАЗПРОМ» <i>Гуляев М.В., Несынов А.Н., Сорокин К.В., Гусельников М.Э., Сечин А.И., Сечин А.А., Романцов И.И., Авдеева И.И.</i> | 225 |

| | |
|---|-----|
| ИССЛЕДОВАНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ РАСТВОРОВ И РАЗМЕРА ЧАСТИЦ В РНЕТ SIMULATORS ДЛЯ РАЗВИТИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ <i>Етифанцев К.В.</i> | 227 |
| АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ФОРМИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО РАЗРЯДА В ЦИКЛОНЕ И ЕГО ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ОПАСНОСТИ <i>Кырмакова О.С., Скорютина К.А., Сечин А.И.</i> | 229 |
| МЕРОПРИЯТИЯ ПО ПРЕДУПРЕЖДЕНИЮ ЧС НА НЕФТЕГАЗОВОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ <i>Матвеев К.А., Кочеткова О.П.</i> | 231 |
| РАЗРАБОТКА МЕТОДОЛОГИЧЕСКОГО ПОДХОДА К СЕКЦИОНИРОВАНИЮ ШАХТНОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБЪЕМА <i>Мезенцева И.Л., Сечин А.А.</i> | 233 |
| МЕТОДИКА РАСЧЕТА ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО ГЕНЕРАТОРА <i>Пилипец Н.В., Авзалов Д.Д., Сечин А.И.</i> | 235 |
| АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ ПРИ ОБУЧЕНИИ НАСЕЛЕНИЯ В ОБЛАСТИ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ И ЗАЩИТЫ ОТ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ <i>Романцов И.И., Авдеева И.И., Сечин А.И., Гуляев М.В., Гусельников М.Э.</i> | 237 |
| ОСОБЕННОСТИ ПОДГОТОВКИ РУКОВОДИТЕЛЕЙ И СПЕЦИАЛИСТОВ ПО ПРОМЫШЛЕННОЙ И ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В НЕФТЕГАЗОВОМ ПРОИЗВОДСТВЕ <i>Романцов И.И., Пашков Е.Н., Сечин А.И., Гуляев М.В., Авдеева И.И.</i> | 239 |
| ОСНОВНЫЕ ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ В ОБЛАСТИ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ И ЗАЩИТЫ ОТ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ <i>Романцов И.И., Авдеева И.И., Сечин А.И., Гуляев М.В., Гусельников М.Э.</i> | 241 |
| ИССЛЕДОВАНИЕ СОРБЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК УГЛЕРОДНОГО ОСТАТКА ПИРОЛИЗА АВТОШИН <i>Сечин А.И., Макаревич Е.А., Папин А.В., Черкасова Т.Г.</i> | 243 |
| ОПЫТ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ <i>Сечин А.И., Штенцов Д.Г.</i> | 245 |
| РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО РИСКА ОБЪЕКТОВ ДЕПАРТАМЕНТА ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ <i>Сечин А.И., Долдин И.Н.</i> | 247 |
| РАЗРАБОТКА СТРУКТУРЫ ПАСПОРТА БЕЗОПАСНОСТИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ <i>Сечин А.И., Долдин И.Н.</i> | 249 |
| ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАСПОЛОЖЕНИЯ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО НЕЙТРАЛИЗАТОРА В ЦИКЛОНЕ <i>Скорютина К.А., Кырмакова О.С., Сечин А.И.</i> | 251 |
| ОБОСНОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ УЗЛОВ КОНТРОЛЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТРУБОПРОВОДОВ <i>Терентьев Е.С., Бурков П.В.</i> | 253 |
| КРИТЕРИИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОЦЕНКИ ПОЖАРНОГО РИСКА ОЧАГОВ ВОЗГОРАНИЯ ЛЕСНЫХ ГОРЮЧИХ МАТЕРИАЛОВ В ПРИРОДНЫХ ЛАНДШАФТАХ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ <i>Чалдаева Е.И., Сечин А.И.</i> | 253 |

СЕКЦИЯ 7. ДИЗАЙН И ПРОЕКТИРОВАНИЕ В МАШИНОСТРОЕНИИ

| | |
|---|-----|
| КОНЦЕПТУАЛЬНОЕ КОНСТРУИРОВАНИЕ ДВУХКОЛЕСНОГО ВЕЛОСИПЕДА <i>Алиев А.А.</i> | 258 |
| РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ТРЕКОВОГО ВЕЛОСИПЕДА <i>Баранов М.А.</i> | 260 |
| КОНЦЕПТ ТРЕХКОЛЕСНОГО ГРУЗОВОГО ВЕЛОСИПЕДА-ФУРГОНА <i>Кабакаев Е.А.</i> | 262 |
| ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ РОТАРА ДАРЬЕ <i>Клименов В.А., Кухта М.С., Гросу Р.А.</i> | 264 |
| ВЫЯВЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПРИНЦИПОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОРПУСА СОВРЕМЕННОГО ТУРИСТИЧЕСКОГО БИНОКЛЯ <i>Куклина А.В.</i> | 266 |
| СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДВУХ САД-СИСТЕМ <i>Неверов П.А., Романова С.В.</i> | 268 |
| ОСОБЕННОСТИ ДИЗАН-ПРОЕКТИРОВАНИЯ КРЕСЛА-ОПОРЫ ДЛЯ ДЕТЕЙ ОТ 7 ДО 14 ЛЕТ <i>Хмелевский Ю.П., Ткачева Л.Ю.</i> | 270 |
| РАЗВИТИЕ СРЕДСТВ ОРИЕНТАЦИИ СЛЕПОГО В ПРОСТРАНСТВЕ <i>Раисова К.А., Соколов А.П.</i> | 272 |
| РОЛЬ ВИЗУАЛЬНОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ДИЗАЙН-ПРОДУКТА В ЕГО ПРОДВИЖЕНИИ НА РЫНКЕ <i>Ризен Ю.С., Тен П.О.</i> | 274 |
| РОЛЬ НАЧЕРТАТЕЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ В СТАНОВЛЕНИИ РАЗВИТИЯ МЫШЛЕНИЯ БУДУЩЕГО ИНЖЕНЕРА <i>Романова С.В., Атепаева Н.А.</i> | 276 |
| РОЛЬ ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ ГРАФИЧЕСКИМ ДИСЦИПЛИНАМ <i>Скачкова Л.А., Фех А.И.</i> | 278 |
| РОБОТЫ В ХУДОЖЕСТВЕННОЙ СВАРКЕ <i>Скоробогатов В.М., Соколов А.П.</i> | 280 |
| ПРОЕКТИРОВАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ В СРЕДЕ 3Д-ПЕЧАТИ <i>Федяева Л.В., Соколов А.П.</i> | 282 |
| ОГРАНИЧЕНИЯ В ЭРГОДИЗАЙНЕ СНАРЯЖЕНИЯ ДЛЯ ПОДВОДНОГО СПОРТА (ПЛАВАНИЕ В ЛАСТАХ) <i>Шкляр А.В., Надеина М.В.</i> | 284 |
| КОНЦЕПТУАЛЬНОЕ КОНСТРУИРОВАНИЕ ТРЕХКОЛЕСНОГО ЛОПИФИТА <i>Шеповалов И.М.</i> | 284 |
| КОНСТРУКЦИЯ И ЭСТЕТИКА СВЕТИЛЬНИКОВ <i>Шубин Д.С., Соколов А.П.</i> | 288 |
| ЭСТЕТИКА СВАРНОГО ШВА <i>Юрьев М.В., Соколов А.П.</i> | 290 |
| СЕКЦИЯ 8. НАЗЕМНО-ТРАНСПОРТНЫЕ МАШИНЫ И КОМПЛЕКСЫ | |
| МНОГОМЕРНЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ ПРИ ДИАГНОСТИРОВАНИИ МАШИН ПО ПАРАМЕТРАМ МАСЛА <i>Аметов В.А., Шальков А.В.</i> | 293 |

| | |
|---|-----|
| ГИДРОФОБНАЯ КОМПОЗИЦИЯ ДЛЯ ЗАЩИТЫ АВТОМОБИЛЕЙ ОТ КОРРОЗИИ <i>Власов Ю.А., Дебелова Н.Н., Гришин Д.А.</i> | 295 |
| ОРГАНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ БОЛЬШЕГРУЗНЫХ САМОСВАЛОВ В УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ <i>Власов Ю.А., Ляпин А.Н., Ляпина О.В., Фукс В.Р.</i> | 297 |
| ПЕРСПЕКТИВЫ ФОТОФИКСАЦИИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ <i>Власов Ю.А., Фукс В.Р., Усов Р.С.</i> | 299 |
| УСТАНОВКИ ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ СИЛОВЫХ АГРЕГАТОВ <i>Власов Ю.А., Мецгеряков М.Ю.</i> | 301 |
| ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ОПТИМАЛЬНОЙ ВЕЛИЧИНЫ НАГРУЗКИ КОЛЬЦЕВОГО ЧЕТЫРЁХСТУПЕНЧАТОГО ТЕРМОАКУСТИЧЕСКОГО ДВИГАТЕЛЯ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ ГОРЯЧЕГО ТЕПЛООБМЕННИКА <i>Горшков И.Б., Чернышевского Н.Г.</i> | 303 |
| ВЛИЯНИЕ СКОРОСТНОГО РЕЖИМА НА СНИЖЕНИЕ ДОРОЖНОЙ АВАРИЙНОСТИ <i>Гуков Д.В., Фукс В.Р., Власов Ю.А.</i> | 305 |
| КАЧЕСТВО ПОДГОТОВКИ ВОДИТЕЛЕЙ КАК ВАЖНЕЙШИЙ ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ <i>Гуков Д.В., Фукс В.Р., Власов Ю.А.</i> | 307 |
| ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА РЕСУРСА СПИРОИДНЫХ ПЕРЕДАЧ С УЧЕТОМ ЭКВИВАЛЕНТНОГО ВРАЩАЮЩЕГО МОМЕНТА <i>Зайцев А.В.</i> | 309 |
| ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ЗАПИСИ ПАРАМЕТРОВ АВТОМОБИЛЯ ПРИ АНАЛИЗЕ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ <i>Захаров А.И., Семенов А.В.</i> | 311 |
| АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ФАКТОРОВ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ ИЗНАШИВАНИЯ МЕХАНИЗМОВ <i>Исаенко В.Д., Исаенко П.В., Исаенко А.В.</i> | 313 |
| К ВОПРОСУ О РАБОТОСПОСОБНОСТИ ВОЗДУШНЫХ ФИЛЬТРОВ ДИЗЕЛЕЙ АВТОСАМОСВАЛОВ <i>Исаенко В.Д., Исаенко П.В., Исаенко А.В.</i> | 315 |
| СПОСОБЫ КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ТОРМОЗОВ МЕХАНИЗМОВ ПОДЪЕМА ГРУЗОПОДЪЁМНЫХ МАШИН <i>Орлов Д.Ю., Орлов Ю.А., Столяров Д.П., Кахиев Р.Н.</i> | 317 |
| ИНТЕГРИРОВАННАЯ СИСТЕМА БЕЗОПАСНОСТИ ЛИФТА <i>Попов М.Ю., Негодин А.В.</i> | 319 |
| МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕЙСТВИЯ ТОРМОЗНОЙ СИЛЫ ЛИФТОВЫХ ЛОВИТЕЛЕЙ ПЛАВНОГО ТОРМОЖЕНИЯ <i>Попов М.Ю., Негодин А.В.</i> | 321 |
| ПРОБЛЕМЫ СИСТЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ АВАРИЙНОМ ПАДЕНИИ КАБИНЫ ГРУЗОПАССАЖИРСКИХ ЛИФТОВ, ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ В ПРОМЫШЛЕННЫХ И ГРАЖДАНСКИХ ЗДАНИЯХ <i>Попов М.Ю., Негодин А.В.</i> | 323 |
| ОСОБЕННОСТИ РАСТРЕСКИВАНИЯ ДОЭВТЕКТОИДНЫХ СТАЛЕЙ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ РАБОЧЕГО ДАВЛЕНИЯ И КАТОДНОГО ВОДОРОДА <i>Хижняков В.И., Иванов А.С.</i> | 325 |

**О ВОЗМОЖНОСТЯХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭФФЕКТОВ ДИНАМИЧЕСКОГО
НАТЯЖЕНИЯ ЛЕНТОЧНЫХ ПИЛ В ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩИХ
ЛЕНТОЧНОПИЛЬНЫХ СТАНКАХ**

Шилько В.К., Слепченко В.А., Слепченко И.В. 327

СЕКЦИЯ 1

НАДЕЖНОСТЬ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

АНАЛИЗ РАБОТЫ ЩЕКОВОЙ ДРОБИЛКИ

А.А. Алиев, студент гр. 4НМ91

Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30,

E-mail: aaa96@tpu.ru

Существует множество различных типов дробилок, таких как щековые, вращательные, конусные (или дисковые) и ударные дробилки, каждая из которых имеет различные преимущества и недостатки в зависимости от свойств измельчаемого материала и требуемой формы.

Щековая дробилка, изобретенная Уитни Блейком в 1858 году, представляет собой первичную дробильную машину для измельчения минералов или камней до более мелких размеров. Представленная в 1906 году универсальная щековая дробилка McLanahan была одной из первых эксцентриковых щековых дробилок современной эпохи. Щековые дробилки широко используются в горнодобывающей промышленности, производстве строительных материалов, строительстве и других отраслях промышленности для измельчения грубых и средних материалов. По ширине загрузочного отверстия щековые дробилки можно разделить на три типа: малые, средние и большие [1].

Несмотря на то, что технологии насчитывают более ста лет, конструкция щековых дробилок практически не изменились, благодаря простоте их конструкции и механической эксплуатации [2]. Эти особенности обеспечивают простоту изготовления, ремонта, разборки и низкие капитальные затраты по сравнению с другими типами дробилок.

Эта машина состоит из двух металлических пластин (броневых плит), образующих V-образную форму. Один из них зафиксирован, а другой качается, перемещаясь за счет действия эксцентрикового вала, соединенного с двигателем. Во время работы руда подается в верхнее отверстие и движется вниз по камере. Зазор между двумя губками сужается по мере продвижения материала через дробилку, что еще больше уменьшает размер. Процесс продолжается до тех пор, пока частицы не достигнут размера, который меньше размера нижнего отверстия, из-за чего частицы руды выпадают из камеры дробления под действием силы тяжести [3].

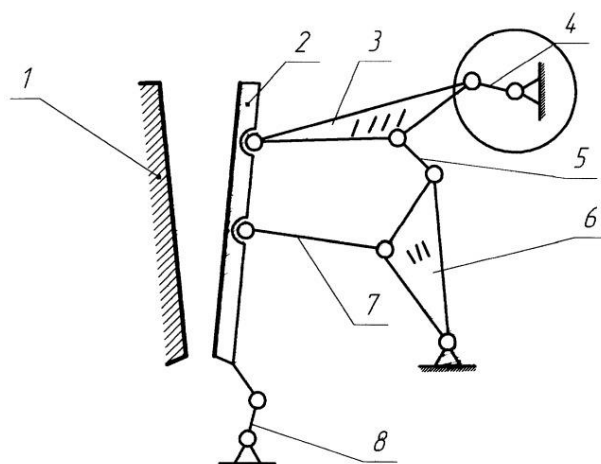


Рис. 1. Кинематическая схема щековой дробилки

Щековая дробилка состоит из неподвижной щеки 1, подвижной щеки 2, устанавливаемой на опорном коромысле 8 и образующей с шатунами 3, 5, 7 и трехшарнирным ведущим коромыслом 6 пятиугольный замкнутый контур, при этом связь с приводным кривошипом 4 осуществляется через шатун 5 [4].

Щековые дробилки отличаются прочностью и являются привлекательным вариантом для операций, где сырье имеет крупный верхний размер и требуется умеренный коэффициент измельчения без мелких частиц. Их производительность с точки зрения мощности или

пропускной способности и потребления энергии зависит от свойств материала, конструкции оборудования и рабочих параметров. С одной стороны, характеристики материала определяются плотностью, твердостью, насыпной плотностью, гранулометрическим составом, размером частиц и прочностью (ударной вязкостью), а также измельчаемостью исходного материала.

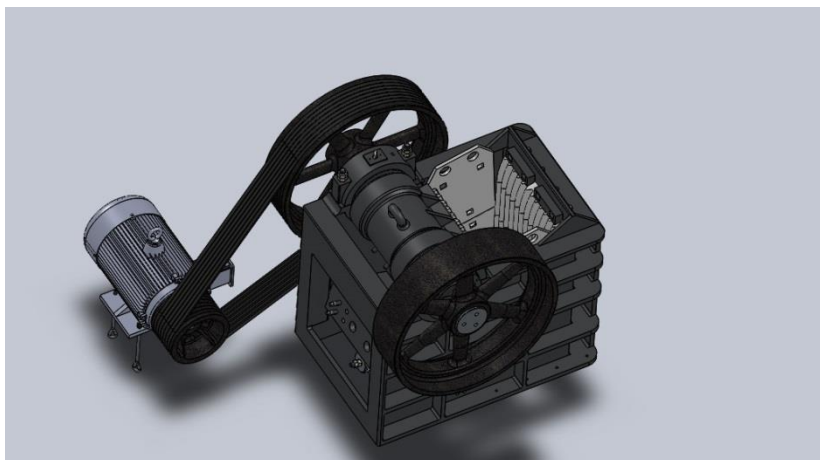


Рис. 2. 3D – модель щековой дробилки

Конструктивные параметры дробилки включают размер верхнего отверстия, комплект, объем камеры дробления и тип поверхности щек, которая может быть гладкой или гофрированной. К рабочим параметрам оборудования относятся, в частности, частота и амплитуда хода подвижной кулачка, скорость подачи, положение закрытой стороны разгрузочного отверстия. Следует отметить, что материал, из которого изготовлены пластины, должен быть твердым и прочным, чтобы выдерживать удары и износ во время работы. Простая регулировка расстояния между двумя щеками регулирует окончательный размер образца. Основные модели оснащены клиньями с гидравлической регулировкой для быстрой и легкой регулировки положения закрытой стороны.

С точки зрения защиты окружающей среды: дробилка имеет низкий уровень шума и меньше пыли, что способствует развитию защиты окружающей среды, а система может сэкономить более чем вдвое энергию. Также щековые дробилки отличаются безопасностью и простотой эксплуатации и обслуживания. Все детали можно найти относительно легко, но они нуждаются в своевременном и надлежащем обслуживании для обеспечения безупречной службы в течение многих лет.

Список литературы:

1. Клушанцев Б.В. Дробилки, конструкции, расчет, особенности эксплуатации. - М.: Машиностроение, 1990.
2. Бауман В. А., Клушанцев Б, В., Мартынов В, Д, Механическое оборудование предприятий строительных материалов, изделий и конструкций. М.: Машиностроение, 1981. 324 с.
3. Макаров А.В. Исследование процесса разрушения горных пород щековыми дробильными машинами и разработка методов совершенствования их конструкций. Дис. канд. техн. наук. - Томск, 2004.
4. Л.Т. Дворников, А.В. Макаров. Щековая дробилка. Патент Р.Ф. № 2232637. Бюллетень изобретений № 20, 2004 г.

КУЛАЧКОВЫЕ МЕХАНИЗМЫ

Алкенова К.А., студент гр. 0А95

Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр.Ленина,30,

E-mail: kaa18@tpu.ru

Кулачковые механизмы имеют большую популярность в сфере машиностроения. Их можно найти внутри двигателей внутреннего сгорания, в металлорежущих станках и станках пищевой промышленности, где механизм кулачка и толкателя осуществляет программную работу. В автоматизированных станках же, кулачковые механизмы отвечают за функцию управления, а именно соединяют или разъединяют подвижные части в определенный момент. Данный механизм также используется в поршневых двигателях, станках-автоматах и в множестве других машин.

Кулачковые механизмы способны воспроизводить все необходимые законы движения, они отвечают за различные функции, выполняющие основные (программирование, управление работой части двигателя, машины) функции в устройстве. Кулачок состоит из вращающегося вала, который обычно имеет некоторую продолговатую или нерегулярную форму, используемую для создания желаемого линейного движения. Существуют радиальные кулачки, которые переводят движение вдоль одной оси. Также бывают и цилиндрические кулачки, которые могут переводить движение вдоль двух осей. Ролик, иногда называемый толкателем, - это деталь, которая следует вместе с движением кулачка, и обычно она ограничена строго линейным полем движения. Данный механизм применяют для преобразования вращательного движения в движение линейное. При вращении кулачка толкатель поднимается и опускается в процессе, известном как возвратно-поступательное движение.

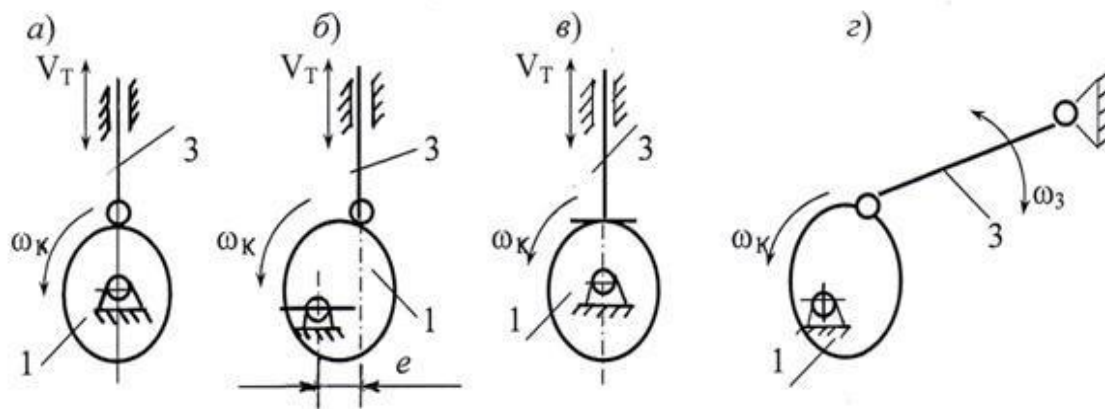


Рис. 1. Схемы плоских кулачковых механизмов

Для каждой выполняемой данным механизмом функции имеется своя определенная разновидность кулачков, по этой причине существует большое множество различных механизмов, состоящих из кулачка и толкателя. Например, на рисунке 1 представлены различные схемы плоских кулачковых механизмов. [1]

Кулачковый механизм превращает вращение в линейное перемещение малой амплитуды. На практике это короткое линейное движение используется для выполнения следующих операций:

- сцепление или расцепление частей механизма;
- открытие или закрытие клапана;
- возвратно- поступательно движение какого-либо исполнительного органа изделия;
- повторение исполнительным органом наперед заданной в конфигурации поверхности кулачка сложной пространственной траектории.

Эти операции находят применение в следующих устройствах и системах:

- управление клапанами двигателей внутреннего сгорания;
- топливные и масляные насосы;
- приводы гидравлических и пневматических тормозных систем;
- распределитель зажигания в устаревшем карбюраторном двигателе;
- привод перемены передач в трансмиссиях мотоциклов и другого двухтактного транспорта;

транспорта;

- швейные машины;
- музыкальные механизмы: механический орган, шарманка, шкатулка и т. п.;
- транспортно- технологические машины;
- таймеры с механическим приводом;
- сельскохозяйственные механизмы, комбайны, осуществляющие уборку и сортировку корнеплодов или злаков. [6]

Кроме того, широчайшая область использования кулачковых пар лежит там, где требуется не погасить, а, наоборот, создать вибрацию. Они находят применение в вибромашинах, служащих для уплотнения грунта или бетонных полов в строительстве. Горная техника, используемая при добыче рудных материалов, также производит сортировку тонких фракций на вибростолах, приводимых в движение кулачковыми парами.

Еще одна важная сфера применения – точные измерительные приборы и средства механической и электромеханической автоматизации. Контактный манометр и многие другие прецизионные приборы широко используют кулачковые пары для передачи вращения стрелки на шток, замыкающий контактные группы. [4]

Главным достоинством этого механизма является легкость в изготовлении и получение необходимой траектории ведомого звена – толкателя. Именно благодаря кулачковому механизму существует возможность получения любого закона движения толкателя.

Кулачковые механизмы компактны и иногда вводятся в общую схему машины или отдельного механизма. Некоторые из их недостатков заключаются в сильном износе кинематической пары двойного действия и склонности к разъединению на высоких скоростях. Для уменьшения износа элементы кулачкового механизма изготавливаются из высококачественной стали, а затем закаляются и тщательно обрабатываются.

Список литературы:

1. Применение и классификация кулачковых механизмов. [Электронный ресурс]. <https://studopedia.org/index.php?vol=1&post=78517>

2. Их достоинства и недостатки. [Электронный ресурс] 2017. <https://poznayka.org/s85499t1.html>

3. В.В.Лоцманенко. Методические указания к курсовому проектированию для студентов механических специальностей // [Электронный ресурс] 2000. – С.5–7. // [Электронный ресурс]. <http://window.edu.ru/catalog/pdf2txt/674/36674/13627>

4. Кулачковые механизмы учебно-методическое пособие / Т. А. Луганцева, И. Н. Кузьмин – Благовещенск: Изд-во АмГУ, 2020. – 36 с.

5. Cheremiskina, Maria Sergeevna. Load-bearing of axle-box assemblies / M. S. Cheremiskina, E. N. Pashkov // Journal of Economics and Social Sciences electronic scientific journal: . — 2020 . — № 16 . — [4 p.] . — Title screen. — [References: 7 tit.].. — ISSN 2312-2978

6. Пашков Е.Н. MATERIALS AND ENGINEERING SCIENCE (УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ) /Пашков Е.Н., Мартюшев Н.В.//

Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. - 2013. - № 2. - С. 126-127.

АНАЛИЗ ЭКСПЕРИМЕНТА ПИЛЬНОГО ДЖИНА С УСКОРИТЕЛЕМ ВРАЩЕНИЯ СЫРЦОВОГО ВАЛИКА

*Ю.А. Ахмеджанов, ст. преподаватель,
Ташкентский государственный технический университет, 100095, г.Ташкент,
ул. Университетская, д.2,
тел. +998 97 7744694
E-mail: yusuf1956@mail.ru*

Процесс джинирования (волоконотделения) средневолокнистых сортов хлопка-сырца осуществляется пильными джинами. Производительность джинирования во многом зависит от плотности сырцового валика, при уплотнении которого падает производительность джина, ухудшаются выделение оголенных семян и по этой причине увеличиваются пороки волокна и семян.

Для уменьшения плотности сырцового валика, лучшего выделения оголенных семян и увеличения производительности был разработан новый механизм ускорителя сырцовой камеры, где ускоритель вращается с переменной угловой скоростью. Переменная угловая скорость ускорителя осуществляется ременной передачей привода с переменным натяжением. Для определения влияния ускорителя с переменной частотой вращения на качественные показатели волокна и семян, были проведены технологические исследования в производственных условиях.

Экспериментальные исследования по определению кинематических и динамических параметров позволят установить влияние эксцентриситета натяжного ремня ременной передачи ускорителя сырцового валика на амплитуду колебаний скорости и ускорения вала, а также колебания амплитуд скорости вращения и нормального давления от хлопка-сырца на фартук рабочей камеры. В результате сообщения ускорителю вращения с переменной угловой скоростью, периодически изменяется величина силовых импульсов на массу сырцовой камеры, благодаря которым дольки хлопка-сырца, лучше набрасываются на зубья пил пильного цилиндра, оголенные семена быстрее покидают рабочую камеру, уменьшается масса сырцового валика и увеличивается его волокнистость [1].

Эффективность джинирования зависит как от факторов хлопка-сырца при поступлении в машину (селекционный или промышленный сорт, влажность, засоренность и др.), так и от факторов машины (отлаженность и регулировка механизмов).

Основными критериями качественных показателей джинирования является качество волокна и семян. С целью анализа процесса джинирования при неравномерном вращении ускорителя сырцового валика, были выработаны следующие основные факторы [2,3]:

Эксцентриситет натяжителя ремня ременной передачи;

- Угловая скорость вращения вала ускорителя;

- Производительность джина (подача хлопка-сырца), устанавливаемая скоростью вращения валиков питателя.

Угловая скорость вращения пильного цилиндра, объем рабочей камеры, положение семенной гребенки, и диаметр пил остаются без изменений.

При организации исследовательских работ были использованы статистические методы планирования экспериментов и принцип различности в постановке и обработке экспериментального материала.

Целью проведения технологического эксперимента является определение влияния основных факторов - эксцентриситета натяжного ремня, скорости вращения вала ускорителя и подача хлопка-сырца - на качество волокна и семян.

Зависимость между параметрами джина и его технологическими показателями в математической формуле дается в виде уравнения регрессии [4]:

$$f = b_0 + \sum_i b_i x_i + \sum_{ij} b_{ij} x_{ij} \quad (1)$$

где: \hat{y} - оценка математического ожидания; b_0, b_i, b_{ij} - коэффициенты регрессии; x_i, x_{ij} - переменные параметры, факторы.

Эксперименты выполнены в соответствии с матрицей планирования, согласно которой проведено 8 актов в трехкратном повторении. Для полного факторного эксперимента типа Z^3 уравнение регрессии представляются в виде:

$$\hat{y} = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + b_{12} x_1 x_2 + b_{13} x_1 x_3 + b_{23} x_2 x_3 + b_{123} x_1 x_2 x_3 \quad (2)$$

где: \hat{y} - оценка математического ожидания (по тому или иному качеству волокна или семян); b_0 - свободный член регрессии; b_1, b_2, b_3 - коэффициенты регрессии, дающие возможность оценить вклад каждого фактора в процесс дженирования; $b_{12}, b_{13}, b_{23}, b_{123}$ - коэффициенты взаимодействия факторов; x_1, x_2, x_3 - факторы эксперимента; $x_1 x_2, x_1 x_3, x_1 x_2 x_3$ - взаимодействие факторов, дающее возможность оценить вклад комбинации взаимодействия факторов в процесс дженирования.

В качестве фактора x_1 взято обороты ускорителя сырцового валика; x_2 - подача хлопка-сырца в рабочую камеру джина, которая регулируется размерами зева двух пластин при помощи рукоятки на секторе; x_3 - эксцентриситет натяжного ремня привода ускорителя сырцового валика. За интервал варьирования фактора x_1 принимаем варьирование оборотов ускорителя. За максимум фактора x_2 принято верхнее положение рукоятки на секторе, при котором зев между пластинами достигает наибольшей величины. За нулевую точку фактора x_3 принят эксцентриситет натяжного ролика $e=3$ мм.

Свободный член регрессии равен:

$$b_0 = \sum_{n=1}^N \bar{y}_\delta / N = \sum_1^8 \bar{y}_\delta / N \quad (3)$$

где \bar{y}_δ - среднее значение результатов эксперимента, $N=8$ - число опытов.

$$y_{b_i} = \sum_{n=1}^N \bar{y} / m = \sum_1^3 \bar{y} / N \quad (4)$$

m - число повторений, $m=3$.

Коэффициенты регрессии определяются по формуле:

$$b_i = \sum_{n=1}^N x_i \bar{y}_\delta / N \quad (5)$$

Значения коэффициентов регрессии даны в таблице 4. Со значениями коэффициентов уравнение регрессии выглядит следующим образом:

$$\hat{y} = 2.4 + 0.05 x_1 + 0.105 x_2 - 0.0625 x_3 + 0.005 x_1 x_2 - 0.0375 x_1 x_3 - 0.0175 x_2 x_3 + 0.0075 x_1 x_2 x_3 \quad (6)$$

Наименьшие результаты получены при оборотах ускорителя $=300$ об/мин и эксцентриситете натяжного ролика $e=3$ мм. При данных показателях увеличивается производительность пильного джина, уменьшаются сумма пороков (битого семени) и засорённости волокна увеличивает качество хлопка-волокна.

Список литературы:

1. Мирошниченко Г.И. Основы проектирования машин первичной обработки хлопка. М. Машиностроение. 1972 г. Стр. 486.
2. Плющенко А.П. Планирование факторных экспериментов в исследовании динамики и прочности машин. Тула. 1980 г.
3. Методические указания. Методика выбора и оптимизации контролируемых факторов технологических процессов РДМУ 109-07. Москва. Изд. Стандарт. 1978 г. Стр. 63.
4. В. Б. Тихомиров. Планирование и анализ эксцентриситета. М. "Легкая индустрия", 1974г. стр. 135-160, 255.

ИЗУЧЕНИЕ КИНЕМАТИКИ ПЛАНЕТАРНОГО МЕХАНИЗМА С ПЕРЕМЕННЫМ ПАРАМЕТРОМ ЗВЕНА

*Н.Б. Баратов, к.т.н., доц.,
Ташкентский государственный технический университет, 100095, Ташкент,
ул. Университетская, 2.
тел. +998933770530
E-mail: nnbaratov@mail.ru*

Во многих технологических процессах (смесителей, хлопкоуборочных машин, очистителей волокон от пыли т.д.) требуется движение рабочих органов с переменными кинематическими параметрами, при этом движение рабочих органов может быть реверсивным.

Для сбора хлопка-сырца в качестве привода шпинделей используется планетарный механизм с внешним и внутренним сцеплением, где сателлиты (шпиндели) являются рабочими органами.

Шпиндели делятся на правые (устанавливаются на правые барабаны) и левые (устанавливаются на левые барабаны) относительно ряда кустов хлопчатника. При этом острие зуба правых шпинделей направлено по часовой стрелке, а левых – против. Каждый барабан имеет свой привод шпинделей в виде планетарного механизма с внешним и внутренним сцеплением по зонам технологического процесса сбора. Шпиндели в кустах хлопчатника вращаются их роликами, катящимися по натянутым пружинами отрезками клиновых ремней, а в зоне приемной камеры аппарата- по отрезкам ремней, закрепленным на колодке, прижимаемой к роликам шпинделей, которые являются частями колес планетарного механизма.

На хлопкоуборочном аппарате (Рис.1.) угловые скорости шпинделей (сателлиты планетарного механизма) в зоне сбора хлопка и в зоне сброса по теории активности зубьев должны быть разными [1,2,]. В циклически движущемся планетарном механизме переменный кинематический параметр рабочего органа-сателлита можно обеспечить изменением геометрических параметров звеньев [3,4].

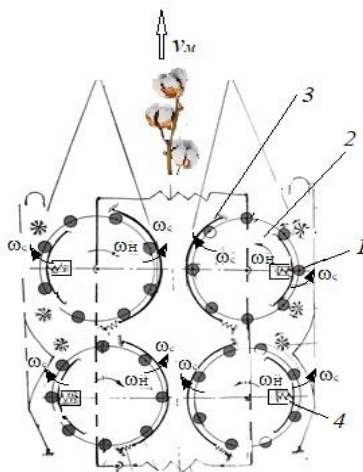


Рис.1. Кинематическая схема хлопкоуборочного аппарата 1-шпиндель;
2-шпиндельный барабан; 3-ремень; 4-колодка.

Для планетарного механизма с внутренним и внешним сцеплением при форме центрального колеса в виде эллипса при помощи математического пакета Mathcad были получены траектории сателлита, показывающие изменение его кинематических параметров (Рис.2.)

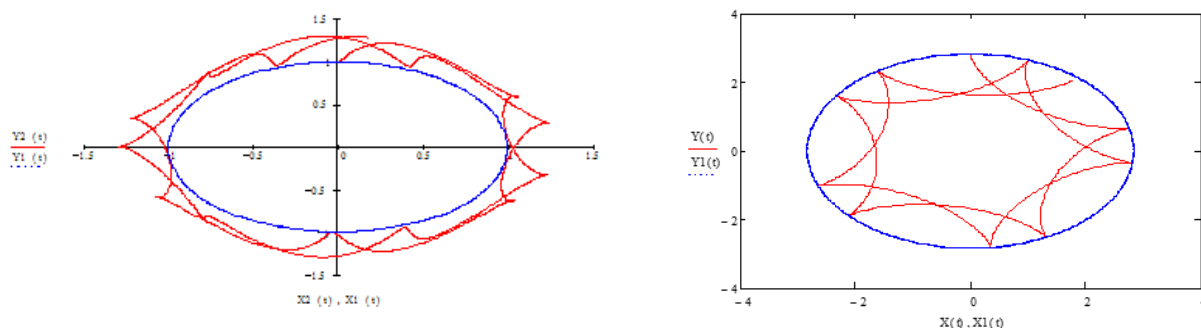


Рис.2. Траектории сателлита

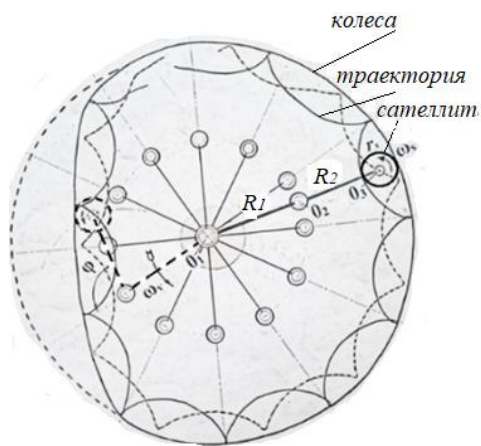
Для получения требуемого переменного кинематического параметра рабочего органа (сателлита) синтезируется форма центрального колеса (внешняя или внутренняя). В таком планетарном механизме водило выполняется из шарнирно сочленённых двух радиально – прижатых частей [4] (Рис.3). Центральным колесам, при этом, можно придавать форму в виде замкнутой взаимоогibaющей кривой, исходя из требований в зонах технологического процесса сбора хлопка-сырца.

На изготовленных макетных образцах Рис.3 а, получена траектория шпинделя-сателлита Рис.2 б), удовлетворяющий условие технологического процесса уборки.

Полученные результаты показывают изменения кинематических параметров сателлита (рабочего органа) при изменении формы центральных колес планетарного механизма и установление его работоспособности при данном технологическом процессе.



а)



б)

Рис.3. Макет механизма а) и траектория сателлита б).

Список литературы:

1. Каримов, А.А. Научные основы геометрических и скоростных параметров хлопкоуборочной машины АНТХ-1,2У: Автореф. дисс. докт. техн. наук: Тбилиси, 1969, – 35 с. 108
2. Файзиев, И.Х. Исследование кинематики планетарных механизмов, сателлиты которых являются рабочими аппаратами: Автореф. дисс. канд. техн. наук: Ташкент, 1964, – 24 с
3. К.А.Каримов. Анализ и синтез планетарно-фрикционных механизмов переменными параметрами. Автореф. дисс. канд. техн. наук: Каунас 1980 г.
4. Планетарная передача Баратова Н.Б. Авт. свид. СССР №1772496 БИ №40, 30.10.92.

ПРОХОДКА СКВАЖИН АВТОНОМНЫМИ БУРОВЫМИ СНАРЯДАМИ

*Л.Ю. Белозерцева, аспирант,
Институт горного дела им. Н.А. Чинакала СО РАН, 630091, г. Новосибирск, Красный
проспект, 54, тел. (383)-205-30-30 доб. 138
E-mail: belozerceva@mysd.ru*

Основным процессом технологий поиска и добычи полезных ископаемых является бурение скважин. Основные исследования ученых направлены на изучение и поиск технических решений по определению рациональных параметров взаимодействия породоразрушающего инструмента с горной породой, поиск технических решений и исследования рабочих циклов пневматических [6], гидравлических [10] ударных машин, по разработке фундаментальных основ для создания систем автоматизации процесса бурения, выбору оптимальных режимных параметров воздействия на массив в зависимости от изменяющихся условий на забое [5, 7].

Наиболее распространенным на сегодня способом проходки скважин является ударно-вращательное бурение с применением буровых станков и погружных ударных механизмов. Наличие бурового станка не дает возможности бурить из горных выработок ограниченного сечения. В данном случае целесообразно применять автономные буровые снаряды для бурения скважин. Применение таких снарядов имеет следующие преимущества: отпадает необходимость в буровом станке; не требуется став буровых штанг; дистанционное управление бесштанговым снарядом; снаряды можно легко транспортировать и использовать для проходки скважин различного назначения в выработках малого сечения.

Рассмотрим известные примеры реализации и применения бесштанговых снарядов при бурении скважин в грунтах и горных породах. Широко распространённым при проходке скважин в уплотняемых грунтах является метод виброударного прокола пневмопробойниками [4]. Также для создания скважин в уплотняемых грунтах применяются грунтопроходные устройства [8]. Для проходки скважин в прочных горных породах предложено устройство для автоматической подачи перфоратора в скважине [1]. В Институте горного дела Э.П. Варнелло был создан буровой бесштанговый пневмоударный снаряд, который получил наименование БПП-1А, для проходки скважин в угле и горных породах с крепостью до 30 МПа. Снаряд БПП-1А был испытан в шахтных условиях. Во время испытаний снаряд работал без поломок отдельных узлов и деталей. В ИГД СО РАН предложен способ бурения скважин с возможностью управления траекторией [3, 9]. Для создания автономных буровых снарядов весьма интересным выглядят исследования проведенные Е.П. Русиным и Г.Н. Ханом по изучению продольно-вращательного (винтового) удара [2].

Проведенный обзор и анализ разработанных и испытанных ранее буровых снарядов для бурения скважин в грунтах и горных породах позволил сформулировать основные требования для разрабатываемого автономного бурового снаряда ударного действия. На их основании предложено техническое решение реализации автономного бесштангового бурового снаряда для бурения скважин ударным способом. Принципиальная схема бурового снаряда представлена на рисунке 1. Устройство состоит из ударного механизма, породоразрушающего инструмента оригинальной конструкции, оснащенного породоразрушающими вставками, а также распорного устройства (на рисунке не показано), предотвращающего движения снаряда от забоя.

Работает устройство следующим образом: при проходке скважины 1 в породном массиве 2 породоразрушающий инструмент 3 прижимается к забою 4 скважины 1.

Ударное устройство 5, наносит бойком 6 удары по торцу 7 породоразрушающего инструмента 3. Породоразрушающий инструмент 3 совершает движение вперед под действием ударов и одновременно проворачивается вокруг своей оси в поперечной к скважине 1 плоскости. Поворот породоразрушающего инструмента 3 происходит за счет реакции породного массива 2 на взаимодействие его со специальными спиралеобразными лопастями 8, оснащенными породоразрушающими вставками 9. Через канал 10 осуществляется очистка забоя 4 от буровой мелочи и её вынос из скважины.

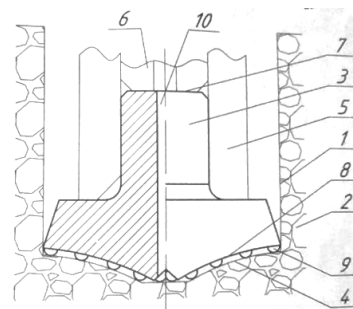


Рис. 1. Принципиальная схема устройства, реализующего ударный способ бурения

Особенностью предлагаемой конструкции бурового снаряда является то, что поворотное и поступательное движение породоразрушающего инструмента по скважине производят одним ударным инструментом, что снижает энергоемкость процесса бурения. Поворотное движение инструмента в скважине осуществляют за счет крутящего момента, возникающего от сил реакции породного массива при взаимодействии его со специальными спиралеобразными лопастями бурового инструмента, оснащенными породоразрушающими вставками, выполненными на корпусе инструмента.

Список литературы:

1. Варнелло Э.П., Каменский В.В. Схемы и конструкции бесштанговых снарядов для проходки скважин в горных породах. Пневматические ударные машины // Сборник научных трудов ИГД СО АН СССР. Новосибирск: Изд-е ИГД СО РАН. – 1980. – С. 3-15.
2. Русин Е.П. Исследование возможности передачи продольно-вращательного удара // Изв. Вузов. Строительство. – 2001. – №6.
3. Покровский Г.Н., Закаблуковский Н.Г. Исследование процесса разрушения горных пород косым ударом применительно к бурению // Передача удара и машины ударного действия. – Новосибирск: ИГД СО АН СССР, 1976.
4. Современные технологии сооружения протяженных скважин в грунтовых массивах и технические средства контроля их траектории / Б.Н. Смоляницкий и др. - Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2016. - 237 с.
5. Пути повышения эффективности ударно-вращательного бурения скважин Кондратенко А.С., Тимонин В.В., Карпов В.Н., Попелюх А.И. Горный журнал. 2018. № 5. С. 63-68.
6. Погружные пневмоударники для подземных условий отработки месторождений Тимонин В.В. Горное оборудование и электромеханика. 2015. № 2 (111). С. 13-17.
7. Методика проведения оценочных испытаний погружных пневмоударников в производственных условиях Карпов В.Н. Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук. 2016. Т. 3. № 2. С. 74-80.
8. Пат. 2026936 РФ, МПК E02F 5/18 (1995.01) E02F 5/16 (1995.01). Устройство для раскатки скважин / В.К. Свирщевский, Н.Ю. Климов Н.Ю.; заявитель и патентообладатель Институт горного дела СО РАН. — № 5032320/03; заявл. 16.03.1992; опубл. 20.01.1995, Бюл. № 11. – 5 с.
9. Пат. 2675614 Способ ударного бурения / В.В. Тимонин, С.Е. Алексеев, Е.М. Черниенков // Оpubл. в БИ – 2018 -№ 35.
10. Тимонин В. В. Обоснование параметров породоразрушающего инструмента и гидравлической ударной машины для бурения скважин в породах средней и высокой крепости: автореф. дис...канд. техн. наук. – Новосибирск: ИГД СО РАН, 2009. – 22 с.

АНАЛИЗ СИСТЕМ ТОРМОЖЕНИЯ ВЕТРЯНЫХ УСТАНОВОК ПУТЁМ ИЗМЕНЕНИЯ УГЛА АТАКИ

Е.В. Бухаров, студент гр. 5А92

Научный руководитель: М.С. Черемискина, ассистент,

Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр.Ленина,30,

E-mail: evb36@tpu.ru

Ветряные установки зачастую устанавливаются в местах, где штормовой ветер или просто сильные порывы ветра не редкость, в таких условиях важно, чтобы они были защищены от чрезмерно высоких скоростей ветра. Один из вариантов такой защиты является изменение угла атаки ветра о лопасти, которое способствует уменьшению подъёмной силы, или в экстренных ситуациях поможет основной системе затормозить быстрее.

Рассмотрим принцип воздействия воздуха на лопасти ветровой установки. Масса поток ветра, набегающего на лопасть можно вычислить, зная плотность воздуха (ρ), площадь поверхности (S) и угол атаки (α): $dm = \rho \cdot S \cdot \sin(\alpha) \cdot v \cdot dt$.

Воздух, обладающий импульсом будет сталкиваться и отражаться от поверхности лопасти, изменяя свой импульс, изменение модуля скорости при этом будет равно $|\Delta \vec{v}| = 2v \sin \alpha$.

Отсюда вычислим изменение импульса: $dp = mv = 2\rho \cdot S \cdot v^2 \cdot \sin^2(\alpha) \cdot dt$. А так как сила равняется первой производной по импульсу, можем её вычислить и разложить на векторы X и Y : $R = \frac{dp}{dt} = 2\rho \cdot S \cdot v^2 \cdot \sin^2(\alpha)$; $R_x = X = R \cdot \sin(\alpha) = 2\rho \cdot S \cdot v^2 \cdot \sin^3(\alpha)$; $R_y = Y = R \cdot \cos(\alpha) = 2\rho \cdot S \cdot v^2 \cdot \sin^2(\alpha) \cdot \cos(\alpha)$. Y – это подъёмная сила, которая и приводит в действия лопасти, X – сопротивления воздуха. Множитель $2\sin^2(\alpha) \cdot \cos(\alpha)$ можно записать как C_y (коэффициент подъёмной силы), а $2\sin^3(\alpha)$ как C_x (коэффициент лобового сопротивления). В реальности эти коэффициенты зависят ещё от набора параметров, связанных с аэродинамическими характеристиками и вычисляются они преимущественно эмпирическим путём в аэротрубах и специализированных программах, но зависимость от угла α сохраняется. Стоит так же отметить, что вследствие движения лопасти перпендикулярно скорости ветра, вектор набегающего воздуха смещается, изменяясь в сторону уменьшения угла атаки, в следствие этого угол атаки на практике увеличивается, но незначительно. [5]

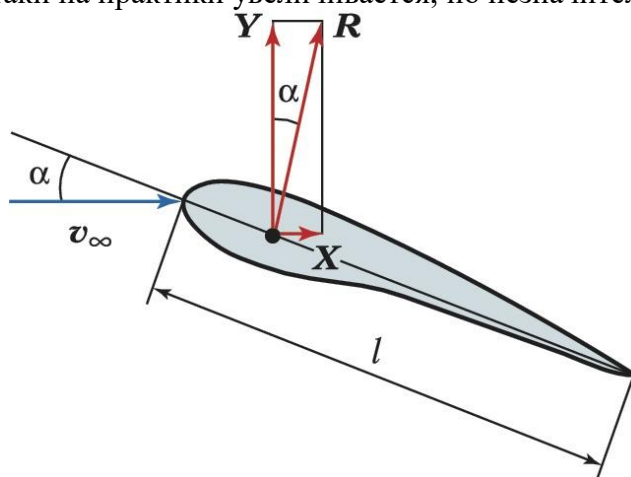


Рис.1. Расположение сил

Конструкции опор и лопастей рабочих ветряных установок рассчитаны на максимальную скорость ветра в 22-25 м/с, а наиболее эффективная скорость 10-15 м/с, поэтому возможно применить систему гашения скорости через изменения угла атаки, на графике [1] представлена зависимость коэффициента подъёма от угла атаки для одного из самых эффективных и распространённых профилей НАСА 4412 (Рисунок 2).

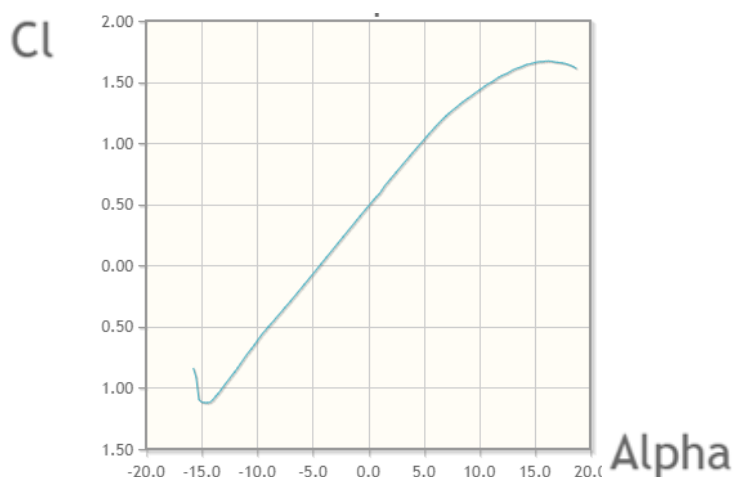


Рис.2. График зависимости коэффициента подъёма от угла атаки

С помощью этих данных и вычислив силы сопротивления воздуха и трения внутри механизмов, мы можем создать уравнение баланса, при котором скорость лопастей будет оставаться в пределах наиболее эффективных.

Момент подъёмной силы: $M = \int_0^R R_y dR = \int_0^R C_y \cdot \rho \cdot S \cdot v^2 dR = C_y \cdot \rho \cdot v^2 \cdot \int_0^R S dR$, так как площадь профиля так же зависит от радиуса, оставим интеграл не решенным. Тогда $M = M_{тр} + M_{сопр.возд.}$, где $M_{тр}$ – сумма моментов всех сил трения в механизмах установки, $M_{сопр.возд.}$ – момент силы вязкого трения воздуха на лопасть. $M_{тр}$ является постоянной величиной, $M_{сопр.возд.}$ так же близка к константе, следовательно изменения скорости ветра, в данном уравнение влияет преимущественно на момент подъёмной силы, который можно сохранять постоянным меняя C_y . [4]

Опираясь на данные коэффициента подъёмной силы, и полученное выше уравнение, компьютеры, встроенные в ветряные установки, могут мгновенно, исходя из данных с датчиков, вычислять соответствующий скорости ветра угол атаки для лопастей, и при сильных порывистых ветрах, сохранять скорость движения лопастей близкой к постоянной.

Список литературы:

1. Результаты исследования профиля NACA 4412 в аэротрубе [Электронный ресурс]. URL: <http://airfoiltools.com/polar/details?polar=xf-naca4412-il-1000000>
2. J. F. Manwell and J. G. McGowan «Wind energy explained» // Территория будущего; Москва; 2011. С. 101-121
3. Ветроэнергетика: пер. с англ. // под ред. Д. де Рензо. — Москва: Энергоатомиздат, 1982. С. 42-44
4. Пашков Е.Н. MATERIALS AND ENGINEERING SCIENCE (УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ) /Пашков Е.Н., Мартюшев Н.В.// Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. - 2013. - № 2. - С. 126-127.
5. Pashkov E.N. VESSEL ELLIPTICITY AND ECCENTRICITY EFFECT ON AUTOMATIC BALANCING ACCURACY/ Pashkov E.N., Martyushev N.V., Masson I.A.// В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 20, Modern Techniques and Technologies. Сер. "20th International Conference for Students and Young Scientists: Modern Techniques and Technologies, MTT 2014" - 2014. - С. 012011.

РАЗРАБОТКА ВОРОШИТЕЛЯ ДЛЯ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ

Н.А. Грачев, магистрант гр.18-ММ-КТ2,

А.В. Зубко, студент гр.16-МБ-ТМ1,

В.О. Шамин, студент гр.16-МБ-ТМ1,

О.И. Никонов, к.т.н., доц.,

А.В. Гукасян, к.т.н., доц.,

Е.Г. Степанова, к.т.н., доц.

Кубанский государственный технологический университет,

350072, г. Краснодар, ул. Московская, 2,

тел. (861)-275-22-79

E-mail: egs2128@mail.ru

Более половины транспортируемых материалов приходится на сыпучие материалы. В связи с изменением температурно-влажностных параметров хранения и транспортирования некоторые из них (например, растительное сырье) способны слипаться, комковаться, затрудняя тем самым равномерность перемещения сыпучих грузов [1]. В производственных условиях нередко для устранения комьев используют ручной труд.

В данной работе поставлена задача создания конструкции ворошителя сыпучих продуктов по следующим техническим требованиям:

- компактность и простота конструкции;
- надежность установки, легкость сборки, монтажа и смазки и ремонта, использование большинства унифицированных узлов и деталей;
- регулирование параметром производительности в широких пределах;
- невысокая металлоемкость при достаточной прочности рабочих органов.

Решение поставленной задачи осложняется транспортированием замороженного продукта после низкотемпературного хранения на заводских площадках. Предложена конструкция ворошителя для сыпучих растительных продуктов (рис.1).

Техническая характеристика ворошителя

| | |
|------------------------------------|-------------|
| Емкость бункера, м ³ | 20 |
| Частота вращения валов, об / мин | 8,0 |
| Максимальная мощность привода, кВт | 55 |
| Габариты, м | 5,6x3,7x4,5 |
| Масса, т | 9,5 |

Перемешиваемый подмороженный материал (сахарная свекла) равномерно засыпается на валы с установленными на них кулачками. Отдельные клубни свободно проходят в пространство между кулачками и выгружаются. Смерзшиеся комья продукта застревают на перемешивающем устройстве и подвергаются ударному измельчению и перемешиванию. Впоследствии измельченные подмороженные и прошедшие кулачки отдельные клубни смешиваются и направляются на дальнейшую переработку.

Выполненные теоретические, конструктивные и прочностные расчеты показали соответствие полученных параметров машины указанным техническим требованиям. Преимуществами разработанной машины являются:

- возможность монтажа и использования перемешивающих валов в период заморозков,
- простота сборки и разборки рабочих органов, а также использование трёх легко съёмных кулачковых валов, каждый из которых приводится в движение отдельным мотор-редуктором [2]. Валы устанавливаются через верхнюю часть бункера, занимая необходимое положение с помощью продольного паза на концах валов. Правильная фиксация и соосность устанавливаемого вала и вала мотор-редуктора обеспечивается шпоночным соединением. Жёсткость соединению придаёт продольно-разъёмная муфта, устанавливаемая в местах сцепки валов (рис.3).

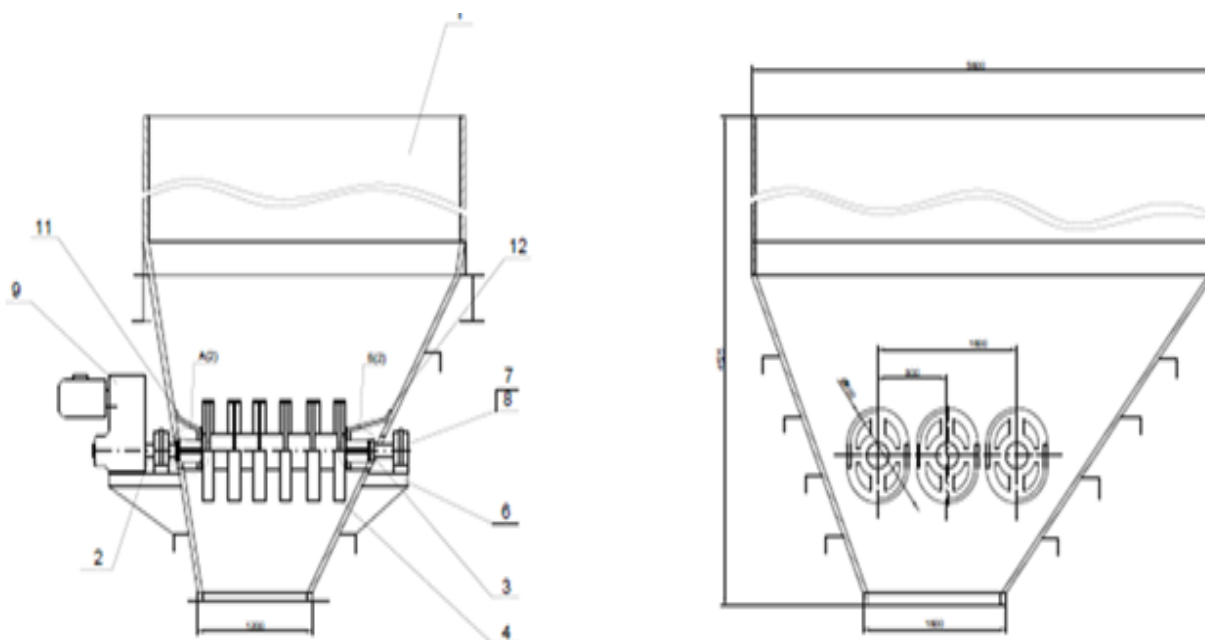


Рис. 1. Общий вид ворошителя: 1- бункер; 2- вал редуктора; 3-вал с продольным пазом; 4-вал кулачковый; 5- кулачок; 6-рама; 7-подшипниковая опора; 8-подшипник; 9- мотор-редуктор; 10-муфта; 11-защитный кожух меньший; 12- защитный кожух больший; 13- защитная пластина

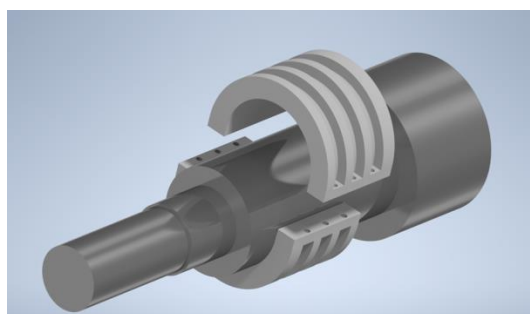


Рис.2. Соединение кулачкового вала и вала мотор-редуктора

Описанная простая легкоъемная конструкция, по мнению производителей, должна найти применение в транспортно-технологических операциях перемещения комкующихся сыпучих материалов.

Список литературы:

1. Степанова Е.Г., Андреевский Д.А., Давыдов Д.А., Грачев Н.А. Моделирование механических свойств сахарной свеклы при размораживании
2. В сборнике: Приоритетные направления инновационной деятельности в промышленности. Сборник научных статей по итогам четвертой международной научной конференции. 2020. С. 237-239. Грачев Н.А., Гукасян А.В., Никонов О.И., Степанова Е.Г. Разработка установки для загрузки подмороженной сахарной свеклы на свеклорезку. В сборнике: Механика, оборудование, материалы и технологии. Электронный сборник научных статей по материалам международной научно-практической конференции. Редакционная коллегия: Литвинов А.Е., Плоmodityло Р.Л., Коновалова Т.В., Гукасян А.В., Война А.А., Вольченко Н.А.. 2019. С. 490-493.

РАМНЫЕ КОНСТРУКЦИИ ИХ ПРИМЕНЕНИЕ

А.В. Григорьева, студент гр. 0А93

Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр.Ленина,30,

E-mail: avg86@tpu.ru

При строительстве сооружений применяются различные конструкции для укрепления «полотна»; в их число входят рамные конструкции, называемые «фермы». Фермой - это решетчато сквозная конструкция, состоящая из отдельных прямолинейных стержней, соединённых между собой в узлах.

Рассмотрим, как работает данная конструкция. Ферма работает на изгиб от внешней нагрузки, как правило, приложенной в узлах, благодаря этому в ее элементах возникают осевые растягивающие и сжимающие усилия, что обеспечивает возможность наиболее полного использования несущей способности материала, чем в изгибаемых элементах (балках). Фермы широко используются в строительстве для перекрытия больших пролётов с целью уменьшения расхода материалов и облегчения конструкций. Также ферменную конструкцию можно назвать каркасом, который служит укреплением для различного рода сооружений. С точки зрения сопромата к таким конструкциям относятся фюзеляж самолёта, тепловоз и даже корпус корабля (Рис. 1).



Рис. 1. Ферма фюзеляжа самолета "Шершень"

Чтобы правильно оценить наложенную нагрузку конструкции, стоит отметить геометрическую схему фермы, она определяется очертанием поясов и видом решетки. По очертанию поясов основные типы стропильных ферм (Рис.2.) бывают с параллельными поясами; трапецидальные; треугольные и сегментные. Стоит отметить, что из всех представленных типов наиболее экономичным по расходу материала являются сегментные фермы, поэтому эффективность их применения возрастает с увеличением пролёта. Но такие фермы являются очень трудоёмкими в изготовлении, поэтому на практике сегментные фермы заменяют полигональными, то есть со спрямлёнными в пределах основных узлов элементами верхнего пояса. [4]

Оптимальная высота ферм из условия минимальной массы и требуемой жёсткости (минимальная масса получается при равенстве масс поясов и решётки) имеет отношение высоты фермы к пролёту $h/l=1/4-1/5$. Но в таком случае фермы получаются большой высоты и становятся неудобными при их транспортировке и монтаже. Поэтому рекомендуются к использованию высоты ферм меньше оптимальных.

Неизменяемость фермы при любой нагрузке достигается устройством решётки, образующей систему треугольников (Рис. 2). Расстояние между узлами решётки по верхнему поясу называется панелью фермы, размер которой назначается по ширине стандартных железобетонных плит покрытий 1,5 или 3 м и являются кратным модулю 6 м. Наиболее распространённой решёткой является треугольная, но у неё есть пару недостатков. Один из них – значительная длина панелей поясов особенно при больших пролётах, которая вызывает

необходимость внеузловой нагрузки, отрицательно влияющей на эффективность конструкции.

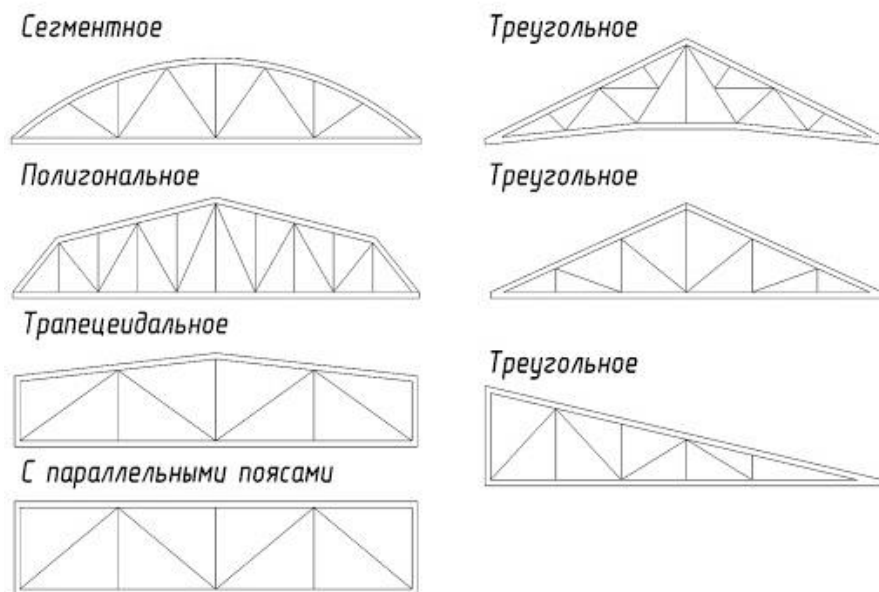


Рис.2. Очертание поясов ферм

Основным «определением» при расчёте нагрузки и узлов ферм является конструирование, поэтому основой является пересечение всех сходящихся в узле стержней в центре узла. В таком случае достигается уравнивание сил в узле и сохранение осевых усилий во всех стержневых элементах. [2]

Фермы экономичнее балок по расходу стали, но более трудоемки в изготовлении. Эффективность ферм по сравнению со сплошностенчатыми балками тем больше, чем больше пролет и меньше нагрузка. Рамные фермы экономичны по расходу материала и имеют меньшие габаритные размеры, однако более сложны в монтаже. Их применение рационально для большепролётных зданий. Использование арочных систем хоть и даёт экономию стали, приводит к увеличению объёма помещения и поверхности ограждающих конструкций. Их применение диктуется в основном архитектурными требованиями.

Рамные конструкции или фермы являются неотъемлемой частью современного строительства, поэтому очень важно учитывать параметры эффективности, то есть подобрать правильный материал стропил и самой конструкции, нужную форму, осуществить правильный подбор раскосов, уголков и узлов.

Список литературы:

1. Легкие металлические конструкции зданий и сооружений (разработка конструкций, исследования, расчет, изготовление, монтаж): Учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности 290300 "Пром. и гражд. стр-во" направления "Стр-во" / В.И. Трофимов, А.М. Каминский. - М.: Изд-во АСВ, 2002. - 575 с.
2. Муханов К. К. Металлические конструкции. Учебник для вузов. Изд. 3-е, испр. И доп. М., Стройиздат, 1978. 572 с.
3. Файбищенко В. К. Металлические конструкции: Учеб. Пособие для вузов. – М.: Стройиздат, 1984. – 336 с.
4. Pashkov E.N. VESSEL ELLIPTICITY AND ECCENTRICITY EFFECT ON AUTOMATIC BALANCING ACCURACY/ Pashkov E.N., Martyushev N.V., Masson I.A.// В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 20, Modern Techniques and Technologies. Сер. "20th International Conference for Students and Young Scientists: Modern Techniques and Technologies, MTT 2014" - 2014. - С. 012011.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ОДНОПОРШНЕВОГО ДВИГАТЕЛЯ

В.В. Дронов, к.т.н., доц.,
Е.С. Спесивцев, студент гр. 4НМ91
Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр.Ленина,30,
E-mail: ess42@tpu.ru

В статье рассмотрен пример исследования динамики однопоршневого двигателя 62GX 62cc Single-Cylinder Gas Engine помощью пакета прикладных программ для технических вычислений MATLAB. Для двигателя составляется структурная схема динамической системы.

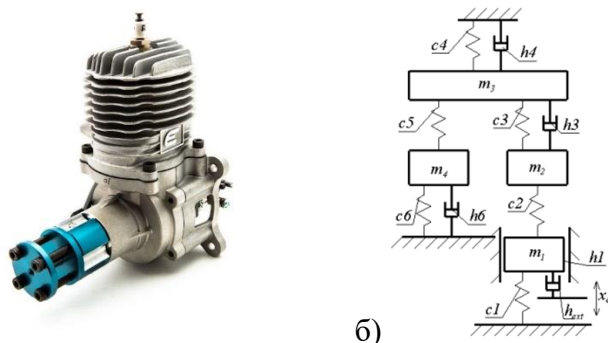


Рис. 1. - а) Микроструктура бронзы БрС10. однопоршневой двигатель 62GX 62cc Single-Cylinder Gas Engine б) структурная схема динамической системы

Схеме, приведенной на рисунке 2, соответствует устройство: однопоршневой двигатель. Пронумерованным массам соответствуют различные узлы двигателя:

- m_1 – поршень;
- m_2 – нижняя головка шатуна ;
- m_3 – коленчатый вал;
- m_4 – маховик

Пронумерованным пружинам соответствуют следующие соединения станка:

- c_1 – разрежённость внутри камеры сгорания ;
- c_2 – суммарная жесткость шатуна;
- c_3 – суммарная жесткость крепежей нижней головки шатуна;
- c_4 – суммарная жесткость крепежей коленчатого вала;
- c_5 – суммарная жесткость соединительных элементов между коленчатым валом и маховиком;
- c_6 – суммарная жесткость нажимного диска.

Пронумерованным демпферам соответствуют следующие соединения станка:

- h_{ext} – трение воздуhotoпливной смеси;
- h_1 – трение поршня о цилиндр ;
- h_3 – трение коленчатого вала о нижнюю головку шатуна ;
- h_4 – трение коленчатого вала;
- h_6 – трение маховика о нажимной диск.

Масса тел $m_1 m_2 m_4 = 20$ кг, $m_3 = 40$ кг, Частота внешнего воздействия примем $f_w = 90$ Гц. Коэффициент демпфирования $h_{ext}, h_3, h_4, h_6 = 65$ Н·с/м, $h_1 = 80$ Н·с/м.

Составление систем дифференциальных уравнений

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dv_1}{dt} = \frac{h_{ext} * (V_0 - V_1) - h_1 * V_1 - c_2 * (x_1 - x_2) - c_1 * x_1}{m_1} \\ \frac{dv_2}{dt} = \frac{c_2 * (x_1 - x_2) - h_3 * (V_2 - V_3) - c_3 * (x_2 - x_3)}{m_2} \\ \frac{dv_3}{dt} = \frac{h_3 * (V_2 - V_3) + c_3 * (x_2 - x_3) - h_4 * V_3 - c_4 * x_3 - c_5 * (x_3 - x_4)}{m_3} \\ \frac{dv_4}{dt} = \frac{c_5 * (x_3 - x_4) - c_6 * x_4 + h_6 * V_4}{m_4} \end{array} \right.$$

Передаточная функция динамической системы:

$$W(p) = \frac{x_{\text{вых}}}{x_{\text{вх}}} = \frac{x_4}{x_{\text{ext}}}$$

Преобразование Лапласа при помощи MATLAB

```

1 -   clc, clear, close all
2 -   %Задание символьных значений
3 -   syms xext x1 x2 x3 x4 m1 m2 m3 m4 c1 c2 c3 c4 c5 c6 hext h1 h3 h4 h6 p
4 -   % Уравнения
5 -   E1 = hext*(p*xext-p*x1) == h1*p*x1+c2*(x1-x2)+m1*p^2*x1+c1*x1;
6 -
7 -   E2 = c2*(x1-x2) == h3*(p*x2-p*x3)+c3*(x2-x3)+m2*p^2*x2;
8 -
9 -   E3 = h3*(p*x2-p*x3)+c3*(x2-x3) == h4*p*x3+c4*x3+m3*p^2*x3+c5*(x3-x2);
10 -
11 -   E4 = c5*(x3-x4) == m4*p^2*x4+c6*x4+c6*p*x4;
12 -   %Решение уравнений
13 -   Ez = [E1, E2, E3, E4];
14 -   var = [x1, x2, x3, x4];
15 -   S = solve(Ez,var);
16 -   %Вывод результатов
17 -   x4 = S.x4;
18 -   Wp = x4/xext;
19 -   Wp = collect(Wp,p)

```

Рис. 2. – Программа для преобразования Лапласа в MATLAB

Подбор параметров осуществляется путем изменения значения жесткостей двух пружин c_1 и c_6 , придерживаясь значений собственных частот колебаний ($f_{04} - f_{01}, f_{02} - f_{04}, f_{03} - f_{02} \geq 10$), а также собственные частоты колебаний не должны совпадать со значением внешней частоты колебаний ($f_{01}, f_{02}, f_{03}, f_{04} \neq f_w$). Изменение значений параметров c_1 и c_6 влияют на амплитуду колебаний у тел с массами m_1 и m_4 . Поэтому требуется оптимизировать систему, путем уменьшения амплитуды до минимального значения.

| | $c_6=35490$ | $c_6=354946$ | $c_6=854946$ |
|-------------|--|--|--|
| $c_1=29439$ | $f_{01}=9.3400$ $f_{02}=49.9747$ $f_{03}=60.0171$ $f_{04}=22.2372$ | $f_{01}=9.3400$ $f_{02}=49.9747$ $f_{03}=60.0171$ $f_{04}=29.9848$ | $f_{01}=9.3400$ $f_{02}=49.9747$ $f_{03}=60.0171$ $f_{04}=39.1452$ |
| $c_1=39439$ | $f_{01}=9.9950$ $f_{02}=49.9747$ $f_{03}=60.0171$ $f_{04}=22.2372$ | $f_{01}=9.9950$ $f_{02}=49.9747$ $f_{03}=60.0171$ $f_{04}=29.9848$ | $f_{01}=9.9950$ $f_{02}=49.9747$ $f_{03}=60.0171$ $f_{04}=39.1452$ |
| $c_1=73439$ | $f_{01}=11.9567$ $f_{02}=49.9747$ $f_{03}=60.0171$ $f_{04}=22.2372$ | $f_{01}=11.9567$ $f_{02}=49.9747$ $f_{03}=60.0171$ $f_{04}=29.9848$ | $f_{01}=11.9567$ $f_{02}=49.9747$ $f_{03}=60.0171$ $f_{04}=39.1452$ |

Рис. 3. – Таблица собственных частот тел

При минимальном значении $c_1 = 29439$ Н/м и $c_6 = 35490$ Н/м. жесткость пружин является оптимальной т.к. амплитуда колебаний самая минимальная.

Список литературы:

1. Энциклопедия по машиностроению XXL: [сайт]. – URL: <https://mash-xxl.info/info/65342/> (дата обращения: 14.05.2020). - Режим доступа: свободный. Текст: электронный.

2. Дерюшева, В.Н. Математическое моделирование и компьютерные технологии в машиностроении /В.Н. Дерюшева. – Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2014, - 8 с.

РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ СВАРНОГО УТОРНОГО ШВА РЕЗЕРВУАРА РВС- 30000

*Г.Р. Зиякаев, к.т.н., доц.,
Е.О. Куклин, студент гр. 2БМ05
Томский политехнический университет, 634050, г.Томск, пр.Ленина,30,
E-mail: eok8@tpu.ru*

В Российской Федерации эксплуатируется значительное количество резервуаров, предназначенных для операций по сбору, хранению, а также осуществления технологических переключений и учета нефти и нефтепродуктов. Несмотря на то, что технология изготовления таких резервуаров отработана достаточно давно, риск возникновения дефекта в сварном соединении остается достаточно высоким.

Высокий уровень напряжений, несоблюдение технологии и режима изготовления при строительстве значительным образом сказываются на технологических свойствах соединения. Поиск соответствующих технологических решений, направленных на улучшение характеристик изготавливаемого оборудования, является актуальной задачей отечественного нефтегазового комплекса.

В узле сопряжения стенка - днище возникает краевой эффект, приводящий к появлению изгиба оболочек, от изгибающих моментов, поперечных сил и дополнительных меридиональных и кольцевых усилий. Изгибающие напряжения суммируются с меридиональными и кольцевыми напряжениями. Расчетная схема приложения нагрузок, используемая для расчета методом сил, приведена на рисунке 1.

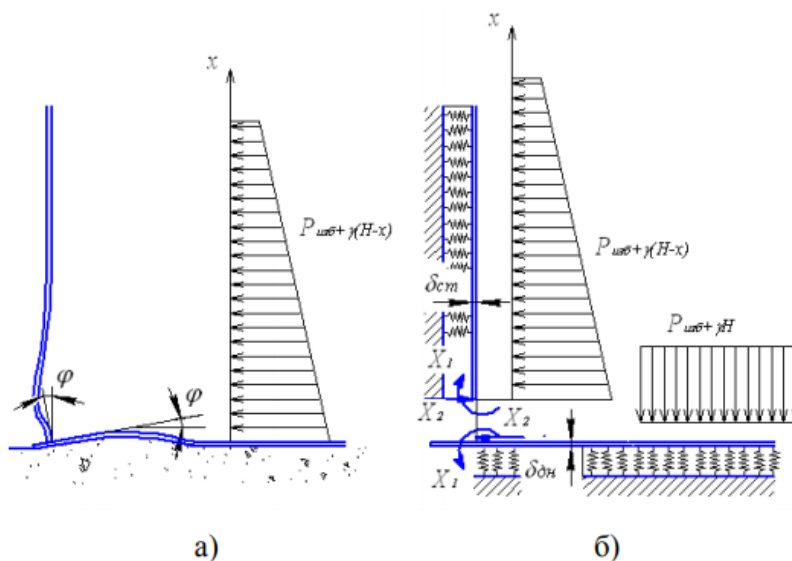


Рисунок 1. - Расчетная схема приложения нагрузок для узла сопряжения стенки резервуара и днища, решаемая методом сил

а) исходная система – совместная деформация стенки и днища; б) основная система для расчета нижнего узла методом сил

В зоне уторного сварного соединения за счет лимитирования радиальных деформаций стенки и днища возникает совместное действие изгибающего момента и поперечной силы. Узел соединения стенка - днище является статически неопределимым, и для ее раскрытия используется метод сил. Система уравнений представляет собой две статически определимые системы, которые образованы путем мысленного разделения стенки и днища в точке сопряжения. Далее производится решение двух статически определимых систем.

В систему уравнений вводятся дополнительные усилия неизвестной величины (X_1 – изгибающий момент, X_2 – поперечная сила). Решением системы уравнений, основным условием которой является условие совместности перемещений стенки и днища в точке сопряжения, определяются величины введенных неизвестных. Все перемещения элементов

горизонтальной плоскости от действия внешней нагрузки, момента и поперечной силы принимаются равными нулю. Система уравнений будет иметь следующий вид:

$$\begin{cases} (\delta_{11}^{ст} + \delta_{11}^{дн}) \times X_1 + \delta_{12}^{ст} \times X_2 + \Delta_{1p}^{ст} + \Delta_{1p}^{дн} = 0 \\ \delta_{21}^{ст} \times X_1 + \delta_{22}^{ст} \times X_2 + \Delta_{2p}^{ст} = 0 \end{cases}$$

де $\delta_{ij}^{ст}$, $\delta_{ij}^{дн}$ - единичные перемещения стенки и днища от единичного момента X_1 и единичной силы X_2 ;

$\Delta_{ip}^{ст}$, $\Delta_{ip}^{дн}$ - единичные перемещения стенки и днища от внешних нагрузок.

Анализ результатов расчета приведен в Таблице 1.

Таблица 1 - Результаты расчета напряженно-деформированного состояния угловых швов таврового соединения стенка-днище резервуаров для нескольких типоразмеров резервуаров, выполненных из стали 09Г2С

| Уторный узел | УУ-1 | УУ-2 | УУ-3 | УУ-4 | УУ-5 |
|--|------|------|------|------|------|
| Толщина днища S_d , мм | 9 | 9 | 9 | 14 | 16 |
| Толщина стенки $S_{ст}$, мм | 9 | 10 | 13 | 22 | 28 |
| Результаты аналитического расчета, МПа | 245 | 262 | 284 | 186 | 174 |

Разработана численная модель уторного сварного соединения вертикального стального резервуара, позволяющая определять напряженно-деформированное состояние узла в процессе эксплуатации резервуара. Получены значения максимальных эквивалентных напряжений для исследуемых типоразмеров уторных узлов. Проведена верификация предложенной модели путем сравнения с результатами, полученными по существующим методам аналитического расчета напряженно-деформированного состояния уторного узла.

Список литературы:

1. Винокуров В.А., Куркин С.Л., Николаев Г.А. Сварные конструкции. Механика разрушения и критерии работоспособности. М.: Машиностроение, 1996. 576 с;
2. Муцанов В. Ф., Роменский Д. И. Исследования напряженнодеформированного состояния уторного узла в вертикальных цилиндрических резервуарах объемом 10000...50000. Журнал «Металлические конструкции». 2012. Т. 18. № 1. С. 61 – 71.
3. Востров В.К., Катанов А.А. Расчет напряжений и перемещений в уторном узле и крайках днища резервуара. Монтажные и специальные работы в строительстве № 8. 2006. С. 22 – 26.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ ВИБРАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ВЕРТИКАЛЬНОГО СВЕРЛИЛЬНОГО СТАНКА

Е.А. Кабакаев, студент гр. 4НМ91

Томский политехнический университет, 634050, г.Томск, пр.Ленина,30,

E-mail: egor.kabakaev@mail.ru

Научный руководитель – В.В. Дронов, к.т.н. доцент ОМ ИШНПТ

Эксплуатация технологических машин сопровождается издержками, которые могут быть снижены оптимизацией режимов работы. Для повышения эффективности проектирования можно воспользоваться созданием математической модели с использованием пакета прикладных программ для технических вычислений MATLAB [1].

В качестве объекта для исследования динамических характеристик механической системы и дальнейшему подбору оптимальных параметров выступал вертикальный сверлильный станок KSB 40 CNC (рис. 1а).

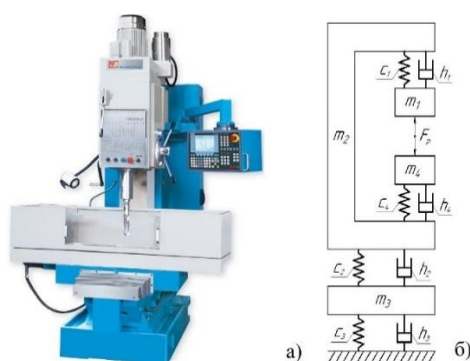


Рис. 1. Вертикальный сверлильный станок KSB 40 CNC: внешний вид станка (а), структурная схема динамической системы станка (б)

Пронумерованным массам (m_n) на схеме соответствуют части конструкции станка, коэффициентам жесткостей (c_n) – суммарная жесткость элементов между частями станка, коэффициентам трения (h_n) – трение элементов в соединениях между частями станка [2].

В качестве внешнего воздействия выступает сила резания F_p (1), состоящая из постоянной силы F_0 и колеблющейся из-за переменной твердости детали силы A_p .

$$F_p = F_0 + A_p \cdot \sin(\omega \cdot t) \quad (1)$$

Составим системы дифференциальных уравнений (2) согласно схеме (рис. 1б).

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dx_1}{dt} = v_1 \\ \frac{dv_1}{dt} = \frac{\vec{F}_p - c_1 \cdot (x_1 - x_2) - h_1 \cdot (v_1 - v_2)}{m_1} \\ \frac{dx_2}{dt} = v_2 \\ \frac{dv_2}{dt} = \frac{c_4 \cdot (x_4 - x_2) + h_4 \cdot (v_4 - v_2) - c_1 \cdot (x_1 - x_2) - h_1 \cdot (v_1 - v_2) - c_2 \cdot (x_2 - x_3) - h_2 \cdot (v_2 - v_3)}{m_2} \\ \frac{dx_3}{dt} = v_3 \\ \frac{dv_3}{dt} = \frac{c_2 \cdot (x_2 - x_3) + h_2 \cdot (v_2 - v_3) - c_3 \cdot x_3 - h_3 \cdot v_3}{m_3} \\ \frac{dx_4}{dt} = v_4 \\ \frac{dv_4}{dt} = \frac{\vec{F}_p - c_4 \cdot (x_4 - x_2) - h_4 \cdot (v_4 - v_2)}{m_4} \end{array} \right. \quad (2)$$

Напишем программы в среде MATLAB для моделирования динамической вибрационной системы. Подбор параметров осуществляется путем изменения значения жесткостей двух пружин c_1 и c_4 . Изменение значений параметров влияют на амплитуду колебаний у тел с

массами m_1 и m_4 . Необходимо оптимизировать систему, путем уменьшения амплитуды до минимального значения. Результаты вычислений сведем в таблицу 1.

Таблица 1. Результаты вычислений амплитуды колебаний

| | $c_4 = 5.662e7$ Н/м | $c_4 = 6.662e7$ Н/м | $c_4 = 7.662e7$ Н/м |
|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| $c_1 = 3.4413e5$ Н/м | $9.301e-5$ м | $8.8e-5$ м | $8.333e-5$ м |
| $c_1 = 4.4413e5$ Н/м | $9.844e-5$ м | $8.848e-5$ м | $8.991e-5$ м |
| $c_1 = 5.4413e5$ Н/м | $9.236e-5$ м | $9.017e-5$ м | $8.619e-5$ м |

Из таблицы значений амплитуды колебаний, самое минимальное при наименьшем значении $c_1 = 3.4413e5$ Н/м и наибольшем значении $c_4 = 7.662e7$ Н/м.

Для того чтобы в динамической системе не возникал резонанс, необходимо, чтобы частота внешних колебаний f_w не совпадала с частотой собственных колебаний тел. График спектра представлен на рис. 2.

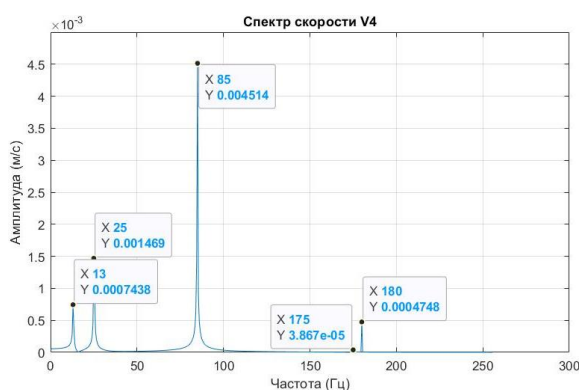


Рис. 2. График спектра

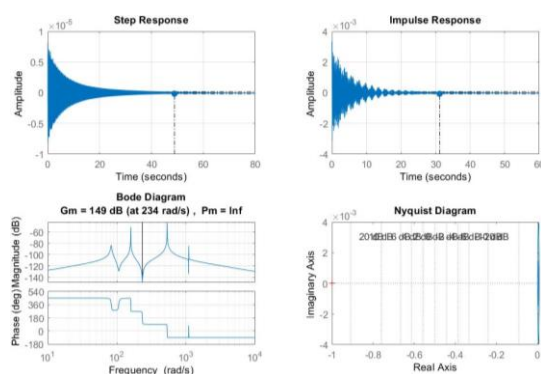


Рис. 3. График динамических и частотных характеристик

По графику видно, что в динамической системе не возникает резонанс.

Построим графики динамических и частотных характеристик (рис. 3.). По графикам Step Response и Impulse Response видно, что система устойчива т.к. переходная функция затухает. По диаграмме Боде: система устойчива, так как при достижении ФЧХ 180° , логарифмическая амплитудно-фазовая частотная характеристика отрицательна. График Nyquist Diagram представляет устойчивый усилитель, т.к. пересекает отрицательную действительную ось справа от точки $(-1, 0)$, а амплитуда петлевого усиления при f_{180} – меньше единицы [3].

В ходе проделанной работы представлена математическая модель динамической системы станка, подобраны оптимальные параметры и построены графики. Таким образом, создание математической модели в MATLAB позволит снизить издержки и время на натурные испытания.

Список литературы:

1. Дерюшева, В.Н. Математическое моделирование и компьютерные технологии в машиностроении: Методические указания для выполнения лабораторных работ по курсу «Основы динамики технологического оборудования» / В.Н. Дерюшева. – Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2014, - 8 с. Текст: непосредственный.

2. Основы динамики и прочности конструкций ракетно-космической техники // Корпоративный портал Томского политехнического университета [Электронный ресурс] URL: <https://portal.tpu.ru/SHARED/v/VDERUSHEVA/ucheba/Magistr>

3. Устойчивость на диаграмме Найквиста // Radio prog [Электронный ресурс] URL: <https://radioprogram.ru/post/821>

ОСНАЩЕНИЕ МОСТА ГИДРОГЕНЕРАТОРОМ

В.С. Коваленко, студент 5А97

*Научный руководитель: Черемискина М.С., ассистент
Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр.Ленина,30,
E-mail: yvk55@tpu.ru*

Использование энергии естественного движения, т.е. течения, водных масс в русловых водотоках и приливных движениях. Чаще всего используется энергия падающей воды. До середины 19 в. для этого применялись водяные колеса, преобразующие энергию движущейся воды в механическую энергию вращающегося вала. Позднее появились более быстроходные и эффективные гидравлические турбины. До конца 19 в. энергия вращающегося вала использовалась непосредственно, например, для размола зерна или для приведения в действие кузнечных мехов и молота. В наши дни практически вся механическая энергия, создаваемая гидравлическими турбинами, преобразуется в электроэнергию.

В нашей стране более 2,8 млн рек общей протяженностью 12,4 млн км, для переправы через них мы используем мосты. Мост является экономически затратным сооружением, помимо его постройки не малые средства тратятся на его обслуживание. Для освещения моста, чаще всего проводят электричество из ближайших населенных пунктов. [1]

В связи с большими расстояниями между населенными пунктами, линии электропередач обладают большой протяженностью, поэтому все чаще поднимается вопрос о применении альтернативных источников энергии. Для обеспечения освещенности можно использовать ветрогенераторы, солнечные батареи или гидрогенераторы. Но ветровые потоки могут быть не стабильными, а также могут отсутствовать вовсе, а могут быть ураганы, которые повлекут за собой разрушение ветрогенератора. В случае с солнечными батареями, солнечный свет может быть недостаточным, особенно в северных районах страны, где небольшая протяженность светового дня и обильные снежные осадки.

Рассмотрим применение гидрогенератора, они работают от течения реки. Вода несет за собой постоянный поток кинетической энергии, которую можно преобразовывать в механическую, а далее и в электрическую энергию, поток энергии в этом случае будет постоянный.

Рассмотрим схему модульного гидрогенератора (рис.1):

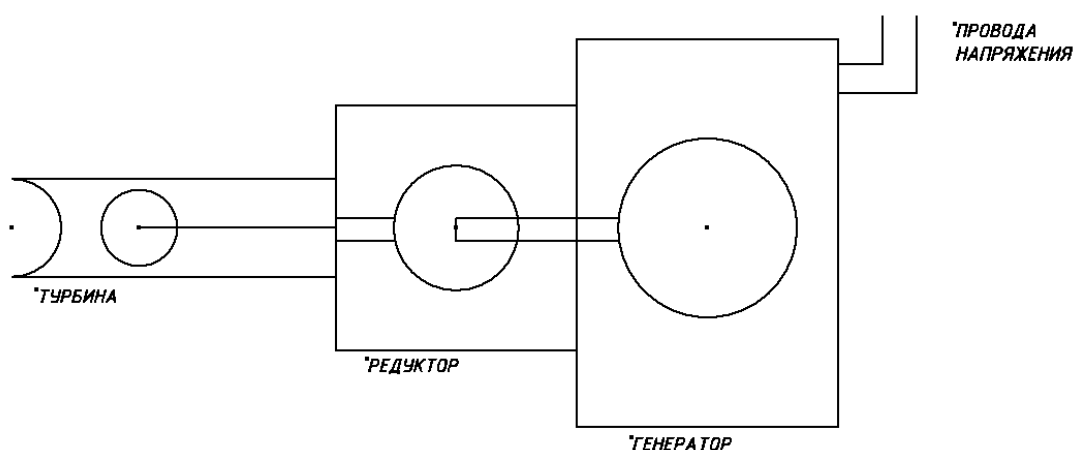


Рис.1. Упрощенная схема модульного генератора

Под модульным в данном случае подразумевается то, что каждая его часть (Турбина, редуктор, генератор) будет заменяемой. Подбор модулей будет производиться от параметров моста и реки. [4]

Проанализируем возможность установки гидрогенератора на Северном мосту города Томска.

На мосту находятся 60 светодиодных фонарей, каждый из них потребляет 60 Вт энергии в час, то есть весь мост потребляет 3.6 кВт в час. Для поддержания напряжения необходим генератор с запасом мощности более чем в два раза, потребляемой энергии, следовательно необходим генератор на 10 кВт/ч, он работает на 2600 – 3200 об./мин. Обыкновенная турбина не сможет развить такое количество оборотов, следовательно ставим редуктор. В данном случае течение реки примерно 1.8 м/с, при такой небольшой скорости можно подобрать турбину, которая будет вращать вал 300 оборотов в минуту с достаточной мощностью, следовательно, необходим редуктор с передаточным числом 1 к 10, что сможет обеспечить червячный редуктор.



Рис.2. Северный мост города Томска

Таким образом мы сможем снабжать мост, не проводя к нему электричество, данной установкой.

Конечно возникает множество вопросов с обслуживанием и установкой. Данный генератор можно устанавливать на механическую систему с подъемником, которая крепится к мосту и в случае поломки, поднимать генератор и чинить на месте. Так как гидрогенератор модульный, то можно сразу же заменять поломанный блок.

Список литературы:

1. https://ru.wikipedia.org/wiki/Система_автономного_электроснабжения
2. Пономарев-Стспной Н.Н. Атомная энергетика и ее будущее // Энергетика России: проблемы и перспективы. Труды науч. сессии РАН. М.: Наука, 2006.
3. Антропов П.Я. Топливо-энергетический потенциал Земли. М.: ВИНТИ, 1974.
4. Pashkov E.N. VESSEL ELLIPTICITY AND ECCENTRICITY EFFECT ON AUTOMATIC BALANCING ACCURACY/ Pashkov E.N., Martyushev N.V., Masson I.A.// В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 20, Modern Techniques and Technologies. Сер. "20th International Conference for Students and Young Scientists: Modern Techniques and Technologies, MTT 2014" - 2014. - С. 012011.

ПРИЧИНЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ АВАРИЙНЫХ ОСТАНОВОВ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ КОМПЛЕКСОВ ГЛУБОКОЙ РАЗРАБОТКИ УГЛЯ¹

*Д.В. Копытин, соискатель кафедры горных машин и комплексов
Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева
650099, Кемерово, ул. Весенняя, 28*

Эффективная эксплуатация комплексов глубокой разработки угля (КГРП) (рис. 1) [1-3] может быть достигнута путем снижения количества отказов и повышения оперативности определения зарождающихся дефектов. Достижение этих показателей выполнимо только при соблюдении соответствующих организационных и технологических мероприятий по ремонту и техническому обслуживанию эксплуатируемого оборудования.



Рис. 1. Комплекс глубокой разработки угля модели CAT-SHM

При эксплуатации рассматриваемых комплексов КГРП заводских номеров 28 и 29, производства известной компании Caterpillar SUPERIOR HIGHWALL MINERS (CAT-SHM), были проведены хронометражные наблюдения за их работой, в результате которых были определены причины технических происшествий, приводящие к аварийным простоям комплексов (рис. 2). Наблюдения проводились на протяжении 2-х лет на разрезе «Распадский» ЗАО «Шахта Распадская» при выемке угля с борта разреза.

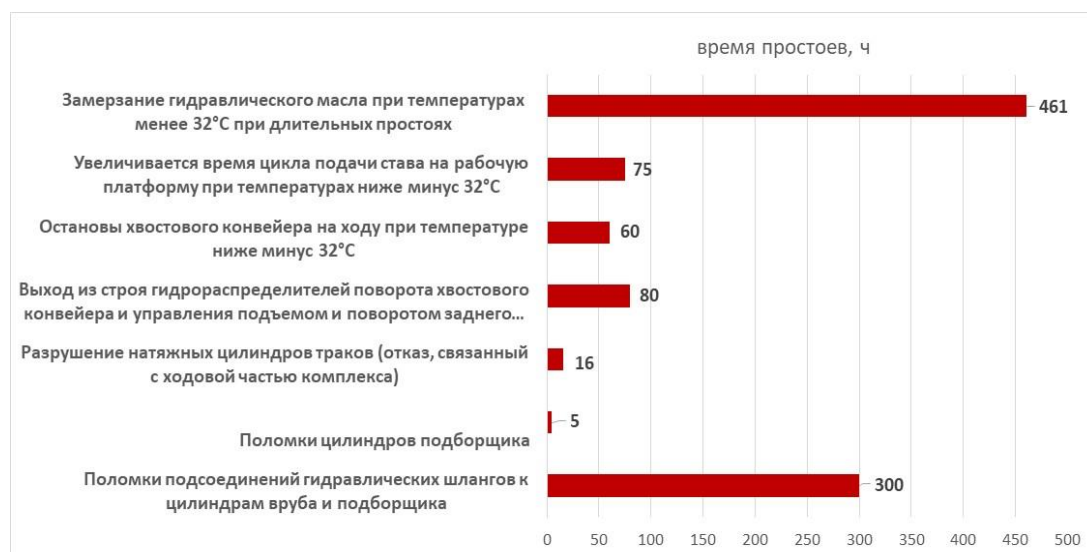


Рис. 2. Продолжительность простоев КГРП, связанных с ликвидацией отказов

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке регионального проекта РФФИ (Кемеровская область) № 20-45-420018 «Фундаментальные исследования в области совершенствования техники и технологии выемки забалансовых запасов угля с применением комплексов глубокой разработки пласта»

Как следует из анализа данных, приведенных на рис. 2, - основной причиной аварийных остановов комплексов являются отказы гидромеханической системы, связанные со значительным повышением вязкости гидравлического масла в зимний период (рис.3) [4].

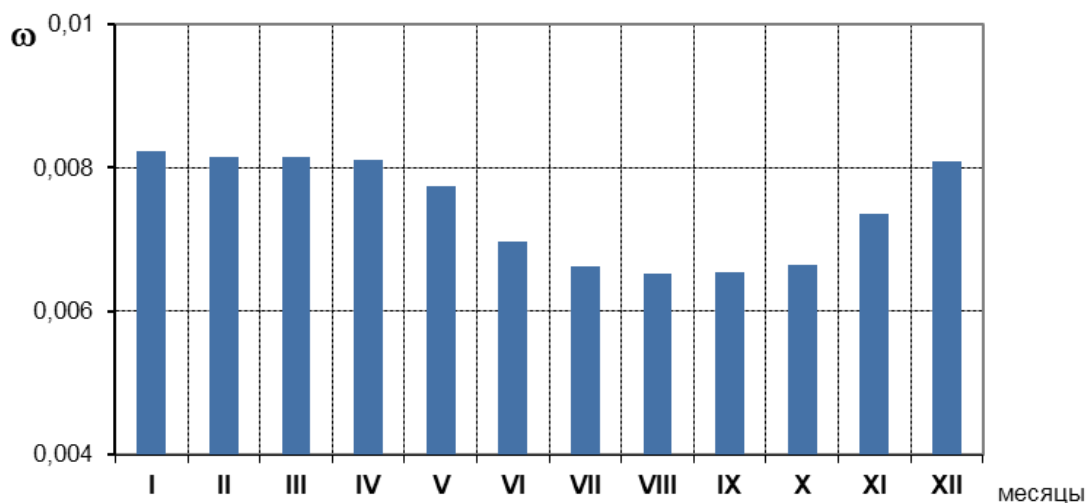


Рис. 3. Изменение параметра потока отказов по месяцам года

Таким образом, опыт эксплуатации КГРП САТ-SHM №28 и САТ-SHM №29 в климатических условиях юго-западной Сибири показал, с одной стороны, проблемы ухудшения свойств гидравлических масел в теплые периоды года, а с другой – их непригодность к работе при температурах ниже -25°C . При этом наиболее критичны проблемы именно зимних периодов, так как увеличивается время на устранение отказов и усложняются условия труда обслуживающего персонала, а также требуются мероприятия для климатической адаптации КГРП к указанным условиям.

Список литературы:

1. Нецветаев А.Г., Репин Л.П., Соколовский А.В. Технология добычи угля с применением комплексов глубокой разработки пластов.//Уголь. - 2004 - № 11.-с. 41-43.
2. Shen Baoting. Highwall Mining Stability. – Taishan Academic Forum – Project on Mine Disaster Prevention and Control. – October, 17-20 Qingdao, China. – Atlantis Press. Amsterdam, Paris, Beijing. 2014. P. 184-189.
3. Герике Б.Л., Копытин Д.В., Тациенко В.П. Опыт использования цифровых технологий в оценке технического состояния комплексов глубокой разработки пластов.//Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности, №3. – Кемерово. – 2019. – С. 72-80.
4. Влияние окружающей среды на параметр потока отказов гидравлического оборудования комплексов глубокой разработки пласта. / Д.В. Копытин, Б.Л. Герике, К.А. Ананьев, А.Н. Ермаков.// Горное оборудование и электромеханика, № 4. – Кемерово. – 2019. – С. 21-25.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ КЛЕЩЕВОГО ЗАХВАТА

*Кориунов С.А., Кузьмина К.С., Солодовников С.Д., студенты группы 5А8Д
Научный руководитель Е.Н.Пашков, к.т.н., доцент,
Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30,
E-mail: sak73@tpu.ru*

В работе рассмотрены результаты проектирования конструкции клещевого захвата для использования его в целях предприятия ОАО «ТДСК». Для определения типа необходимого захвата был проведен анализ основных видов грузозахватных механизмов. В зависимости от принципа действия захвата можно выделить несколько видов: клещевые (зажимные); вилочные (лапчатые); эксцентриковые; винтовые (струбцинные); штырево-строповые; коромысловые [1].

Изучив особенности каждого типа захвата, пришли к выводу, что самым эффективным механизмом для осуществления поставленной задачи будет являться захват рычажно клещевого типа.

После анализа захвата мы поняли, что перед нами стоит непростая задача – поднять механизм с грузом. Обратившись к источникам, поняли, что идеальным вариантом подъема является тельфер. Так как по расчетам нам необходимо устройство с грузоподъемностью чуть больше 500 кг. Наш выбор остановился на Болгарском тельфере (Т02312) с г/п 1 тонна и высотой подъема 6 м., ценой около 60 тысяч рублей

Основной расчетной работой являлся расчет сил, которые должны действовать на механизм. Какие мы имеем условия: нам необходимо захватить и поднять одновременно 8 шлакоблоков, каждый из которых имеет размеры 200х200х400 и вес равный 28кг.

Блоки имеют коэффициент трения, приближенный к керамзитобетонному блоку, который необходимо учитывать при расчете клещевого захвата.

При расчете рычажно клещевых захватов исходим из предположения, что при подъеме груза сила трения между упорами клещей и грузом затягивает клещи, в результате чего возникает сжимающая сила

$$N = k \frac{G}{2f} \quad (1)$$

где $k = 1,25..1,5$ – коэффициент запаса, учитывающий возможное изменение коэффициента трения и потери на трение в шарнирах рычажной системы; G – вес груза; f – коэффициент трения между грузом и упором в зависимости от материала груза.

Схема захвата изображена на рис.1. Расчет клещевых захватов сводится к определению размеров рычагов, при которых сила трения, создаваемая клещами, удерживала бы груз [2]. Из условия равновесия имеем - сила, действующая в тяге без учета веса клещей

$$T = \frac{G}{2 \sin \gamma} \quad (2)$$

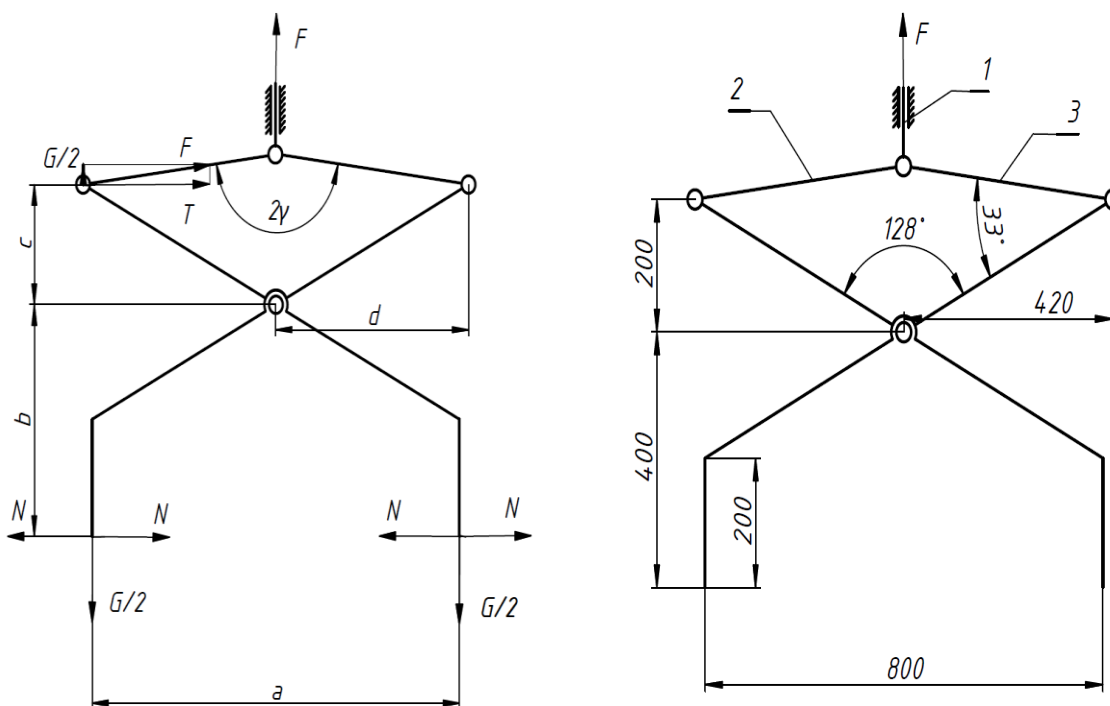


Рис. 1. Схема установки с силами и данными

Так как рычаги находятся в равновесии, то

$$\sum M = 0 \tag{3}$$

Расчёт пальцев, осей и проушин ведётся с учётом их конструктивных особенностей и вида нагрузок, действующих на них.

Для изготовления клещевого захвата в целях предприятия выбрали прямоугольный профиль 60x20 мм из материала СТАЛЬ 3. Аргументировали свой выбор, благодаря расчету прочностных характеристик. А именно при центральном растяжении-сжатии в поперечных сечениях возникают нормальные напряжения, распределенные равномерно по сечению. При расчете поперечных сил и изгибающих моментов для каждого сечения получили удовлетворяющие значения. При расчёте пальца определили диаметр отверстия, толщину проушины.

Список литературы:

1. Грузозахватные приспособления - основные виды // Самсон URL: <https://samson-td.ru/stati/gruzozaxvatnyie-prisposobleniya-osnovnyie-vidyi.html>. Режим доступа – свободный (дата обращения: 21.03.2020).
2. Леликов О.П. Основы расчета и проектирования деталей и узлов машин. - М.: Машиностроение, 2004.

ЧАСОВОЙ МЕХАНИЗМ

А.Л. Логина, студент гр. 5А97

Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр.Ленина,30

E-mail: logina.2001@gmail.ru

Когда люди начали измерять время? Какие механизмы заставляют часы работать? Часы являются одним из древнейших изобретений. Потребность в измерении времени появилась у людей очень давно. Изначально для измерения времени люди ориентировались на небесные светила. В то время придумали солнечные часы. Чуть позже появляются водяные, песочные и огненные часы, которые со временем сместили механические часы. Первые упоминания о механических часах появились в 6 веке в Византии. Появление механических часов было крупным шагом не только в деле измерения времени, но и в механике вообще. Часовой механизм оказал огромное влияние на развитие автоматики и теории регулирования.

Применяемые в бытовой жизни и технике часы и часовые механизмы отличаются большим разнообразием принципиальных схем и конструктивных форм, что объясняется различным назначением их и эксплуатационными условиями.

Часовой механизм - автомат, измеряющий промежутки времени различной длительности.

По своему назначению часы и часовые механизмы разделяются на следующие основные группы:

- 1) для измерения времени (бытовые часы и хронометры);
- 2) для измерения промежутков времени различной продолжительности (секундомеры, хроноскопы, хронографы);
- 3) для измерения промежутков времени заданной продолжительности (реле времени, таймеры);
- 4) для регистрации моментов текущего времени (табельные часы, штемпели времени).

Механизм обычных механических часов состоит из следующих основных частей:

- 1) колебательная система (баланс с волоском или маятник);
- 2) спусковой механизм;
- 3) зубчатая передача;
- 4) двигатель (пружинный или гиревой);
- 5) узел завода и перевода стрелок.

Рассмотрим основные составляющие наручных часов (рисунок 1):

Барaban нужен для защиты, находящейся внутри пружины-спирали, от попадания на нее пыли или влаги.

Баланс - спираль является одним из основных узлов часового механизма. Баланс представляет собой круглый тонкий обод с поперечной перекладиной, посаженной на стальную ось. Балансы бывают винтовыми и без винтовыми. У винтового баланса в обод ввинчены винты, которые служат для уравнивания обода и регулировки частоты его колебаний. [1]

Спираль - волосок изготавливают из никелевого сплава. Это упругая пружина, конец которой заделан в латунную втулочку. Под действием энергии, поступающей от двигателя, баланс совершает колебательные движения, вращаясь делает повороты то в одну, то в другую стороны – либо заводит, либо раскручивает спираль. В результате, то запираемая, то освобождаемая спусковым распределителем колесная передача часового механизма периодически двигается. Это движение можно наблюдать по скачкообразному движению секундной стрелки. В большинстве наручных часов баланс совершает 9 000 колебаний в час. Период колебания баланса регулируется путем изменения длины спирали.

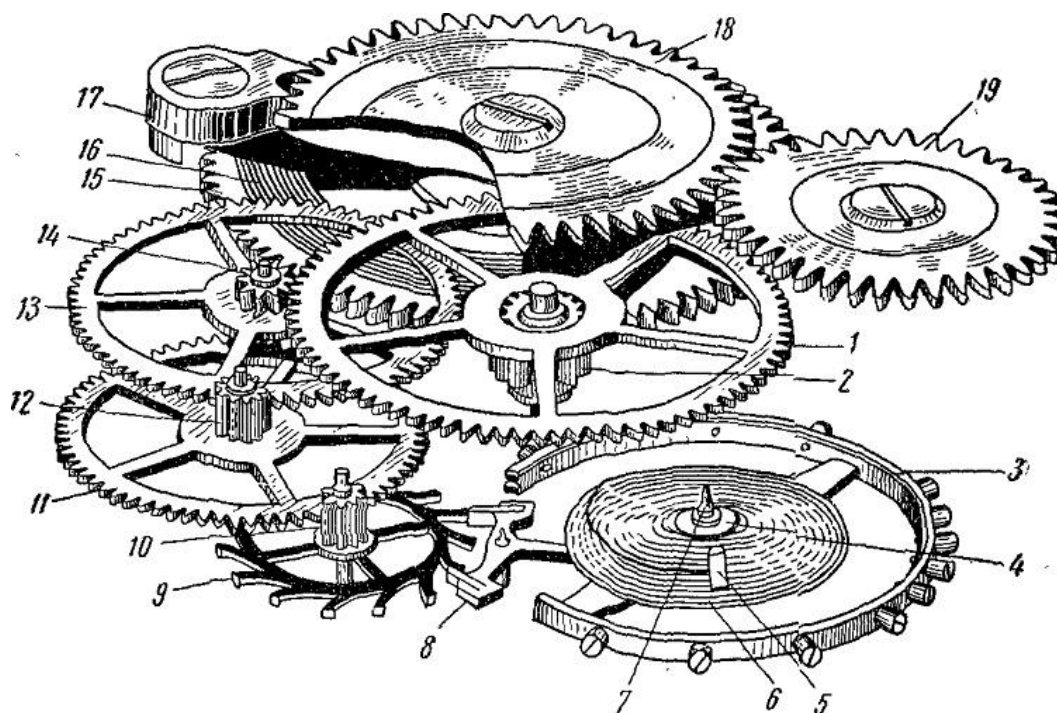


Рис.1. Принципиальная схема механизма часов

- 1- центральное колесо; 2 — трибка центрального колеса; 3 — баланс; 4 — колодка волоска; 5 — колонка волоска; 6 — волосок; 7 — ось баланса; 8 — анкерная вилка с Налетами и осью; 9 — анкерное колесо; 10 - трибка анкерного колеса; 11 — секундное колесо; 12 —трибка секундного колеса; 13 — промежуточное колесо; 14 — трибка промежуточного колеса; 15 — барабан; 16 — заводная пружина; 17 — собачка; 18 — барабанное колесо; 19 — заводное колеса

Турбийон. Механизм, компенсирующий земное притяжение. Колесо баланса и спусковой механизм устанавливаются на специальную вращающуюся платформу. Платформа вращаясь вокруг собственной оси (зачастую, будет совершаться один оборот за одну минуту) меняет центр тяжести всего механизма. При вращении платформы, часы то полминуты спешат, то пол минуты отстают. Таким образом и компенсируется погрешность хода, связанная с воздействием гравитации. [3]

Мосты. Все детали часового механизма: двигатель, баланс и другие фиксируются к плате мостами.

Стрелочный механизм расположен с под циферблатные стороны платины. Он состоит из часового колеса, вексельного колеса и минутного триба.

Таким образом, мы ознакомились с устройством и работой механических часов. Выяснили, что часы имеют довольно сложное устройство, где каждая маленькая деталь отвечает за точность и правильность работы механизма часов.

Список литературы:

1. Беляков, Иван Семенович, Часовые механизмы: Учеб. пособие для техникумов. - Москва : Машгиз, 1957.- 335 с.
2. Богданов, Юрий Михайлович, Приборы точной механики: Учеб. пособие для машиностроит. вузов. - Москва : Машгиз, 1960. - 415 с.
3. Cheremiskina, Maria Sergeevna. Load-bearing of axle-box assemblies / M. S. Cheremiskina, E. N. Pashkov // Journal of Economics and Social Sciences electronic scientific journal: . — 2020 . — № 16 . — [4 p.]

УСЛОВИЕ КОНТАКТНОЙ ПРОЧНОСТИ СФЕРИЧЕСКОЙ РОЛИКОВОЙ ПЕРЕДАЧИ С ДВУХРЯДНЫМ САТЕЛЛИТОМ

М.Е. Лустенков, д.т.н., проф.,

А.Н. Моисеенко, аспирант

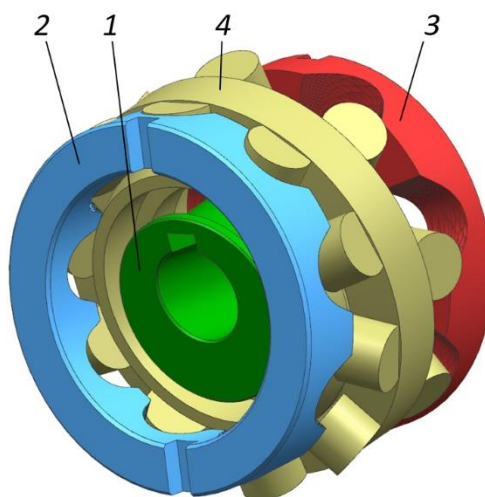
*Белорусско-Российский университет, 212000, Республика Беларусь, г.Могилев, пр.Мира,43,
тел.(+375 296)-875-121*

E-mail: lustenkov@yandex.ru

Сферические роликовые передачи (СРП) с двухрядным сателлитом разрабатываются для получения больших значений передаточных отношений при малых массово-габаритных показателях. СРП относятся к классу сферических механизмов и по структуре и кинематике аналогичны зубчатым планетарным передачам с двухвенцовым сателлитом, в т. ч. с телами качения [1]. Отличие состоит в том, что сателлит СРП совершает не плоское, а сферическое движение, а именно регулярную прецессию, при этом ролики двух рядов сателлита взаимодействуют с центральными колесами, а траектории точек роликов сателлита лежат на сферических поверхностях. Аналогом предлагаемой разработки выступают прецессионные передачи [2], позволяющие получить большие значения передаточных отношений. Спроектированы передачи с радиальным расположением рядов роликов [3], однако они имеют сложную конструкцию сателлита.

В 3D-модели передачи (рис. 1), предназначенной для последующего кинематического и прочностного анализов удалены лишние элементы, ролики объединены с телом сателлита и представляют собой цевки или зубья цилиндрической формы.

Ведущий вал предлагаемой СРП с осевым расположением рядов роликов [4] содержит наклоненный участок к его оси под углом Θ (угол нутации). Наклон обеспечивается с помощью эксцентрика *1*, устанавливаемого на ведущий вал. Сателлит *4* устанавливается на эксцентрик с помощью одного или пары подшипников, которые в представленной модели не показаны. Сателлит *4* содержит тела качения (ролики).



*1 – эксцентрик; 2 – ведомое центральное колесо; 3 – неподвижное центральное колесо;
4 – сателлит*

Рис. 1. Модель СРП (основные элементы).

Ролики установлены в два ряда с равным угловым шагом, их оси расположены симметрично оси сателлита. Один ряд роликов контактирует с неподвижным центральным колесом *3*, а второй ряд роликов взаимодействует с подвижным центральным колесом *2*, соединенным с ведомым валом (в модели не показан). Зубья центральных колес имеют постоянную высоту по длине.

Методика прочностного анализа исследуемой передачи основана на преобразованной

формуле Герца для контакта двух цилиндрических поверхностей (выпуклой и вогнутой) [4], т. к. основным критерием надежности является контактная прочность. При проведении силового анализа установлено, что наиболее нагружено зацепление роликов с центральным колесом на выходном валу. Исходными данными для проверочного расчета являются: номинальный момент на ведомом валу T_2 , Н·м, материалы и термообработка деталей, передаточное отношение, соответственно, числа зубьев колес и роликов сателлита, а также геометрические параметры передачи.

Условие контактной прочности для зубьев центрального колеса:

$$\sigma_{H \max} = K_{Gs} \sqrt{\frac{T_2 10^3}{R_{2m} n_{s2} K_{p2} K_n \sin(\alpha_{2m})} \times \frac{\rho_{2m} - r_s}{\rho_{2m} r_s}} \leq [\sigma_H], \quad (1)$$

где $\sigma_{H \max}$ – максимальные контактные напряжения, МПа; $[\sigma_H]$ – допускаемые контактные напряжения, МПа; K_{Gs} – коэффициент, зависящий от свойств материалов контактирующих деталей, $\text{МПа}^{1/2}$; ρ_{2m} и r_s – радиусы кривизны контактирующих поверхностей (зубчатого профиля в среднем сечении и ролика соответственно), мм; α_{2m} – среднее значение угла подъема центральной кривой, определяемый в среднем сечении ведомого центрального колеса; R_{2m} – радиус сферической поверхности расположения точки приложения нормальной силы, мм; n_{s2} – число роликов в ряду сателлита, которые взаимодействуют с ведомым центральным колесом; K_{p2} – коэффициент перекрытия (число роликов, одновременно передающих нагрузку, определяемое по отдельному алгоритму); K_n – коэффициент, учитывающий неравномерность распределения нагрузки по потокам.

По приведенным выше формулам был проведен проверочный расчет для передачи с передаточным отношением 36, модель которой показана на рис. 1. При числе зубьев остановленного колеса $Z_3 = 7$ и ведомого колеса $Z_2 = 9$ числа роликов в соответствующих рядах сателлита были на единицу больше: $n_{s3} = 8$, $n_{s2} = 10$. Принимались следующие геометрические параметры: $R_{2m} = 30$ мм, $r_s = 5$ мм, $\Theta = 0,2$ рад. Детали передачи стальные, изготовленные по 7 степени точности. Максимальные контактные напряжения составили $\sigma_{H \max} = 605$ МПа. Допускаемые напряжения, равные и превышающие максимальные расчетные, можно обеспечить применением распространенных, относительно недорогих видов легированных сталей (сталь 40Х, 40ХН и др.) и соответствующей термообработкой.

Список литературы:

1. Efremkov E. A., Kobza E.E., Efremkova S.K. Force Analysis of Double Pitch Point Cycloid Drive with Intermediate Rolling Elements and Free Retainer [Electronic resource] // Applied Mechanics and Materials Scientific Journal: Mechanical Engineering, Automation and Control Systems (MEACS2014). – 2015. – Vol. 756. – P. 29–34.
2. Бостан, И. А. Планетарные прецессионные передачи с многопарным зацеплением. – Кишинев: Штииница, 1991. – 356 с.
3. Лустенкова Е. С. Определение оптимальных геометрических параметров сферических роликовых передач по критерию максимального КПД // Вестник Белорусско-Российского университета. – 2019. – № 4 (65). – С. 34–42.
4. Биргер И. А., Шорр Б.Ф., Иосилевич Г.Б. Расчет на прочность деталей машин: справочник. – М. : Машиностроение, 1993. – 640 с.

ДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СФЕРИЧЕСКИХ РОЛИКОВЫХ ПЕРЕДАЧ

Е.С. Лустенкова

Белорусско-Российский университет, 212000, Республика Беларусь, г.Могилев, пр.Миру,43,
тел. (+375 447)-278-243

E-mail: fittsova@gmail.com

Сферические роликовые передачи (СРП) с двухрядным сателлитом могут применяться в качестве механических ступеней мехатронных модулей в кинематических цепях роботов и манипуляторов для получения больших передаточных отношений при малых габаритах привода [1]. СРП относятся к сферическим механизмам, т. к. сателлит совершает сферическое движение относительно неподвижной точки. Два ряда роликов устанавливаются коаксиально с равным угловым шагом. Ролики имеют возможность вращаться относительно собственных осей и осуществлять качение по поверхностям беговых дорожек своими выступающими торцами сферической формы. К основным элементам передачи (рис. 1, а) относятся: 1 – ведущий вал, содержащий наклоненный участок 2 (кривошип); 3 – подшипники качения, с помощью которых сателлит 4 устанавливается на кривошипе; 5, 6 – два ряда роликов (внутренний и наружный); 7 – ведомый вал с беговой дорожкой на торце; 8 – кулачки, закрепляемые в корпусе и образующие неподвижную периодическую беговую дорожку.

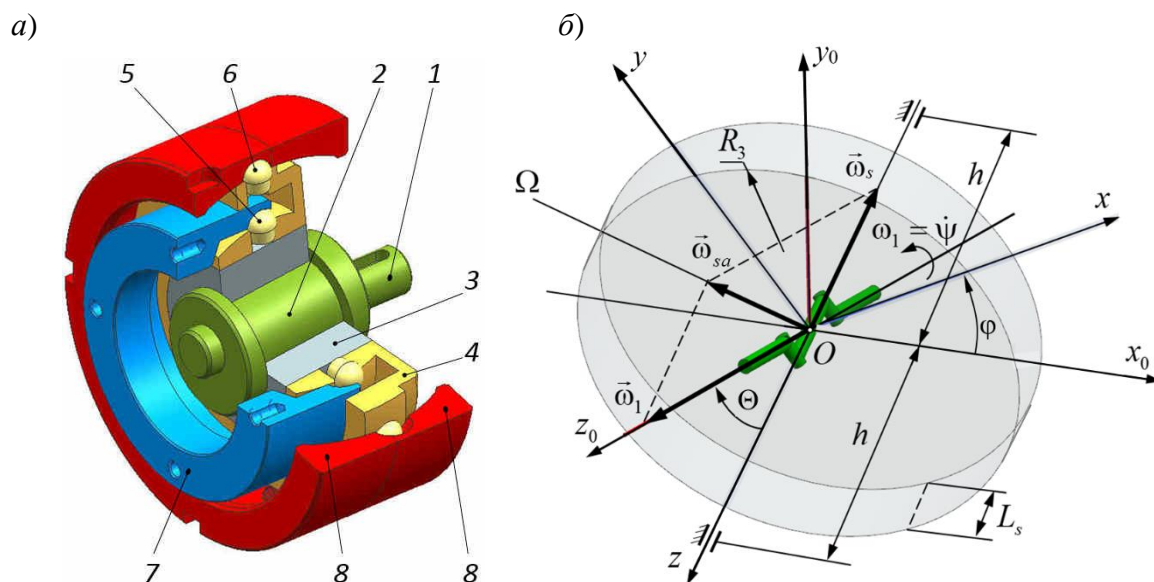


Рис. 1. Конструкция (а) и кинематическая схема (б) СРП.

Передаточное отношение определяется по зависимостям для зубчатых передач с двухвенцовым сателлитом, спроектированным по схеме $2k-h$. Роль чисел зубьев венцов сателлита выполняют числа роликов, а чисел зубьев центральных колес – числа периодов беговых дорожек [3]. Преимуществами СРП являются повышение уравновешенности, т. к. центр масс сателлита находится на оси передачи, и замена скольжения качением.

К основным параметрам передачи относят радиусы сферических поверхностей (основных сфер) R_3 и R_2 , где располагаются центры сферических концов роликов первого и второго рядов соответственно, а также угол наклона кривошипа Θ .

На основе разработанной модели сферического движения сателлита (рис. 1, б) относительно точки O вокруг мгновенной оси Ω либо поворотами с углами Эйлера (ψ , Θ и φ) получена зависимость для определения приведенного момента инерции (к ведущему валу передачи) J_{p1}

$$J_{p1} = J_1 + \frac{J_2}{i_{12}^{(3)}} + J_{sx} \left(1 - \left(i_{12}^{(3)} \right)^{-1} \right)^2 \operatorname{tg}^2 (\Theta) + J_{sz} \left(i_{12}^{(3)} \right)^{-2}, \quad (1)$$

где J_1, J_2 – осевые моменты инерции ведущего и ведомого валов; $i_{12}^{(3)}$ – передаточное отношение; J_{sx}, J_{sz} – осевые моменты инерции сателлита.

Сателлит в модели представлен в виде сплошного диска с радиусом R_3 и высотой L_s . Осевые моменты инерции определяются по известным формулам:

$$I_{sx} = I_{sy} = m_s \left(\frac{R_3^3}{4} + \frac{L_s^2}{3} \right); I_{sz} = \frac{m_s R_3^2}{2}, \quad (2)$$

где m_s – масса сателлита.

С учетом того, что J_{p1} не зависит от обобщенной координаты и ее первой производной по времени, после преобразований, согласно уравнению Лагранжа 2-го рода, получим уравнение движения СРП в виде уравнения вращательного движения одной массы, приведенной к ведущему валу передачи.

Задача по определению динамических реакций опор для вращающегося цилиндра, наклоненного под углом к оси вращения, решена в [4]. Применительно к СРП при симметричном расположении опор относительно сателлита динамические реакции определяются по формуле

$$N_d = \frac{\omega_1^2 m_s}{h} \left(\frac{R_3^2}{4} - \frac{L_s^2}{3} \right) \sin(2\Theta). \quad (3)$$

где ω_1 – угловая скорость ведущего вала, с^{-1} ; h – половина расстояния между опорами ведущего вала (см. рис. 1, б).

Численные расчеты проводились для передачи с параметрами: $R_3 = 30$ мм, $\Theta = 5/30$ рад, $h = 20$ мм. Значение L_s определялось по формуле $L_s = d_s + \Delta_{rs}$, где d_s – диаметр сферического выступа ролика; Δ_{rs} – конструктивный размер, увеличивающий ширину сателлита ($\Delta_{rs} = 2 \dots 6$ мм). При $d_s = 10$ мм и $\Delta_{rs} = 4$ мм, $L_s = 14$ мм. Масса сателлита определялась как масса однородного стального цилиндра (плотность стали $\gamma_{cm} = 7,9 \cdot 10^3$ кг/м³). Она составила $m_s = 0,309$ кг.

При частоте вращения ведущего вала $n_1 = 1000$ мин⁻¹ динамические реакции составили 8,84 Н. Это свидетельствует об отсутствии необходимости их учета при проектном расчете СРП, т. к. нормальные реакции в зацеплении, действующие на тела качения и беговые дорожки, для передачи с аналогичными параметрами при действующих моментах $T_2 = 30 \dots 150$ Н·м на несколько порядков превышают рассчитанные значения N_d .

Список литературы:

1. Лустенков М. Е., Лустенкова Е.С. Оценка кинематических возможностей и КПД сферической и роликовой передач // Вестник машиностроения. – 2019. – № 3. – С. 25–28.
2. Лустенков, М. Е., Лустенкова Е.С. Сферическая роликовая передача с двухрядным сателлитом: силовые расчеты и определение КПД // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2019. – № 5. – С. 32–43.
3. Efremkov, E. A., Bonnard E. Power Parameters Automated Calculation for Transmission with Intermediate Rolling Bodies and Free Cage // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, 2020. – vol. 795. – 6 p.
4. Бать М. И., Джанелидзе Г.Ю., Кельзон А.С. Теоретическая механика в примерах и задачах. – Т. 2 : Динамика. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1991. – 640 с.

**РАСЧЕТ НАГРУЗОК НА ЭЛЕМЕНТЫ ТРОСОВОЙ СИСТЕМЫ
РОБОТИЗИРОВАННОГО КОМПЛЕКСА, ИСПОЛЬЗУЕМОГО В СТРОИТЕЛЬСТВЕ
МЕТОДОМ 3-D ПЕЧАТИ**

*Е.А. Марчук,
А.М. Идрисов,
А.В. Малолетов*

*Центр технологий компонентов робототехники и мехатроники,
Университет Иннополис, 420500, г.Иннополис, ул.Университетская,1,
тел.(843)-203-92-53
E-mail: marocci@bk.ru*

В настоящее время сотрудниками Центра технологий компонентов робототехники и мехатроники Университета Иннополис осуществляется разработка тросовой роботизированной системы для возведения зданий методом 3D-печати. Обозначенная система представляет собой параллельный тросовый робот, состоящий из несущей конструкции (опорных башен), устройств подачи и намотки тросов (лебедок), тросовой подсистемы (включая тросы и направляющие ролики), рабочего органа (экструдера) и подсистемы управления, рис. 1.

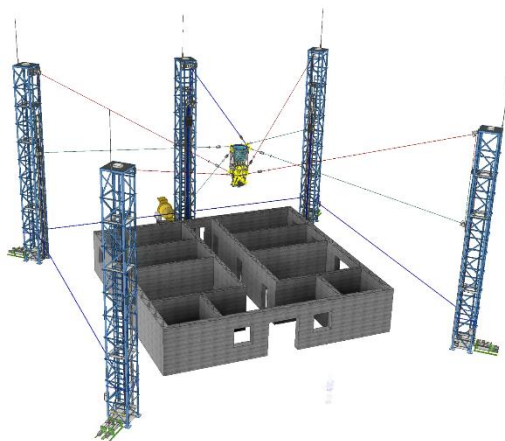


Рис. 1. Модель тросовой роботизированной системы для возведения зданий.

Численные значения, используемые в расчетах, соответствуют модели строительной роботизированной системы, разрабатываемой Центром технологий компонентов робототехники и мехатроники Университета Иннополис. Расчеты осуществляются с принятием массы рабочего органа робота $m=1200$ кг, размеров строительной площадки 20×20 м, высоты каждой опорной башни 15 м. Расчеты в статике показывают, что максимальное значение силы натяжения i -го троса соответствует положению рабочего органа робота в точке рабочего пространства, максимально приближенной к точке схода троса с направляющего ролика. Расчеты в динамике осуществлялись с использованием специализированного программного обеспечения, разработанного Центром технологий компонентов робототехники и мехатроники Университета Иннополис. Задача заключается в нахождении решений системы дифференциальных уравнений с использованием численного метода интегрирования с переменным шагом. В конкретном случае используется метод Рунге-Кутты-Мерсона [1]. Построенные на основании численного моделирования графики соответствия сил натяжения i -го троса моменту времени t , показывают, что наибольшие значения сил натяжения приходятся на момент возникновения ударных нагрузок в начале движения рабочего органа робота, рис. 2.

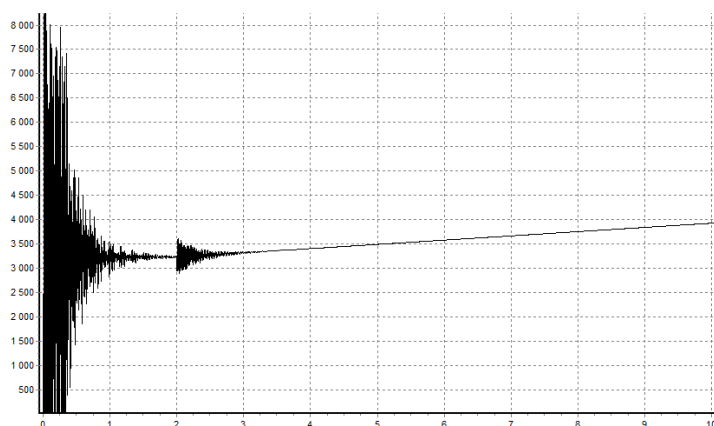


Рис. 2. Соответствие силы натяжения i -го троса T , Н моменту времени движения рабочего органа t , с.

Максимальное значение сил натяжения тросов в динамике, определенное в ходе численного моделирования, составляет $T_{\max} = 17500$ Н. При дальнейших расчетах роботизированного комплекса оценка максимальной нагрузки может быть скорректирована с учетом добавляющихся факторов воздействия. Моделирование распределения нагрузок в случае обрыва одного из тросов показало, что пиковые величины сил натяжения оставшихся тросов могут превышать приведенное выше максимальное значение нагрузок в штатном режиме в 6 – 7 раз. Значения максимальных нагрузок на тросы определяют выбор тросов с соответствующими характеристиками. Материал и характеристики выбранного типа стального троса в сравнении с ближайшими по свойствам аналогами приводятся в таблице 1.

Таблица 1. Сравнение свойств тросов.

| Маркировка троса | Материал | Диаметр, мм | Прочность на разрыв, ГПа | Модуль Юнга, ГПа | Устойчивость к различным факторам | | | | Цена, руб/м |
|------------------|-------------|-------------|--------------------------|------------------|-----------------------------------|-----------|------------------|-------------------|-------------|
| | | | | | УФ-излучение | Истирание | Темп. окр. среды | Влагоустойчивость | |
| 12X18H10T | нерж. сталь | 14 | 500 | 200 | + | + | + | + | 200 |
| Dayneema | полимер | 12 | 345 | 100 | + | + | + | + | 650 |
| Zylon | полимер | 12 | 580 | 270 | - | + | + | + | 1200 |

С учетом материала троса определяются способы заделки концов троса, существенно влияющие на способность троса выдерживать нагрузки [2].

В реальном изделии нагрузки на тросы и на элементы конструкции будут значительно снижены за счет упреждения ударных нагрузок посредством системы автоматического управления контролем натяжения тросов (Shock-Load Prevention) [3].

Список литературы:

1. Мудров А.Е., Численные методы для ПЭВМ. – Томск: МП Раско, 1991. – 272 с.
2. Verreet R. Wire Rope End Connections. — Germany, Aachen: Technology Aachen, 2018. — 78 p.
3. Industrial crane modernization: The smart way to extend overhead crane service life. – Conecranes USA, 2015

АНАЛИЗ ПЕРЕДАЧ В СОВРЕМЕННЫХ ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫХ МЕХАНИЗМАХ

К.С. Нелюбин, студент гр. 4А7А,

Е.А. Ефременков, к.т.н., доц.

Томский политехнический университет, 634050, г.Томск, пр.Ленина,30,

тел.(3822)-606-392

E-mail: egorefr@tpu.ru

Подъемно-транспортные механизмы широко используются в различных областях современного производства. Такие механизмы должны обеспечивать плавность хода, высокую нагрузочную способность, надежность, быть компактными и энергоэффективными. Необходимые подъемно-транспортным механизмам характеристики обеспечивают механические передачи, используемые в их конструкции. Выполним анализ механических передач, используемых в современных подъемно-транспортных механизмах для определения эффективности передач в достижении необходимых характеристик подъемных механизмов.

НПО КАЗГЕОМАШ [1] изготавливает лебедки на базе цилиндрических зубчатых передач (рис.1). Такие механизмы имеют достаточно большое тяговое усилие, но очень большие габаритные размеры.



Рис. 1. Лебедка электрическая ТЭЛ-2.

Из рисунка можно заметить, то данная лебедка имеет тяжелую раму и предназначена для стационарной установки на фундамент, при этом занимает большую площадь, а масса ее составляет более 650 кг. Так отношение тягового усилия к массе составляет 2,97.

Чешское предприятие Zitrek выпускает электрические тали грузоподъемностью до 3 тонн [2]. При этом отношение тягового усилия к массе до 8,04. В таких механизмах используются планетарные передачи (рис. 2) на базе эвольвентного зацепления.



Рис. 2. Таль электрическая передвижная ZITREK CD-300

Лебедки электрические TOR KDJ (рис. 3) также используют планетарные эвольвентные передачи [3]. В таких лебедках отношение грузоподъемности к массе составляет до 7,07.



Рис. 3. Лебедка электрическая TOR KDJ 2.0

Лебедка, представленная на рисунке 3 в длину достигает около 1 метра и так же занимает достаточно большое пространство.

Российская компания Simaco выпускает лебедки на базе планетарных передач с циклоидальным зацеплением (рис. 4).

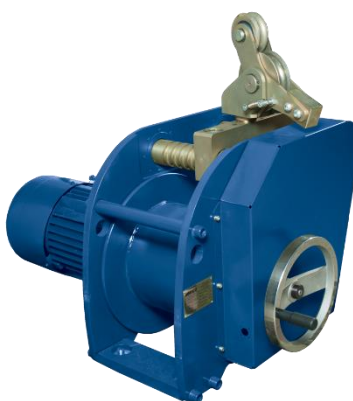


Рис. 4. Лебедка электромеханическая ЛЭМ-3-7,5

Такие лебедки наиболее компактны, например, лебедка ЛЭМ-2,3-1,1 с грузоподъемностью до 2,3 тонн в длину занимает всего около 550 мм. А соотношение грузоподъемности к массе составляет до 54,76, это лучший показатель среди рассмотренных грузоподъемных механизмов.

Таким образом, в современных подъемно-транспортных механизмах чаще всего применяются планетарные передачи, а лучшие характеристики показывают передачи циклоидальным зацеплением. Такие передачи позволяют обеспечить высокую нагрузочную способность и грузоподъемность механизма, а также механизмы с этими передачами компактны и энергоэффективны.

Список литературы:

1. http://kazgeomash.ru/store/katalog-ru/lebedki?page=2&utm_campaign=Ru_kazgeomash_Search&utm_content=ad2&utm_medium=cp&utm_source=yandex&utm_term=лебедка+тэл&yclid=6197047918127253520
2. <https://zitrek.ru/production/gruzopodyemnoe-oborudovanie/tali-elektricheskie/>
3. <https://rs-td.ru/lebedka-elektricheskaya-tor-kdj-20-t-100-m-380v/>
4. <http://simaco.tomsk.ru/production/item/24>

ЗАКЛЕПОЧНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ И НАГРУЗКИ В НИХ

А.В. Олейник, студент гр. 5А91

Томский политехнический университет, 634050, г.Томск, пр. Ленина 30

E-mail: avo31@tpu.ru

Для соединения двух или нескольких деталей используют различные виды крепежных систем. Чаще всего применение заклёпок можно встретить в таких отраслях, как: авиастроение, судостроение, машиностроение, строительство, швейная индустрия, бытовая и цифровая техника. Скрепление деталей на заклёпки чаще всего применяется, если используемые материалы и детали не переносят температуру сварки, или же когда нужно обеспечить стойкость шва к ударам и вибрации.

Причинами разрушения такого способа крепежа могут служить срез заклёпок в плоскости соединения деталей (рис. 1, б); смятие заклёпок и листов (рис. 1, в); разрыв листов в сечении, ослабленном отверстиями (рис. 1, г); срез кромки листа у отверстия (рис. 1, д) [1].

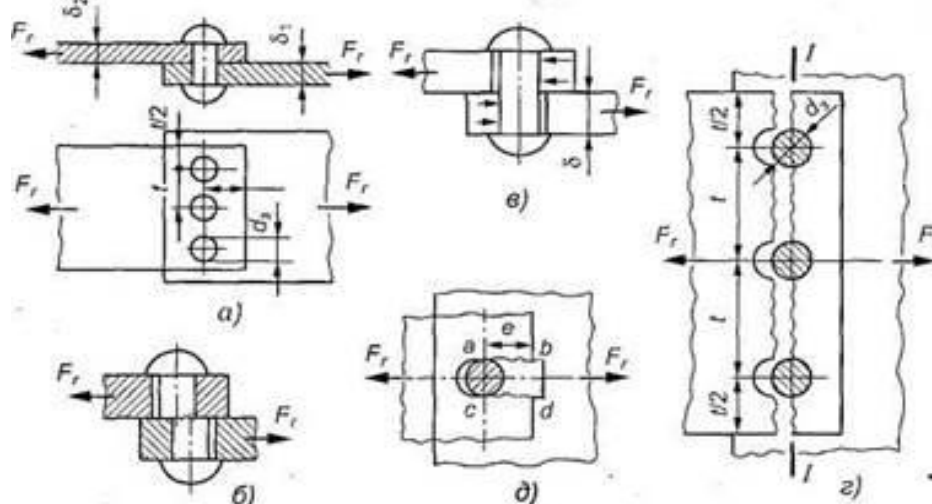


Рис.1. Однорядный шов внахлестку, нагруженный поперечной силой F

Допускаемые напряжения заклёпочного шва зависят от прочности материала заклёпок и склепываемого металла, от чистоты и точности обработки отверстий под клёпку, от характера рабочей нагрузки, а также от внешних условий, в которых должно работать соединение. [4]

В нахлесточных и стыковых соединениях с одной накладкой заклёпки работают на срез, на смятие и на изгиб. Уравновешивающие силы неравномерно распределяются по высоте заклёпки(рис.2.) [2].

Расчет заклёпок в соединении, находящемся под действием продольной нагрузки, сводится по форме к расчету на срез и смятие. При этом предполагается равномерное распределение нагрузок по заклёпкам, а трением в стыках пренебрегают и учитывают выбором дополнительного напряжения.

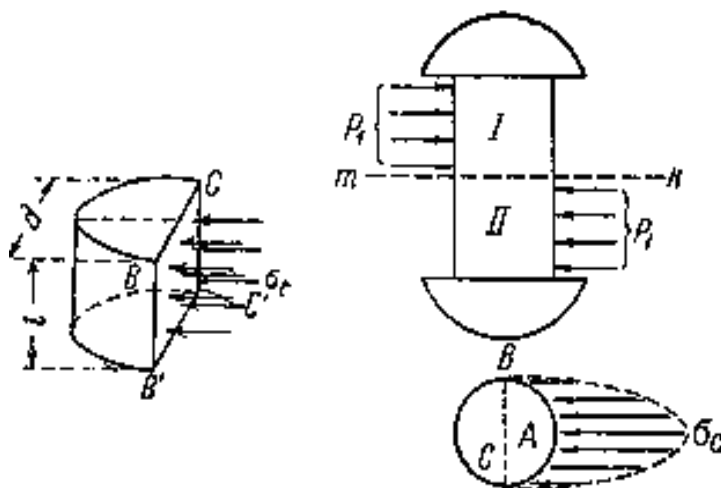


Рис.2. Примерная схема передачи давлений на стержень заклепки.

Использование заклепочного крепежа имеет свои достоинства, такие как:

- высокая надежность соединения;
- простой контроль качества клепки;
- повышенная сопротивляемость ударным и вибрационным нагрузкам;
- возможность соединения деталей из трудносвариваемых металлов;
- неизменность физико-химических свойств материалов при клёпке;
- отсутствие температурных деформаций;
- отсутствие разрушения детали при разборке.

Однако, такой способ имеет и множество недостатков, что приводит к сокращению использования заклёпок в производстве [5]:

- высокая стоимость
- повышенный расход материала для этого соединения
- детали ослаблены отверстиями;
- высокий шум и ударные нагрузки при изготовлении;
- нарушение плотности швов при эксплуатации;
- невозможность соединения деталей сложной конфигурации.
- увеличение массы конструкций.
- однородность материалов крепления и самих деталей.

Несмотря на большой ряд недостатков, заклепки имеют широкое применение.

Список литературы:

1. А.Н. Пахоменко; Л.Р. Хамидуллова. Заклепочные соединения — “Детали машин” — 14 с.
2. Шапин В.И. Лекция №24. Расчет заклепок на смятие и листов на разрыв.— “Сопротивление материалов” — 78с.
3. Каримов И. Неразъемные соединения. — “Соединения деталей машин” — 40 с.
4. Пашков Е.Н. MATERIALS AND ENGINEERING SCIENCE (УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ) /Пашков Е.Н., Мартюшев Н.В.// Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. - 2013. - № 2. - С. 126-127.
5. Моисеенко, Константин Александрович. Реконструкция подстанции "Стародубская" [Электронный ресурс] / К. А. Моисеенко, М. С. Черемискина // Наука. Технологии. Инновации сборник научных трудов, Новосибирск, 3-7 декабря 2018 г.: в 9 ч.: / Новосибирский государственный технический университет (НГТУ) . — 2018 . — Ч. 4 : Энергетика . — [С. 62-66]

ГРЕЙФЕРНЫЙ МЕХАНИЗМ

Е.И. Панькова, студентка гр. 5А97

Томский политехнический университет, 634050, г.Томск, пр.Ленина,30,

E-mail: eip4@tpu.ru.

Грейфер — это грузозахватное навесное устройство, предназначенное для выполнения ряда манипуляций по автоматизированному подъему, погрузке-разгрузке материалов и для земляных работ [1].

Суть грейферного механизма заключается в особой разъемной структуре, а именно наличии так называемых челюстей – тяжеловесных половинок, которые плотно прилегают друг к другу во время смыкания и расходятся во время размыкания в разные стороны. На одном краю каждой челюсти есть специальные зубья, упрощающие забор материала или копку земли.

Цикл работы грейфера состоит из следующих этапов, продемонстрированных на рис.1:

- 1) опускание с раскрытыми челюстями на груз (возможно бросание для более глубокого внедрения в материал)
- 2) захват груза (с помощью лебёдки челюсти закрываются)
- 3) подъем (так же с помощью лебёдки грейферный ковш отрывается от земли и поднимается на определенную высоту)
- 4) выгрузка (перемещённый ковш распаивается, происходит высыпание груза)

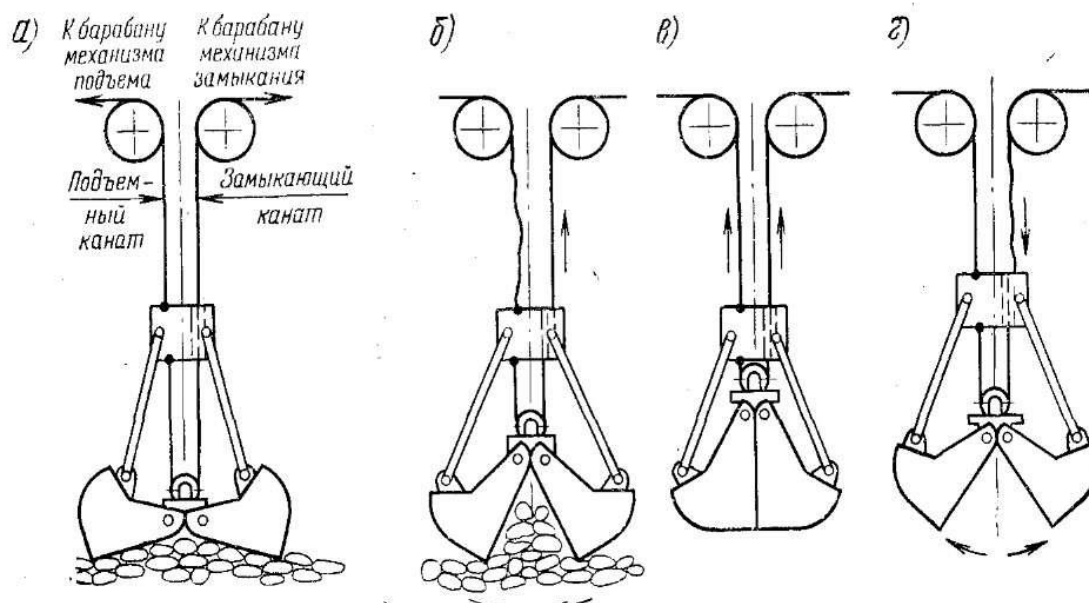


Рис 1. Цикл работы грейфера: а – опускание, б – захват, в – подъём, г – выгрузка.

Область применения грейфера определяется формой челюстей. Ковшеобразные предназначены для черпания и заглублиения, клещеобразные – для операций с трубами и лесом, вилчатые – для волокнистого материала россыпью или рулонами, лапчатые – для металлообработки [2].

Грейфер подразделяется на два типа в зависимости от назначения: для погрузочно-разгрузочных манипуляций и для земляных работ. Также грейферные механизмы можно разделить на канатные (в зависимости от числа рабочих канатов) и приводные, в котором за работу челюстей отвечает отдельный механизм, закрепленный на крюковой обойме с лебёдкой.

Одноканатный грейфер (рис. 2) содержит корпус 5, челюсти 7, закрепленные на оси 8, неподвижную стойку 3, подвижную траверсу 1, канат 10, проушину 4, направляющие ролики 9, цепь 2, соединяющую крюк с подвижной траверсой 1 и закрепленную на последней посредством оси, грейферный механизм 6, балласты, один из которых установлен на оси крепления челюстей 7, а два вторых закреплены на крюке.

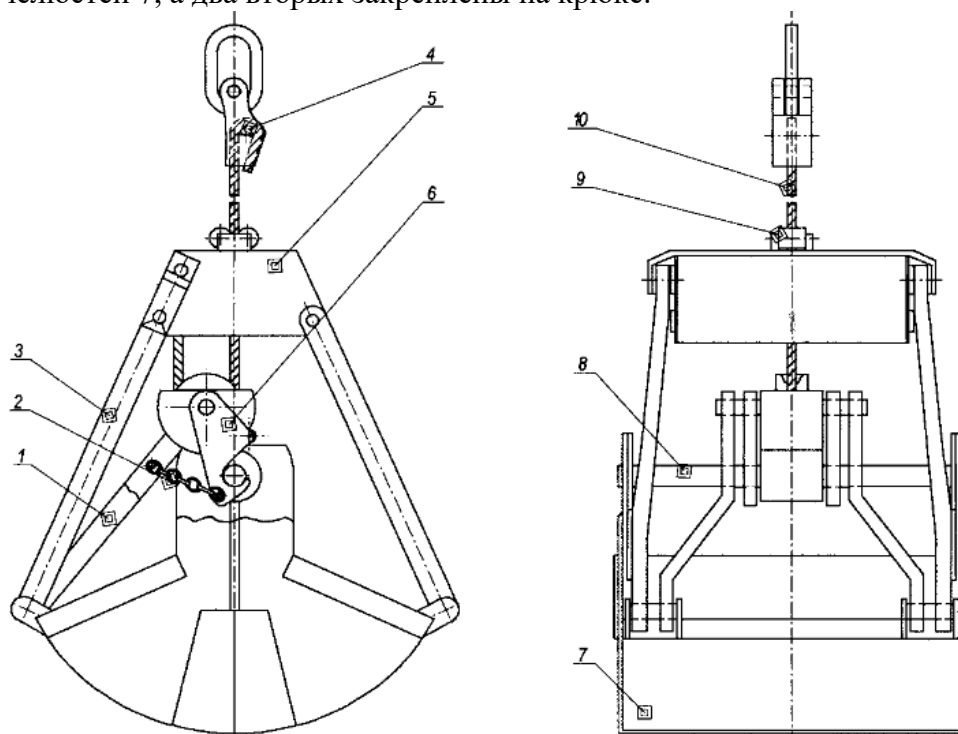


Рис. 2. Одноканатный грейфер:

- 1 - подвижная траверса; 2 - цепь; 3 - неподвижная стойка;
4 - проушина; 5 - корпус; 6 - грейферный механизм;
7 - челюсть; 8 - ось; 9 - направляющие ролики; 10 - канат [3].

Данную конструкцию одноканатного грейфера можно использовать в качестве сменного оборудования к кранам. Быстрая навеска грейферного ковша расширяет технологические возможности, кроме того конструкция проста в управлении и надежна в работе.

Список литературы:

1. Горкин А.П. Энциклопедия «Техника» [Электронный ресурс]. – Электронные данные - Москва: Росмэн, 2006. – Режим доступа: <http://pdf.knigi-x.ru/21raznoe/3362-1-aleksandr-pavlovich-gorkin-enciklopediya-tehnika-s-illyustraciyami-seriya-sovremennaya-illyustrirovannaya-enciklopediya-t.php>
2. Зайцев Л.В., Полосин М.Д. Автомобильные краны [Электронный ресурс]: М.: Высшая школа, 1987. – 208 с. – Режим доступа: https://www.studmed.ru/view/zaycev-lv-polosin-md-avtomobilnye-kranu_7d4559862f4.html
3. Малов А.Н. Справочник технолога машиностроителя [Электронный ресурс]: М.: Машиностроение, 1973. – Режим доступа: <https://lib-bkm.ru/load/11-1-0-3068>
4. Пашков Е.Н. MATERIALS AND ENGINEERING SCIENCE (УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ) /Пашков Е.Н., Мартюшев Н.В.// Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. - 2013. - № 2. - С. 126-127.
5. Cheremiskina, Maria Sergeevna. Load-bearing of axle-box assemblies / M. S. Cheremiskina, E. N. Pashkov // Journal of Economics and Social Sciences electronic scientific journal: . — 2020 . — № 16 . — [4 p.]

СОЗДАНИЕ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ТРЕНИЯ

А.Ю.Родичев, к.т.н.,

А.Н. Новиков, д-р техн. наук, профессор,

А.В. Горин, к.т.н., М.А. Токмакова, аспирант

ОГУ имени И.С. Тургенева, 302026, Орловская область, г. Орел, ул. Комсомольская д. 95.

E-mail: rodfox@yandex.ru

Последнее время в узлах и механизмах часто используются модифицированные поверхности трения, которые представляют собой детали с различными видами покрытий. Такие поверхности повышают надежность и увеличивают срок службы деталей и механизмов [1]. При этом такие детали очень часто представляют собой многослойные изделия, состоящие из стального основания с последующим нанесением на него покрытия, свойства которого зависит от материала и способа его нанесения. Необходимо учесть, что свойство покрытия должно полностью соответствовать условиям эксплуатации данной детали [2]. Применяемые при техническом обслуживании и ремонте машин покрытия, по своему назначению, принято подразделять на следующие основные группы: износостойкие, лакокрасочные, антифрикционные, коррозионно-стойкие, жаростойкие. Часто при нанесении покрытий происходит изменение габаритных и присоединительных размеров, при этом размеры деталей увеличиваются на толщину наносимого слоя покрытия. Во многих случаях, это недопустимо, так как приводит к изменению технических параметров узлов и деталей [3]. Однако применение новых материалов, в частности пленочных покрытий (толщина пленочного слоя составляет от 5 мкм до 30 мкм) и технологических процессов их нанесения, позволяет значительно повысить работоспособность деталей машин (рис. 1).

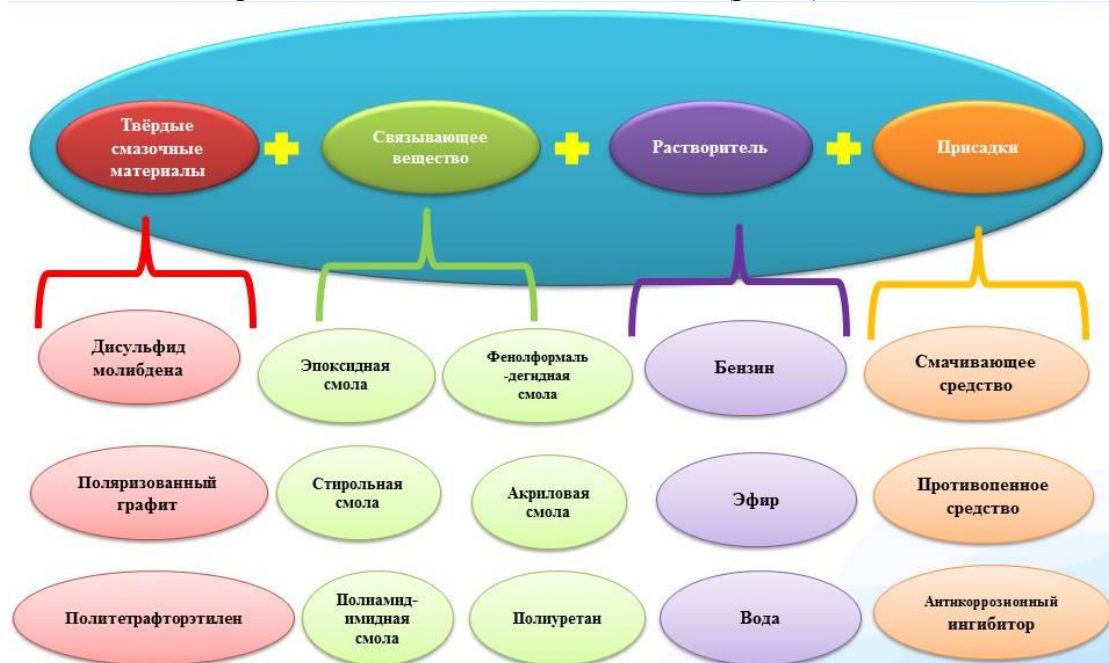


Рис. 1. Состав пленочного антифрикционного покрытия.

Сегодня по всему миру продают огромное количество различных пленочных покрытий, разных по составу и своим свойствам. Они отличаются упаковкой, способом нанесения, и своим назначением. Немало важным фактором является и ценовая политика на покрытия такого типа. Зачастую потребитель оказывается в сложной ситуации при выборе того что ему необходимо. Основная проблема заключается в том что, необходимо выбрать покрытие, которое будет выполнять свои функции, легко наноситься на поверхность изделия, не требуя сложных приспособлений и оборудования и при этом иметь высокую адгезионную прочность сцепления с основным металлом [4]. Во многих случаях производитель не указывает один из

основных и важных параметров, таким является прочность сцепления. Этот параметр является основополагающим при дальнейшей эксплуатации изделия. От него во многом зависят трибологические свойства сформированного пленочного покрытий [5].

Проведенные экспериментальные исследования позволили произвести подбор оборудования и режимов для нанесения антифрикционных пленочных покрытий на стальное основание (рис. 2).

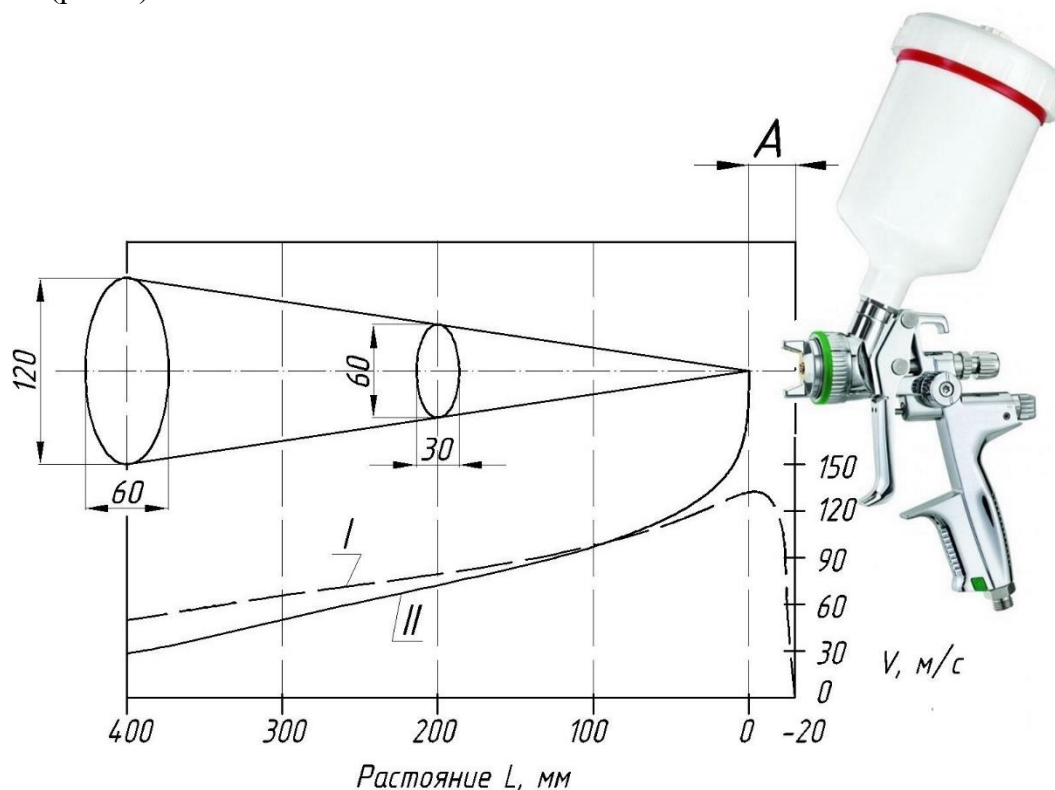


Рис. 2. Функциональная схема нанесения антифрикционного пленочного покрытия.

I – скорость воздуха; II – скорость частиц антифрикционного покрытия; А – зона формирования «факела» и достижения максимальной скорости распыляемого покрытия.

Список литературы:

1. Карп И.Н. Износостойкость и защитные покрытия (Обзор)/ И.Н. Карп, В.Г. Назаренко и др.// Экотехнологии и ресурсосбережения. – 2007. - №6. – С.24-39.
2. Соловьев С.Н. Триботехнология: словарь-справочник / С.Н.Соловьев, Л.П.Клименко, С.Ж.Буду, Е.В.Трофимова; под общ.ред. С.Н.Соловьева. – Николаев: НГГУ им. П.Могила, 2003 – 384 с.
3. Замятин В.Ю. Классификация защитных неорганических покрытий и способов их формирования на металлических деталях трения/ В.Ю. Замятин// Упрочняющие технологии и покрытия. – 2005. -№1. – С.39-44.
4. Чернец М.В., Клименко Л.П., Пашечко М.И., Невчас А. Трибомеханика, триботехника, триботехнологии: В 3 т./ Под общ. ред. М.В.Чернеца, Л.П.Клименко. – Т.1. Механика трибоконтактного взаимодействия при скольжении. – Николаев: Изд-во НГТУ им. Петра Могила, 2006. – 476 с.
5. Кутьков А.А. Износостойкие и антифрикционные покрытия. М.: Машиностроение, 1976. – 152 с.

МЕХАНИЗМЫ С ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ КИНЕМАТИКОЙ С РАЗНЫМ ЧИСЛОМ СТЕПЕНЕЙ ПОДВИЖНОСТИ

М.Р. Хайдарова, студент гр. 4НМ91

П.Я. Крауиньш, д.т.н., профессор.,

Томский политехнический университет, 634050, г.Томск, пр.Ленина,30,

E-mail: mrh4@tpu.ru

Механизмы с параллельной кинематикой в настоящее время получил достаточно большое внимание в области машиностроения. Машины с параллельной кинематикой привлекли к себе большое внимание и широко используются в некоторых специальных областях. Однако, высокая точность по - прежнему одна из проблем, когда они используются для продвинутых машин инструментов. Одна из основных причин заключается в том, что кинематические цепи параллельных кинематических машин состоят из удлиненных звеньев, которые могут легко деформироваться, особенно на высоких скоростях и при больших нагрузках. Результаты показывают, что внешние нагрузки значительно ухудшат точность станка, если их направление совпадает с направлением наихудшей жесткости станка. Предлагаемый метод обеспечивает решение для прогнозирования точности работы параллельных кинематических машин, а также может быть использован при оптимизации их конструкции, а также при выборе подходящих рабочих параметров. Одним из успешных применений параллельных механизмов в области станков, которые также называют станками с параллельной кинематикой, стала новая тенденция в передовых станках. Параллельные кинематические механизмы (ПКМ) привлекли особое внимание из-за их более высокой жесткости, увеличенной грузоподъемности и маневренности по сравнению с их серийными аналогами. Однако, несмотря на эти значительные преимущества, большинство конструкций РКМ, как правило, имеют ограниченное рабочее пространство, проблемные особенности и жесткость, зависящую от конфигурации. В ответ, избыточность механизма стала эффективным инструментом для решения этих и других проблем. Развитие машиностроительной в настоящее время очень актуально для всему миру. Как аналог традиционных последовательных механизмов, параллельные кинематические механизмы (ПКМ) имеют компактную конструкцию за счет многоконтурная архитектура [1–4]. По этой причине ПКМ обладают хорошим потенциалом в обеспечении высокой жесткости и быстрой динамической нагрузки. Параллельная кинематика - тип, кинематика и оптимальная конструкция представляет результаты 15-летнего исследования параллельных механизмов и машин с параллельной кинематикой. Объектом исследования данной статью является механизмы с параллельной кинематикой с разным числом степеней подвижности. Параллельно-кинематические механизмы (ПКМ) имеют фиксированное основание и подвижный концевой эффектор, соединенные несколькими (как минимум двумя) независимыми кинематическими цепями по параллельной схеме. Количество независимых кинематических цепей равно количеству степеней свободы концевой эффектора. Машиностроение сочетает в себе творческий подход, знания и аналитические инструменты для выполнения сложной задачи воплощения идеи в реальность [1].

В данной работе рассматривается механизм с параллельной кинематикой, при наличии дополнительных связей. Вводя такие дополнительные связи, можно обеспечить требуемый рабочий объем не путем ограничения функциональной связи между управляемыми координатами приводов механизма, а осуществить это ограничение рабочего пространства наличием таких дополнительных связей [2].

Механизм с параллельной кинематикой, в работе представлена рис.1. Особенность этого механизма заключается в том, что управляемые движения ориентированы по оси Z , а толкатели расположены на неподвижной платформе, на некоторой окружности определенного радиуса R_n . Угловое положение толкателей ψ_{ni} всех шести приводов определяется относительно оси X (неподвижной) системы координат, расположенной на неподвижной платформе. Координаты X_{ni}, Y_{ni} однозначно определяются радиусом R_n и

углами ψ_{ni} . Управляемая координата привода p_i для удобства имитационного исследования в среде SolidWorks включает постоянную составляющую Z_{n0} . На концах толкателей установлены шаровые опоры, соединяющие толкатели с шатунами. На другом конце шатуна также имеется шаровая опора, соединяющая шатуны с подвижной платформой [4]. В начальном положении механизма система координат подвижной платформы по координатам X_{p0}, Y_{p0} совпадает с координатам неподвижной системы координат X_{n0}, Y_{n0} . Для ограничения движения верхней подвижной платформы в рабочей зоне введен дополнительный шатун длиной L_0 , установленный на шаровых опорах. Сами шаровые опоры установлены в начале координат неподвижной и подвижной систем координат. Верхние шаровые опоры рабочих шатунов так же, как на неподвижной платформе, расположены на постоянном радиусе R_p , а их угловое положение определяется углами ψ_{pi} от оси X подвижной системы координат. Исходя из необходимых размеров ограниченной рабочей зоны для верхней платформы устанавливаем длину рабочих шатунов S .

Исследование кинематики, описанного механизма с параллельной кинематикой и дополнительной связью сводится к тому, что необходимо определить координаты начала подвижной системы координат $(X_{p0}, Y_{p0}, Z_{p0}, A_{p0}, B_{p0}, C_{p0})$ с координатами p_i [5].

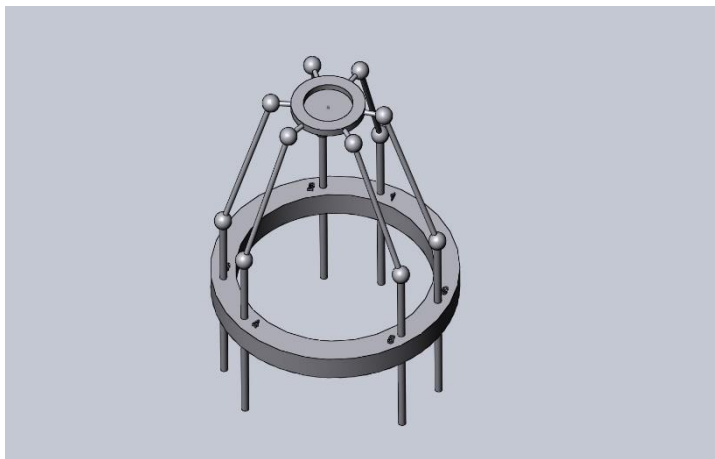


Рис. 1. Принципиальная схема устройства.

Список литературы:

1. Обработка нового поколения. Концепция проектирования / В.Л. Афонин, А.Ф. Крайнев, В.Е. Ковалев и др.; под ред. В.Л. Афонина. - М.: Машиностроение, 2001.-256 с.
2. Манипуляционные системы роботов / А.И. Корендясев, Б.Л. Саламандра, Л.И. Тывес и др.; под общ. ред. А.И. Корендясева. -М.: Машиностроение, 1989. - 472 с.
3. Смирнов, В.А. Алгоритм управления механизмом с параллельной кинематической структурой /В.А. Смирнов, В.Б. Федоров//Вестник ЮУрГУ. Серия «Машиностроение». -2005. - Вып. 7. -№ 14 (54). - С. 23-27.
4. Бухгольц, Н.Н. Основы теоретической механики (часть вторая) // Н.Н. Бухгольц. -М.: Наука, 1972.-332 с.
5. Коловский, М.З. Динамика машин / М.З. Коловский. - Л.: Машиностроение. Ленингр. отделение, 1989. - 263 с.

РОЛИКОВАЯ ПАРА ВИНТ-ГАЙКА

Халтурин.Н.С, студент гр. 5А98

Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр.Ленина,30,

E-mail: halturinnikita442@gmail.com

Роликовинтовая передача — это новая эра для развития современной приводной техники. Являясь одним из самых грузоподъемных и достаточно мощным среди линейных механических приводов, Роликовинтовая передача задает тон для механизмов следующего поколения. Передача винт гайка предназначена для преобразования вращательного движения в поступательное. При это вращение закрепленной от осевых перемещений гайки вызывает поступательное перемещение винта, или вращение закрепленного от осевых перемещений винта приводит к поступательному перемещению гайки.

Конструктивно роликовинтовая пара состоит из непосредственно винта и гайки. Внутри гайки по окружности расположены параллельные винту ролики. Особенность данного механизма необычайно оригинальна – нагрузка передается от гайки к винту одновременно через все ролики. Стоит отметить, что большая площадь контакта резьбы винта, внутренней поверхности гайки и роликов способствует значительному увеличению грузоподъемности и долговечности всей системы. В данной паре подшипниковая сталь обычно подвергается термической обработке, которая вкупе с механической обработкой обеспечивает оптимальную геометрию (что очень важно для данной передачи), а также высокое качество и надежность. [1]

Существует 2 основных типа роликовинтовых передач:

- Планетарные: резьбовые ролики-сателлиты движутся без непосредственной рециркуляции, этим самым обеспечивая высочайшую прочность, скорость, надежность.

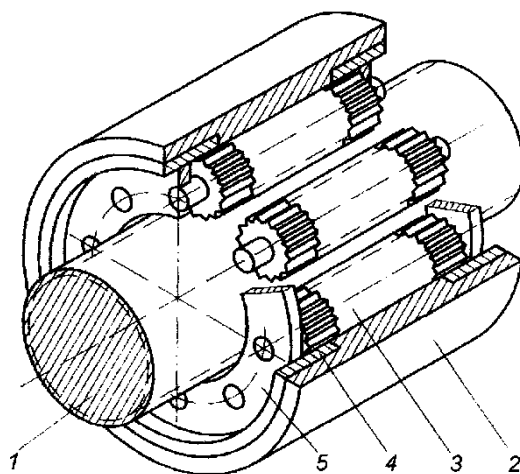


Рис. 1. Модель планетарной роликовинтовой передачи
1-винт; 2-гайка; 3-резьбовые ролики;4-втулка уплотнителя 5- сепаратор.

Работает ПРВП следующим образом. При вращении винта 1 ролики 3 обкатываются по резьбовой поверхности гайки 2 и при определенном подборе углов подъема резьбы роликов, винта и гайки, последняя перемещаться в осевом направлении.

- Рециркуляционные: нерезьбовые ролики с кольцевыми канавками обеспечивают идеальное сочетание грузоподъемности, осевой жесткости и минимально возможного шага резьбы для позиционирования с высочайшей точностью.



Рис. 2. Модель рециркуляционной роликовинтовой передачи

Роликовинтовые передачи с рециркуляцией роликов обладают всеми преимуществами планетарных РВП, такими как прочность и надежность. Но в отличие от них имеют необычайно высокую точность позиционирования и невероятно малое разрешение перемещения. Эти качества обеспечиваются благодаря крайне малому шагу резьбы (мин. 0,6 мм).

С помощью рециркуляционных роликовинтовых передач можно упростить конструкцию механического привода и увеличить его жесткость. Они часто используются в современном высокотехнологичном оборудовании, где необходимы стабильные высокие характеристики. Рециркуляционные РВП доступны с различным диаметром и шагом резьбы. Их высокое передаточное отношение позволяет минимизировать требуемый крутящий момент, что увеличивает точность и эффективность.

Материалы деталей: винты выполняют из конструкционных сталей таких как: сталь 45, 40Х, 50 и др. Гайки обычно делают из оловянистых или безоловянистых бронз, латуней, а также антифрикционных чугунов. [2]

Основными областями применения роликовинтовых передач являются машиностроение и разные другие виды промышленности, такие как металлообработка, литье пластика под давлением, сборочные линии, а также в медицинском и лабораторном оборудовании.

Данные приводы необычайно хороши. Они подходят как для больших нагрузок, быстрого вращения так и для работы в достаточно агрессивных средах, при этом, сочетая в себе высочайшую точность и жесткость. К критическим преимуществам данной передачи можно отнести их устойчивость к ударным нагрузкам. Но и сохранение работоспособности в отсутствии смазки стоит упоминания.

Обеспечение максимального уровня качества и характеристик роликовинтовых передач, гарантированно высокой степенью внутренней интеграцией производственных процессов, от механической обработки и закалки, до шлифовки и сборки. [3]

Список литературы:

1. Молодова.Ю.И., Жавнер.М.В, Методические указания для студентов всех специальностей всех форм обучения. СПбГУНиПТ, 2006.- 42с
2. В.О.Варганов, М.В. Аввакумов, М. В. Колычев, В.М. Гребенникова, В. А. Романов, ПЕРЕДАЧА ВИНТ – ГАЙКА: учебное пособие СПбГТУРП. – СПб., 2015. – 57 с.
3. Ануриев, В. Н. Справочник конструктора-машиностроителя : в 3 т. / В. Н. Ануриев. – 5-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1980.

СПОСОБ УДАРНОГО БУРЕНИЯ СКВАЖИН В ПОРОДАХ СРЕДНЕЙ И ВЫСОКОЙ КРЕПОСТИ²

Черниенков Е.М. аспирант, м.н.с.

*Институт горного дела им. Н.А. Чинакала СО РАН, 630091, г. Новосибирск, Красный
проспект, 54, тел. (383)-205-30-30*

E-mail: e.chernienkov@misd.ru

Неотъемлемой частью добычи полезных ископаемых является бурение. Поэтому развитие существующих и разработка новых технических средств и технологий бурения позволит сделать процесс добычи полезных ископаемых более технологичным, безопасным и эффективным [1]. Учитывая накладываемые ограничения, задача разработки технических средств и технологий бурения скважин с возможностью управления траекторией в породах средней и высокой крепости является актуальной и весьма сложной.

Для бурения скважин по управляемой траектории применяется технология горизонтально направленного бурения (ГНБ) [2]. Для этого установку ГНБ оснащают ударным узлом, а забойная часть оснащается специальным инструментом.

Также известен метод «карвинга», где установку ГНБ оснащают погружным пневмоударником и буровым долотом с несимметричной, «скошенной» забойной частью.

В нефтяной и газовой промышленности для проходки скважин по управляемой траектории наибольшее распространение получили роторные управляемые системы и винтовые забойные двигатели (ВЗД) с регуляторами угла. В роторных управляемых системах отклонение угла скважины достигается за счет трех способов: Push the bit - где осуществляется отталкивание от стенки скважины всей компоновки или большей её части [3]; Point the bit – отклонение оси скважины достигается позиционированием долота, которое реализуется смещением приводного вала относительно компоновки либо изменение его кривизны; Push + point гибридная система позволяющая совмещать два выше описанных способа [4, 5].

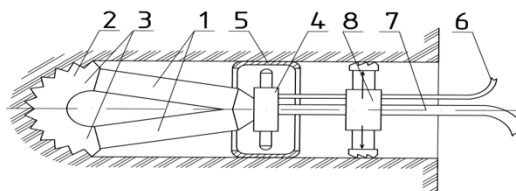
Образование скважин по управляемой траектории в грунтах осуществляют посредством управляемых пневмопробойников. При этом наибольшее распространение получил способ отклонения, при котором осуществляется изменение формы рабочего органа или изменением направления отклоняющего усилия. [6]

На основании анализа достоинств и недостатков известных технических средств и технологий бурения скважин предложен новый способ бурения скважин с возможностью управления траекторией [9]. Схема реализации предлагаемого способа представлена на рисунке 1. Основные элементы: специальный породоразрушающий инструмент, ударные устройства, устройство раскрепления в скважине и система управления включением и переключением ударных устройств.

Процесс бурения осуществляется следующим образом: ударные устройства 1 наносятся попеременно удары по одной из сторон породоразрушающего инструмента 2. В качестве ударных устройств могут быть использованы погружные пневмоударные машины [8, 9]. Породоразрушающий инструмент под действием ударов стремится повернуться в продольной плоскости, разрушая при этом забой скважины. По достижении поворота на определенный угол переключатель 4 включает противоположный работающему ударное устройство 1, которое наносит удары по другой стороне инструмента 2. Удерживание, фиксация и поджатие инструмента осуществляется за счет устройств 5, 8. Подача энергоносителя осуществляется через рукава 6, 7. За счет алгоритма работы ударных устройств реализуется изменение траектории проходки скважины.

² Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-35-90058

Инденторы при работе породоразрушающего инструмента наносят косо-направленные удары по породе. Это значительно снижает энергоемкость ее разрушения [10]. За счет изменения формы породоразрушающего инструмента можно получить в поперечном сечении скважины различные формы: круглую, квадратную, прямоугольную, вплоть до образования щелей.



1 – ударные устройства, 2 – породоразрушающий инструмент, 3 – боковые части инструмента, 4 – переключатель, 5 – салазки, 6 – кабель (рукав), 7 – рукав, 8 – распорное устройство
Рис. 1. Схема реализации ударного способа бурения скважин

Отсутствие вращения породоразрушающего инструмента вокруг оси скважины избавляет комплект оборудования от бурового става и крупногабаритного бурового станка, что значительно удешевляет стоимость оборудования.

Исследования процесса взаимодействия породоразрушающего инструмента и горной породы были проведены при помощи физического моделирования воздействия на горную породу породоразрушающего инструмента от совместного приложения статического и динамического воздействий на специально спроектированном стенде.

В лабораторных условиях доказана работоспособность нового способа проходки скважин в горных породах. Уточнены параметры силового и ударного воздействия, необходимые для реализации нового способа бурения.

Список литературы:

1. О проблемах повышения производительности буровых работ на отечественных рудниках Карпов В.Н., Тимонин В.В., Конури А.И., Черниенков Е.М. *Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук*. 2018. Т. 5. № 2. С. 46-56.
2. Прокладка подземных инженерных коммуникаций горизонтальным направленным бурением: учебное пособие / А.А. Серебренников. – Москва: КНОРУС, -2020. -162 с.
3. Push the bit - Weatherford [Электронный ресурс] / Технические характеристики оборудования. Режим доступа: <https://www.weatherford.com/> (дата обращения 20.06.2020)
4. Point the bit – Schlumberger [Электронный ресурс] / Технические характеристики оборудования. Режим доступа: <https://www.slb.ru/> (дата обращения 20.06.2020)
5. Point + point – Halliburton [Электронный ресурс] / Технические характеристики оборудования. Режим доступа: <https://www.halliburton.com/> (дата обращения 20.06.2020)
6. Данилов Б.Б., Смоляницкий Б.Н., Чещин Д.О. Определение конструктивных параметров механизма изменения траектории движения пневмопробойника в грунте // *Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук*. 2018. Т. 5. № 2. С. 238-244.
7. Пат. 2675614 Способ ударного бурения/ В.В. Тимонин, С.Е. Алексеев, Е.М. Черниенков // *Опубл. в БИ* – 2018 -№ 35
8. Исследование системы воздухораспределения погружного пневмоударника с парой "клапан - ударник" Тимонин В.В., Алексеев С.Е., Кокоулин Д.И., Кубанычбек Б., Черниенков Е.М. *Интерэкспо Гео-Сибирь*. 2018. Т. 6. С. 207-217.
9. Влияние на работу погружного пневмоударника зазоров в сопряжениях деталей воздухораспределительной системы Тимонин В.В., Алексеев С.Е., Кокоулин Д.И., Кубанычбек Б., Черниенков Е.М. *Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук*. 2018. Т. 5. № 2. С. 305-309.
10. Покровский Г.Н., Закаблуковский Н.Г. Исследование процесса разрушения горных пород косым ударом применительно к бурению // *Передача удара и машин ударного действия*. 1976. С. 51-65.

**ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ УЗЛОВ ДОБЫЧНЫХ И
ТРАНСПОРТИРУЮЩИХ МАШИН КАЛИЙНЫХ РУДНИКОВ НА ОСНОВЕ
АНАЛИЗА ВОЗБУЖДЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ**

Д.И. Шишлянников, к.т.н., доц.

В.Ю. Зверев, к.т.н., доц.

Н.Н. Софьина, с.н.с.

Пермский национальный исследовательский политехнический университет,

614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29,

тел.(342)2-198-062

E-mail: dish844@gmail.com

Для предприятий калийной отрасли России актуальными остаются задачи увеличения надежности добычных и транспортирующих машин, снижения затрат на их эксплуатацию, повышения эффективности сервисных работ. Решение данных задач возможно на основе разработки и широкого использования средств неразрушающего контроля [1]. Одним из перспективных способов диагностирования металлоконструкций горного оборудования является метод анализа возбужденных колебаний. Данный метод основан на анализе распространения возбужденных колебаний внутри конструкции и связан с внутренней структурой объекта. Импульсное возбуждение приводит к возникновению в исследуемом объекте колебаний, отличающихся гармоническим составом и затухающих во времени с разной скоростью [2]. В однородной среде, после импульсного воздействия, чаще всего преобладают моноколебания, затухающие в течение длительного периода времени. Наличие несплошностей, а также ослабление структуры объекта из-за старения материалов, увеличивает количество гармоник в спектре сигнала, сокращает время колебаний при поглощении энергии в зонах дефектов.

Для практической реализации метода возможно использовать многоканальный синхронный анализатор колебаний типа «Камертон» производства компании ООО «НПП «РОС». В состав анализирующего комплекса входят от 2 до 16 пьезоакселерометрических датчиков, предназначенных для измерения возбужденных колебаний, синхронный аналого-цифровой преобразователь для нормирования и преобразования сигналов, анализатор на базе персонального компьютера, возбудитель резонансных колебаний в виде молоточка с весом бойка не более 100 грамм или импульсного источника колебаний с заданным частотным диапазоном.

Способ диагностирования предусматривает установку необходимого количества датчиков непосредственно на элементах обследуемого объекта. Удаленность датчиков друг от друга может быть различной и зависит от размеров элемента и плотности материала, из которого изготовлена конструкция [1]. После установки датчиков на элементе производится возбуждение колебаний. Для повышения достоверности диагностирования и исключения случайных помех необходимо для каждого элемента производить не менее четырех–пяти аналогичных измерений подряд. Нормальные регистрации представляют собой плавно затухающие гармонические сигналы (рис. 1), в которых отсутствуют резкие локальные выбросы, изломы, «зашкаливания».

Обработка зарегистрированных прибором сигналов проводится в одной из экспертных диагностических систем типа «Камертон». При анализе состояния детали горной машины или элемента конструкции в каждом сигнале определяется скорость затухания колебаний, ударная (несущая) частота, наличие отклонений ударной частоты от нормального для данного материала диапазона значений, производится распознавание анализ образа спектральной картины сигнала отклика (рис. 2). Спектральный образ дефектов в отдельных элементах технических объектов одинаков, что позволяет применять данный метод для определения состояния различных по твердости и составу материалов.

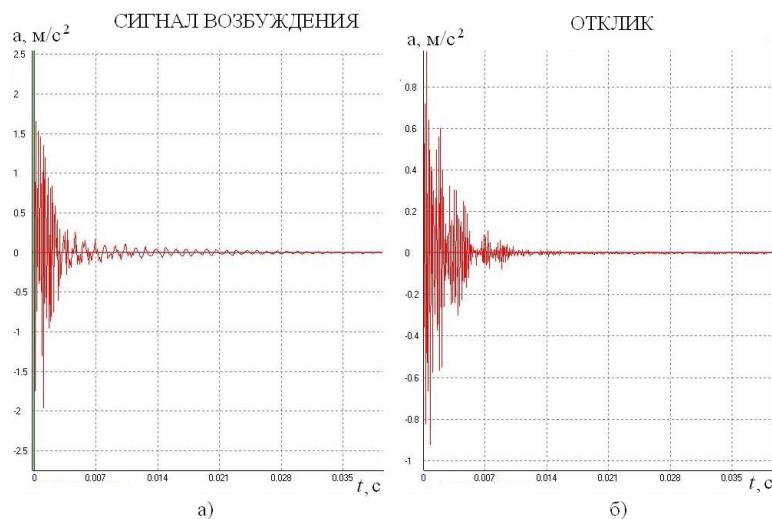


Рис. 1. Сигнал возбуждения (а), генерируемый импульсным источником колебаний, и отклик (б), регистрируемый датчиком пьезоакселерометром

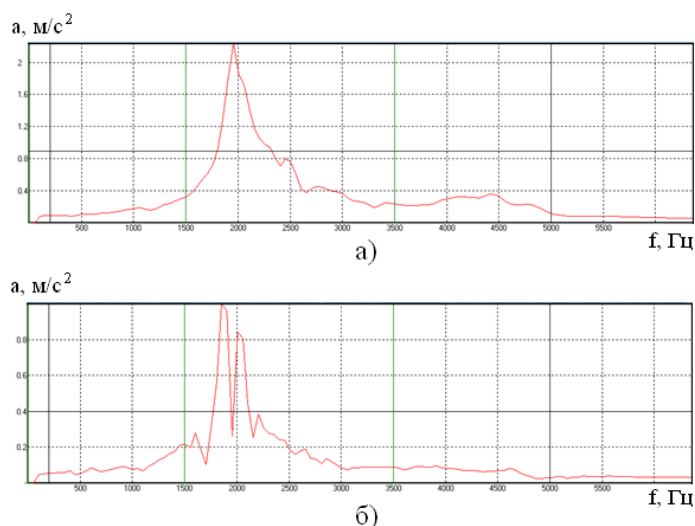


Рис. 2. Примеры спектров сигнала-отклика полученного при обследовании методом анализа возбужденных колебаний рамы бункера-перегрузателя БПС-25:
а – дефект отсутствует; б – наличие трещины в металле

Метод оценки технического состояния узлов добычных и транспортирующих машин посредством анализа возбужденных колебаний позволяет проводить оперативное диагностирование технических объектов без вывода их из эксплуатации. По эффективности и оперативности данный метод не имеет аналогов в сравнении с традиционными методами неразрушающего контроля горного оборудования. В ряде случаев, например, для конструкций из материалов неоднородной структуры, является единственно возможным методом диагностирования.

Список литературы:

1. Софьина, Н.Н. Оценка технического состояния узлов горного и нефтепромыслового оборудования методом возбуждения резонансных колебаний / Н.Н. Софьина, Д.И. Шишлянников, К.А. Корнилов // Горное оборудование и электромеханика. – 2016. – № 9 (127). – С. 26–31.
2. Паспорт «Многоканальный синхронный анализатор «Камертон». Пермь: НПП «РОС». – 2005. – 34 с.

СЕКЦИЯ 2

ЭЛЕКТРОМЕХАНИКА И МЕХАТРОНИКА

ОСОБЕННОСТИ ЗАЩИТ НА АВТОМОБИЛЬНОМ ПОДЪЕМНИКЕ

Р.К. Айтенов, студент гр. 5А7К

С.Н. Кладиев, к.т.н., доц.,

Томский политехнический университет, 634050, г.Томск, пр.Ленина,30,

E-mail: rka5@tpu.ru

Ввиду увеличения количества автомобилей, особенно в крупных городах, появляется проблема с их размещением, то есть парковкой. И здесь на помощь приходят те самые инновационные технологии, в частности, многоуровневые парковки и автоподъемники, позволяющие разместить большее количество автомобилей на тех же площадях. Однако некоторые автовладельцы побаиваются использовать автоподъемники, так как переживают за безопасность своих авто. Чтобы избавиться от переживаний, лучше всего разобраться в системе работы автомобильных подъемников.

В настоящее время наиболее распространенными являются электромеханические и электрогидравлические автоподъемники. У обеих систем есть свои плюсы и минусы, но системы, отвечающие за безопасность припаркованных авто, у них схожи и проработаны одинаково хорошо. [2]

Рассмотрим для начала электромеханические системы. Защитой от самопроизвольного опускания платформы здесь служит винтовой механизм, выполняющий подъем и спуск платформы. Этот механизм рассчитан с условием самоторможения. То есть, если платформа начинает опускаться, набрать скорость и нанести вред стоящему внизу автомобилю будет крайне сложно, так как спуск будет заторможен.

В электрогидравлических подъемниках система несколько сложнее. Существуют сразу несколько видов защит: тепловое реле внутри электронного блока, который прерывает питание электродвигателя при его перегрузке; если в гидравлической системе слишком высокое давление, то предусмотрен клапан максимального давления; если произошла где-то утечка из гидравлической системы или повредился гидроцилиндр, то предотвратит опускание подъемника электромеханическая система защиты, которую рассмотрим ниже; чтобы предотвратить безостановочный подъем, где мы можем упереться в потолок, установлен прерыватель на определенной высоте, при достижении которой он замыкает цепь управления, который также рассмотрим ниже. [1]

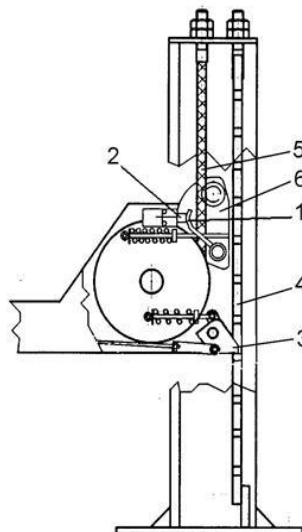


Рис. 1. Клиновая система безопасности электрогидравлического подъемника 1 – коромысло; 2 – кнопка выключения гидропривода; 3 – клин; 4 – планка безопасности; 5 – тяговый трос

Схема механической системы электрогидравлических подъемников представлена на рисунке 1. Здесь в основном применяются пружинно-клиновые механизмы. Планка

безопасности является своего рода дорожкой с пазами для клиньев 4, находящихся внутри стойки. Клин на пружине 3, качается на своей оси. Клин при движении платформы входит поочередно в пазы планки и стопорится в одном из пазов после окончания подъема или спуска. [3]

Если обрывается трос, то срабатывает коромысло 1, которое поворачивается и нажимает кнопку 1. Кнопка 1 на схеме рисунка 2 обозначена как SQ 2. То есть нормально замкнутый контакт размыкается и отключается электродвигатель, после чего стопорятся клинья в пазах планки безопасности.

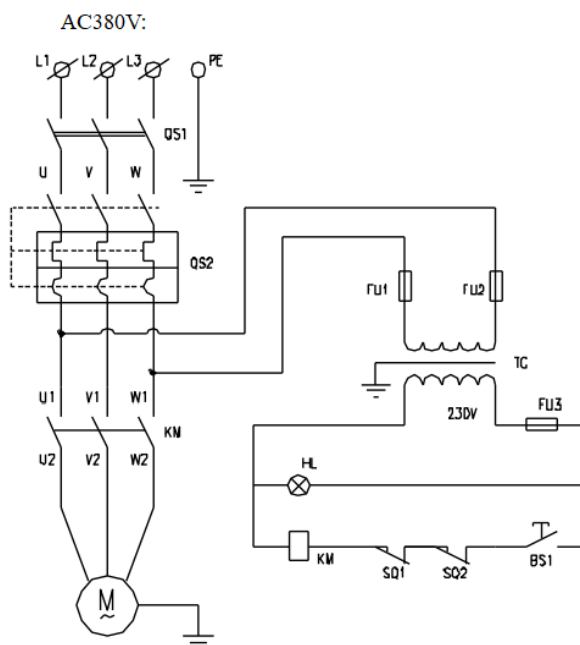


Рис. 2. Электрическая схема подключения электродвигателя: SB1 – кнопка пуска, KM – контактор электромагнитный, SQ1 – датчик-ограничитель (прерыватель), M – электродвигатель, QS – автоматический выключатель

На рисунке 2 приведена схема пуска электродвигателя, а также защиты, которые там присутствуют. Прерывателем, который спасает автомобиль от столкновения с потолком, обозначен на схеме SQ1. Как уже говорилось, контакт нормально замкнут и при достижении её платформой, она размыкает цепь управления электродвигателя.

Как видите, проектировщики позаботились о безопасности авто, которые их владельцы оставляют припаркованными на автоподъемниках. К тому же системы безопасности совершенствуются с выходом каждой новой модели подъемников, поэтому вы можете быть абсолютно спокойны за сохранность своих железных коней.

Список литературы:

1. Чернышев И. А., Чернышев Т.А. Монтаж, наладка, эксплуатация и ремонт систем электрооборудования и электроснабжения промышленных предприятий. – Издательство ТПУ, 2010. – 79 с.
2. Лучшие гидравлические и пневматические автомобильные подъемники для автосервиса [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://specmahina.ru/podemnik/dlya-avtoservisa.html>, – Загл. с экрана. – 2020.
3. Подъемник автомобильный двухстоечный Модель PL-4.0-2В. Руководство по эксплуатации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://sinref.ru/000_uchebniki/04600_raznie_3/693_avto-podemnik-Puli-pl-4/000.htm, — Загл. с экрана. – 2020.

**ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ СУЩЕСТВУЮЩИХ
ГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ С ПОМОЩЬЮ ТЕОРИИ
ПЛАНИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА**

И. М. Богачков,

ООО «Газпром проектирование» Тюменский Филиал, Тюмень, Российская Федерация

E-mail: bogim83@mail.ru

Особенность системы электроснабжения газовых месторождений приводит к невозможности проведения на них реальных экспериментов. Поэтому изменения параметров этих систем проводятся с помощью методов математического моделирования.

В 80х, 90х и 2000х годах проектирование системы электроснабжения газовых месторождений Западной Сибири велось без учета электрической нагрузки на завешающей стадии разработки, что привело к тормозу внедрения современной технологии распределённого компримирования газа [1].

Автором разработан программный продукт - программа расчета оптимального класса напряжения газовых месторождений с учётом всего его жизненного цикла «ПРОН».

«ПРОН» базируется на выведенных математических моделях питающей и распределительной сети классов напряжения 6, 10, 20, 35, 110, 220, 330 кВ.

Математические модели питающей и распределительных сетей газовых месторождений были получены на основе теории планирования эксперимента.

В эксперименте объектом исследования является система внешнего электроснабжения газового месторождения.

С помощью программы «ПРОН» существующие питающие и распределительные сети газовых месторождений Западной Сибири были проверены по критерию оптимальный класс напряжения с учетом коэффициента прироста электрической нагрузки в разные периоды жизненного цикла месторождения.

В таблице 1 представлены результаты расчётов дисконтируемых затрат для каждой распределительной сети системы электроснабжения из таблицы 5 для класса напряжения 6, 10, 20, 35, 110 кВ.

Таблица 1. Расчетный значения дисконтируемых затрат

| № п/п | Наименование линии электропередачи | Дисконтированные затраты для класса напряжения, млн. руб. | | | | |
|---|------------------------------------|---|--------|--------|--------|---------|
| | | 6 кВ | 10 кВ | 20 кВ | 35 кВ | 110 кВ |
| Пятый участок Ачимовских отложений. УКПГ 51 | | | | | | |
| Первый и второй периоды жизни | | | | | | |
| 1 | ВЛ «Куст К-5А22» | 143,03 | 138,83 | 135,1 | 215,85 | 408,61 |
| 2 | ВЛ «Куст К-5А23» | 227,43 | 217,56 | 211,52 | 321,3 | 565,42 |
| 3 | ВЛ «Куст К-5А24» | 174,42 | 170,06 | 165,62 | 249,17 | 470,04 |
| 4 | ВЛ «Куст К-5А25» | 145,99 | 142,71 | 139,04 | 214,35 | 415,27 |
| Третий период жизни | | | | | | |
| 1 | ВЛ «Куст К-5А22» | 603,99 | 374,13 | 279,64 | 340,69 | 841,79 |
| 2 | ВЛ «Куст К-5А23» | 1116,33 | 688,07 | 444,08 | 491,72 | 1063,87 |
| 3 | ВЛ «Куст К-5А24» | 679,54 | 414,01 | 296,26 | 353,67 | 826,67 |
| 4 | ВЛ «Куст К-5А25» | 557,19 | 341,57 | 256,94 | 315,23 | 771,6 |
| <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="width: 20px; height: 10px; background-color: #cccccc; margin-right: 5px;"></div> - минимальные дисконтируемые затраты. </div> | | | | | | |

Таким образом, анализируя значения дисконтируемых затрат можно сделать вывод – класс напряжения 20 кВ является оптимальным для распределительной сети системы внешнего электроснабжения кустов газовых скважин. При десятикратном росте электрической нагрузки разница между значениями дисконтируемых затрат минимальна.

Это говорит о том, что распределительная сеть напряжением 6, 10 кВ не приспособлена к увеличению нагрузки в 10 раз (нет резерва), для электроснабжения требуется дополнительные капитальные затраты. Значения дисконтируемых затрат сети напряжением 6, 10 кВ при росте электрической нагрузки становятся сопоставимы со значениями дисконтируемых затрат для класса напряжений 35 и 110 кВ.

Для распределительной сети кустов газовых скважин минимальные дисконтируемые затраты присущи классу напряжения 20 кВ.

Экспериментальное исследование существующих систем электроснабжения показало:

1. Количество кустов газовых скважин распределительной сети варьируется от 2 до 15 шт. Длина линии электропередачи распределительной сети – от 3 до 16 км.
2. Оптимальным классом напряжения для передачи электроэнергии распределительной сети до кустов газовых скважин (среднее количество кустов газовых скважин – 8 шт., средняя длина линии электропередачи 11 км) является напряжение 20 кВ;
3. Оптимальным классом напряжения для передачи электроэнергии от источника питания до газовых месторождений малой мощности (до 7 МВт) с учетом роста нагрузок является напряжение 35 кВ и 110 кВ;
4. Оптимальным классом напряжения для передачи электроэнергии от источника питания до газовых месторождений средней мощности (от 7 до 75 МВт) является напряжение 110 кВ.

Все существующие питающие и распределительные сети газовых месторождений Западной Сибири не являются оптимизированными, и при реализации технологии распределённого компримирования газа с установкой МКУ на каждом кусте газовых скважин потребуются дополнительные капитальные затраты на строительство новых линий электропередачи и подстанций.

Таким образом, для системы внешнего электроснабжения новых газовых месторождений Западной Сибири рекомендуется использовать класс напряжения 110 кВ для передачи электроэнергии, а для распределительной сети - 20 кВ. Данные классы напряжения имеют достаточный резерв мощности по передаче электроэнергии с учетом всего жизненного цикла месторождения (роста электрической нагрузки) при наименьших дисконтируемых затратах.

Список литературы:

1. Саранча, А. В. Применение модульных компрессорных установок Российского производства при добычи низконапорного Сенюманского газа / А. В. Саранча, В. А. Огай // Академический журнал Западной Сибири Т. 12, №1(62), 2016 – С. 21 - 22.

**ОЦЕНКА ДИНАМИКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК ГАЗОВЫХ
МЕСТОРОЖДЕНИЯХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ С УЧЕТОМ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА
МЕСТРОЖДЕНИЯ**

И. М. Богачков¹, соискатель

Р. Н. Хамитов², д.т.н., профессор,

В. П. Фрайштетер³, к.т.н., доцент

¹ООО «Газпром проектирование» Тюменский Филиал, Тюмень, Российская Федерация

²Омский государственный технический университет, Омск, Российская Федерация

Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Российская Федерация

³Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Российская Федерация

E-mail: bogim83@mail.ru

Система электроснабжения газовых месторождений состоит из питающей и распределительной сети. В работе при расчете электрической нагрузки использован комплексный подход [1], выполняемый по общегодовому электропотреблению W_{Σ} и среднегодовому коэффициенту спроса K_c . Расчет электрических нагрузок выполнен на базе показателей действующих газовых месторождениях Западной Сибири.

Расчет среднегодового коэффициента спроса выполнен для каждого месторождения, результаты расчета представлены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты расчета среднегодового коэффициента спроса

| № п/п | Наименование месторождения | Суммарная установленная мощность, кВА | | | Расчетная нагрузка, кВт | Среднегодовой коэффициент спроса, о.е. |
|--|--------------------------------|---------------------------------------|----------|----------|-------------------------|--|
| | | Первый | Второй | Третий | | |
| 1 | Медвежье | 15 468,0 | 29 878,0 | 29 878,0 | 5 483,73 | 0,18 |
| 2 | Уренгойское * | - | - | - | 20 195,40 | - |
| 3 | Ямбургское * | - | - | - | 19 115,96 | - |
| 4 | Вынгапуровское | 3 185,0 | 5 185,0 | 11 372,5 | 5 339,99 | 0,47 |
| 5 | Комсомольское | 5 502,5 | 14 462,5 | 14 462,5 | 3 128,90 | 0,22 |
| 6 | Западно-Таркасалинское | 6 132,5 | 8 732,5 | 11 230,5 | 2 644,89 | 0,24 |
| 7 | Губкинское | 4 833,0 | 8 333,0 | 8 333,0 | 2 745,10 | 0,33 |
| 8 | Юбилейное | 8 560,0 | 14 810,0 | 19 810,0 | 4 243,20 | 0,29 |
| 9 | Ямсовейское | 7 028,0 | 12 288,0 | 12 288,0 | 4 474,36 | 0,36 |
| 10 | Южно-Русское | 9 545,0 | 12 542,0 | 14 805,0 | 4 994,76 | 0,34 |
| 11 | Вынгаяхинское + ЕтыПуровское** | 6 112,0 | 8 112,0 | 8 112,0 | 3 106,27 | 0,38 |
| * - среднегодовой коэффициент спроса не рассчитывался; ** - один источник питания на два месторождения | | | | | | |

Определены изменения электрической нагрузки во второй и в третий периоды жизненного цикла месторождений относительно первого периода, тем самым получены коэффициенты прироста нагрузки – таблица 2. Там же приведены коэффициенты прироста электрической нагрузки по этапам жизненного цикла. Данные показатели могут быть использованы для выбора класса напряжений и схемы питающей сети промыслов.

Таблица 2. Расчетная электрическая нагрузка в каждом периоде жизни

| № п/п | Наименование месторождения | Расчетная электрическая нагрузка в период жизненного цикла месторождения, МВА | | | Коэффициент прироста нагрузки питающей сети относительно первого периода, о.е. | |
|-------|-------------------------------|---|--------|--------|--|-------------------|
| | | Первый | Второй | Третий | Во втором периоде | В третьем периоде |
| 1 | Медвежье | 2,84 | 5,48 | 5,48 | 1,93 | - |
| 2 | Уренгойское * | 8,77 | 11,42 | 11,42 | 1,30 | - |
| 3 | Ямбургское * | 13,18 | 18,05 | 49,25 | 1,37 | 3,74 |
| 4 | Вынгапуровское | 1,50 | 2,43 | 5,34 | 1,63 | 3,57 |
| 5 | Комсомольское** | 1,19 | 3,13 | 3,13 | 2,63 | - |
| 6 | Западно-Таркалинское | 1,44 | 2,06 | 2,64 | 1,42 | 1,83 |
| 7 | Губкинское | 1,59 | 2,75 | 2,75 | 1,72 | - |
| 8 | Юбилейное | 2,45 | 4,24 | 5,68 | 1,73 | 2,31 |
| 9 | Ямсовейское | 2,56 | 4,47 | 4,47 | 1,75 | - |
| 10 | Южно-Русское | 3,22 | 4,23 | 4,99 | 1,31 | 1,55 |
| 11 | Вынгояхинское + Еты-Пуровское | 2,34 | 3,11 | 3,11 | 1,33 | - |

* - Расчётная электрическая нагрузка месторождения в период жизненного цикла определена по замерам годового расход электроэнергии отдельно по УКПГ и ДКС;
** - Предполагается ввод МКУ [20] Комсомольское – 21 ед., в расчете не учтено

Анализ изменения расчетной электрической нагрузки в каждом периоде жизненного цикла на действующих месторождений Западной Сибири и сравнение нагрузок относительного первого периода позволило установить коэффициент прироста расчетной среднегодовой электрической мощности нагрузки, который составляет:

- для питающей линии во втором периоде жизни - от 1,37 до 2,63 о.е. (за счет ввода ДКС);
- для питающей линии в третьем периоде - от 3,03 до 3,74 о.е. (за счет ввода ДКС и МКУ).

Список литературы:

1. Сазыкин В. Г., Расчет электрических нагрузок в системах электроснабжения АПК: метод. указания / В. Г. Сазыкин, А. Г. Кудряков. – Краснодар: КубГАУ, 2017. – 54 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОВЛИЯНИЯ МНОГОДВИГАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ФОРМОВАНИЯ ИЗДЕЛИЙ ДВОЙНОЙ КРИВИЗНЫ

Н. Е. Дерюжкова, к.т.н., доц.,

В. А. Соловьев, д.т.н., проф.,

В.В. Тетерин, магистр

*Комсомольский-на-Амуре государственный университет
(Россия, 681013, г. Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина.27).*

E-mail: kepapu@knastu.ru

При производстве корпусов современных летательных аппаратов широко применяются крупногабаритные панели двойной кривизны. Одним из возможных способов производства таких деталей является формования заготовки методом высокотемпературной многоточечной формовки посредством набора оппозитно перемещаемых стержней. Множество технических решений, направленных на реализацию этого подхода [1-8] ориентировано на сохранение физико-механических свойств формируемого материала, минимизацию остаточных напряжений и исключение пластических изломов. Для этого формование осуществляют в режиме ползучести, с возможностью поддержания постоянства скорости формования для каждой точки.

Состав и устройство стержневой установки продиктованы набором необходимых для формования крупногабаритных плит технологических операций, их последовательностью, особенностями.

В составе установки выделяются три подсистемы:

Подсистема обработки заготовки. Включает в себя основные функциональные узлы, которые обеспечивают непосредственное выполнение технологических операций по отношению к заготовке (камера предварительного нагрева, формовочная камера, камера догрева перед закалкой, закалочная камера).

Подсистема обеспечения. Содержит вспомогательные функциональные узлы, которые обеспечивают бесперебойную работу основных узлов.

Подсистема управления и контроля. Содержит аппаратно-программные средства для управления всеми процессами обработки заготовки и процессами обеспечения.

Формующие стержни представлены в виде двух наборов встречно-направленных блоков. Привод перемещения стержней выполнен на базе автономных частотно-регулируемых электроприводов.

В докладе приводятся результаты исследования поведения заготовки при многоточечном формовании с целью определения оптимального режима работы привода формирующих стержней для обеспечения высокого качества изделий. Исследование осуществлялось методом конечных элементов в среде *Feap*. Анализу подвергались варианты, как одновременного перемещения формирующих стержней, так и случаи перемещения одного стержня при заторможенном состоянии других.

Кроме того, при исследовании приходилось учитывать также влияние скорости деформации на процесс формования. Если выбрать слишком высокую скорость деформации, то возможно появление вмятин от формирующих стержней на заготовке, возникновение пластических изломов из-за напряжений, возникающих в заготовке, которые превышают предел упругости.

Разграничение термосиловых режимов нагружения по скоростям деформаций позволило экспериментально установить, что деформирование со скоростями деформаций порядка $10^{-3} \dots 10^{-4} \text{ с}^{-1}$ имеет преимущества по сравнению с быстрым – «мгновенным» упругопластическим деформированием: существенно снижаются усилия формообразования, повышается показатель деформируемости материала.

Исследование поведения заготовки проводилось для разного количества формирующих стержней.

Результаты исследования показали, что увеличение размерности матрицы перемещаемых стержней выше 5x5 не приводит к существенным изменениям величины реакции усилий, то есть для исследования достаточно остановиться на матрице 5x5, т.к. она имеет достаточную точность, а обработка полученных результатов не будет занимать много времени.

В ходе исследования выяснено, что при работе одного из стержней, наибольшую нагрузку испытывают соседние стержни, а именно те которые располагаются на линиях строк и столбцов. Наибольшую нагрузку испытывают стержни, расположенные в области вертикальной и горизонтальной линий центрального стержня, наименьшую же – стержни, расположенные в диагональных линиях. Реакция на остальные стержни занимает промежуточную позицию.

Таким образом, совместная работа всех стержней, приводит к увеличению нагрузки на электропривод, и наибольшему влиянию подвержены электроприводы центральных стержней. Поэтому необходимо проектировать систему электроприводов с учетом возможного увеличения нагрузки при одновременной работе всех стержней. Кроме того выявлено, что взаимовлияние между формирующими стержнями посредством заготовки ощущается только в динамике, в случае их одновременного перемещения.

Список литературы:

1. А.с. 1147471 СССР, МПК7 В21D 11/20. Способ формообразования деталей двойной крутизны и устройство для его осуществления / О.В. Соснин, И.А. Шубин, Б.В. Горев, Г.А. Раевская (СССР). - № 3593076/25-27; заявл. 20.05.1983; опубл. 30.03.1985, Бюл. №12. – 6 с.
2. Пат. 2076010 Российская Федерация, МПК6 В21D 11/20. Устройство для формообразования / Л.Л. Рублевский, О.В. Соснин, Б.В. Горев, М.И. Бондаренко. - № 94044707/08, 19.12.1994; заявл. 19.12.1994; опубл. 27.03.1997, Бюл.№12. – 23 с.
3. Пат. 2216421 Российская Федерация, МПК7 В 21 D 11/20. Устройство для формообразования / Г.А. Гусев, И.В. Любашевская, Л.Л. Рублевский. - № 2001111132/02, 23.04.2001; заявл. 23.04.2001; опубл. 20.11.2003, Бюл.№ 23. – 31 с.
4. Пат. 2251464 Российская Федерация, МПК7 В21D 11/20. Устройство формования / И.Д. Клопотов, И.В. Любашевская, Г.А. Раевская, Л.Л. Рублевский, О.В. Соснин. - № 2002119982/02, 22.07.2002; заявл. 22.07.2002; опубл. 10.05.2005, Бюл.№13. – 42 с.
5. Пат. 2216422 Российская Федерация, МПК7 В21D 11/20. Формообразующее устройство / Г.А. Гусев, И.В. Любашевская, Л.Л. Рублевский. №2001114316/02, 24.05.2001; заявл. 24.05.2001; опубл. 20.11.2003, Бюл. № 23. – 8 с.
6. Горев, Б.В. Технология формообразования крупногабаритных деталей из листа и плит в режиме ползучести. // Технология машиностроения. 2008. №2. С.11-17.
7. Дерюжкова, Н.Е. К вопросу разработки математической модели объекта взаимосвязанной системы объемного формования / Н.Е. Дерюжкова, В. А. Соловьев, Чжо Аунг Хтет // Ученые записки КнАГТУ. – Комсомольск-на-Амуре, 2017. № 2.
8. Разработка технологии и технологического оснащения изготовления монолитных крупногабаритных ребрѐнных панелей: пояснительная записка / С. А. Васильченко [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2016. – 197 с.

АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ ПОДКЛЮЧЕНИЯ ЭНЕРГООБОРУДОВАНИЯ ЧЕРЕЗ ПРИЛОЖЕНИЯ «TEMPLATES» НА ДОСКЕ MIRO

К.В. Епифанцев, к.т.н., доцент

*Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения
190000, Санкт-Петербург, Большая Морская ул., 67*

Тел. 8(963)3437759

E-mail: epifancew@gmail.com

Энергетическое оборудование имеет многосложные взаимосвязанные этапы подключения. Например, при подготовке к отопительному сезону, или при запуске котла после ремонта. В этом случае возникает необходимость применения риск-менеджмента для развития превентивного, а не реактивного подхода, анализа блок причин, ставших причиной отказа. К тому же, многие требования Ростехнадзора «приветствуют» методику риск-менеджмента. В связи с этим наибольшее распространение получила диаграмма Исикавы [1].

Разработка диаграммы Исикавы – распространенный метод при ведении проектов и решении проблем коллективным методом. В современном периоде цифровизации производственных проектов рационально применять коллективные программные продукты для создания данной диаграммы [3]. Особенно важно – наличие в программных продуктах макетов под данные диаграммы. В статье рассматривается автоматизированный процесс создания диаграммы Исикавы через электронную доску MIRO. MIRO предоставляет привлекательный, интуитивно понятный опыт работы с несколькими вариантами в режиме реального времени, и асинхронная работа в команде на онлайн-доске. [2]. Коллективная работа позволит вести мониторинг активности каждого члена проектной команды. Итак, добавляем диаграмму Исикавы из списка шаблонов (Рис. 1)

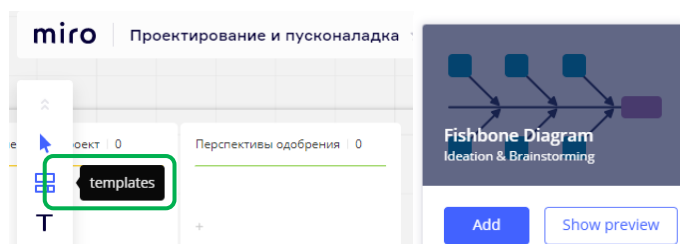


Рис. 1. Добавление Templates на рабочую доску

В основе проекта лежал процесс подключения ТЭЦ к сети от гарантирующего поставщика электроэнергии. Данный поставщик, являясь монополистом в регионе, имеет очень нестабильное качество подачи электроэнергии, в результате чего возможны «просадки» при работе оборудования и как следствие – частые поломки, аварийные остановки. В ходе обсуждения данной диаграммы общение шло как по видеосвязи, так и с помощью чата в MIRO. Важно отметить – не все программы позволяют вести быстрый чат при разработке большого массива графических данных. Кроме текстового чата в MIRO есть и видеочат.

Customer Journey Map – это простой инструмент для получения распределенных действий, команд, заданий на одной странице и работы на ней.

CJM представляет собой график, который иллюстрирует путь (план), включающий в себя определенные задания, выполнение которых отслеживается от начала до конца проекта, а также оценивает коллегу по проекту. Отображение всего процесса помогает куратору-модератору анализировать путь и обеспечивает понимание дальнейших действий [4].

**XIII Международная научно-техническая конференции
«Современные проблемы машиностроения»**



Рис. 2. Конечная диаграмма на доске MIRO

В ходе моделирования диаграммы она была разделена на составляющих по проекту присоединения: проектирование, оборудование, персонал, сырье и материалы, поставщики, Ростехнадзор. В каждом из обозначенных позиций были проставлены причины («Cause»), которые представили полную картину происходящего и дали возможность увидеть корневую причину отказа.

В процессе проведения анализа текущей ситуации было выявлено, что основное оборудование, которое может быть применено для решения данной проблемы – отдельная дизель-генераторная подстанция, которая будет способна компенсировать «просадки» электроэнергии от гарантирующего поставщика.

В процессе работы на электронной доске был получен командный эффект мониторинга обстановки. Важно подчеркнуть, что подобный процесс может быть реализован и при удаленном формате работы на предприятии.

Список литературы:

1. MIRO. [Электронный ресурс] URL <https://miro.com/index/> (Дата обращения 31.06.2020 г)
2. ГОСТ Р ИСО/МЭК 29161-2019. Информационные технологии (ИТ). Структура данных. Уникальная идентификация для интернета вещей. Москва: Изд-во стандартов, 2019 – 13 с
3. Н.П. Карасев. Применение статистических методов в системе менеджмента качества// Н.П.Карасев/ «Вопросы стандартизации и сертификации СО РАН» №1 — 2007, с. 16-21
4. А.В. Илларионов, Э.Ю. Клименко, С.И. Неизвестный. Самоучитель топ-менеджера. — М.: Альпина Паблишер, 2013. — 648 с.

ВОЗМОЖНОСТИ ИНТЕСИФИКАЦИИ ЦИФРОВИЗАЦИИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ ДЛЯ МОБИЛЬНОСТИ СПЕЦТЕХНИКИ

К.В. Епифанцев, к.т.н., доцент

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения

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

Тел. 8(963)3437759

E-mail: epifancew@gmail.com

Цифровизация (цифровая трансформация) - внедрение современных технологий в бизнес-процессы предприятия. [1,3]. Рассмотрим и сравним цифровизацию в России и в ЕС, сделанной в виде гистограммы компанией McKinsey в 2017 г (Рисунок 1)

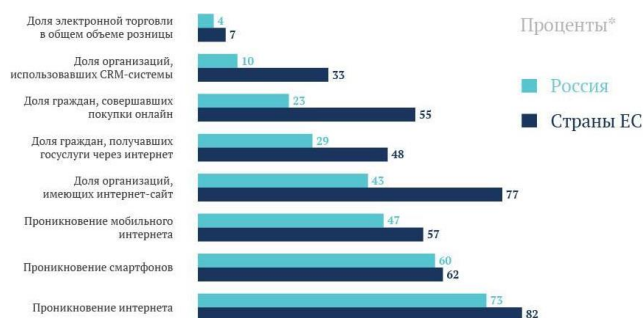


Рис. 1. Распределение ресурсов цифровизации в России и ЕС

Сделаем вывод – по количеству пользования смартфонами и мобильному интернету Россия не отстает от европейских показателей, однако такие важные элементы как CRM-системы и системы покупок онлайн в 2 раза меньше. В этом кроется ряд условий, создаваемых на российском рынке: тарифы на фиксированный интернет для российских пользователей ниже, чем в странах Западной Европы на 44%, а на мобильный интернет - на 18%, средняя скорость - 12 Мбит/с.

В настоящее время проведение поверочных и калибровочных мероприятий на спецтехнике может быть осложнено местами эксплуатации техники в приграничных территориях или в условиях проведения боевых действий на территории другого государства [4,5]. Время на поверку и калибровку в этих условиях многократно увеличивается по причине длительного процесса доставки измерительных инструментов до стационарной лаборатории и обратно, что ухудшает мобильность работы боевых подразделений. Кроме того современная тенденция развития цифровых технологий в метрологии (Рис 1), неоднократно упоминаемая Начальником Управления метрологии Вооруженных Сил полковником Лесуном И.В. [6,7] подчеркивает необходимость перехода как к инновационным цифровым эталонам – переносчикам, так и к модернизации и развитию возможностей передвижных лабораторий измерительной техники (ПЛИТ). ПЛИТ – это результат цифровизации, которые в основу своей концепции приняли мобильность, скорость передачи данных, взаимозаменяемость оборудования [7].

Цифровизация определенно является благом для человечества, но это благо легко может обернуться катастрофой для всего общества и промышленности. Большинство промышленных компаний уверенно используют документооборот с отечественными разработками (Лоцман PLM, T-Flex, TDMS, 1S), позволяющий ускорять течение ряда процессов, уменьшать время на согласование документов и проектов, а введенная электронно-цифровая подпись позволяет безопасно работать с документами. Все эти вышеперечисленные достоинства, несомненно, увеличивают возможности развертывания компаний ввиду закона об импортозамещении, но всегда нужно работать над кибербезопасностью в условиях увеличения обращения документов в электронном пространстве.



Рис.2. Метрологическая служба ВВС США

ПЛИТ – безусловно подтвержденные продукт цифровизации, однако если мы посмотрим на прямого конкурента ПЛИТ в США, то увидим массу комплексов, изготавливаемых «U.S. ARMY TEST, MEASUREMENT AND DIAGNOSTIC EQUIPMENT», которая разрабатывает достаточно много виртуальных систем проверок и калибровок оборудования, пользуясь такими высокотехнологичными машинами как видеоизмерительные машины Mitutojo, измерительные мобильные руки типа FARO, мобильные координатно-измерительные машины, тепловизоры Fluke, в т.ч. устанавливаемые на БПЛА, очки VR для более полного понимания устройства измерительных приборов или методики проведения поверки средств измерений. Подобные методы, безусловно, должны внедряться в российские ПЛИТ для улучшения их тактико-технических характеристик. Интересным моментом также является развитие системы приема новобранцев в метрологические части через ряд каналов в Youtube [9], что безусловно дает широкую популярность данной профессии среди населения США. Подводя итог в исследовании, хотелось бы подчеркнуть – важным аспектом цифровизации является доступность сложных методик и расчетов в метрологии, возможность донести данные до широкого круга специалистов, сделать их понятными как поверителям, так и непосредственно личному составу, не связанному непосредственно с поверкой.

Список литературы:

1. Е.А. Левашов. Цифровизация России. [Электронный ресурс] https://levashove.ru/tsifrovizatsiya-rossii/?source=post_page. Время обращения 29.10.2019. 20:00
2. Шестакова И. Г. Новая темпоральность цифровой цивилизации: будущее уже наступило // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Гуманитарные и общественные науки. 2019. № 2. С.20-29
3. Кондратьев В. Решоринг как форма реиндустриализации // Мировая экономика и международные отношения, 2017, т. 61, № 9, сс. 54-65.
4. ГОСТ Р 8.885-2015 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Эталоны. Основные положения
5. А. Г. Леонтьев В. В. Котович Д. А. Кузнецов. Метрологические комплексы военного назначения. Учебное пособие Санкт-Петербург, Изд-во ГУАП, 2010
6. ГОСТ Р 56136-2014 Управление жизненным циклом продукции военного назначения. Термины и определения
7. И.В. Лесун. Военная метрология - основа метрологического обеспечения войск. [Электронный ресурс] <http://federalbook.ru/files/ОПК/Содержание/ОПК-11/III> . Время обращения 18.10.2019
8. ТУ 6687-001-46413262-2004 Подвижная лаборатория измерительной техники "ПЛИТ А1-2"
9. US Airforce laboratory of measurement. [Электронный ресурс] URL: https://www.youtube.com/watch?time_continue=3&v=eoxisvEkdZU&feature=emb_title, Время обращения 10.09.2020

ВОЗМОЖНОСТИ ПРОГРАММНЫХ ПАКЕТОВ ДЛЯ СИСТЕМАТИЗАЦИИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

*К.В. Епифанцев, к.т.н., доцент
Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического
приборостроения
190000, Санкт-Петербург, Большая Морская ул., 67
Тел. 8(963)3437759
E-mail: epifancew@gmail.com*

В данной статье рассматриваются вопросы информатизации, отечественные и зарубежные программные продукты, которые активно применяются в машиностроении и в управлении измерительными лабораториями. Рассмотрим наиболее применимые программы в области метрологического обеспечения, выявим их особенности, преимущества и недостатки [1-2]. Программный продукт "Бест: Метрологическая служба" предназначен для повышения эффективности учетной политики метрологической службы предприятия, оптимизации деятельности сотрудников службы метрологии при планировании и проведении работ

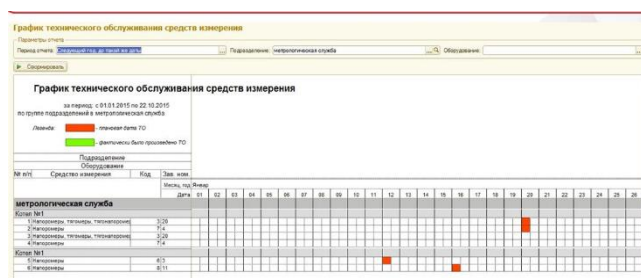


Рис. 1. Информатизация в виде оформления графика технического обслуживания средств измерения через Бест: метрологическая служба

Рассмотрим следующий вид ПО – «Асоми» - программное обеспечение, разработанное специально для метрологических служб предприятий, эксплуатирующих парк средств измерений от десятка до сотен тысяч единиц. Система предназначена для автоматизации деятельности метрологических служб предприятий по учету средств измерений (СИ).

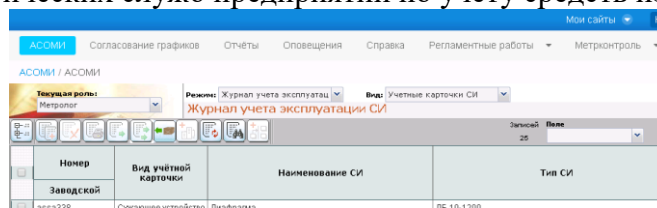


Рис. 2. Информатизация в виде оформления журнала учёта эксплуатации СИ через АСОМИ

Одним из первых сервисов технического характера, который также настроен под «Госуслуги» стал сервис «Аршин». Вовлечение данного сервиса в семью программных решений, «Госуслуги» говорит о возможности увеличения технической грамотности населения, так как теперь этот сервис доступен каждому. Обычно эти отчёты заполняются вручную в личном кабинете пользователя ФГИС. Главная страница системы изображена на рисунке 4 – в рамке со стрелкой – факт подтверждения персоны через личный кабинет [3].

Метролог Онлайн (Рис.5) – это мобильное приложение Программного комплекса «АСУ МС» версии 6.5. Приложение работает с базой АСУ МС и позволяет получить основную информацию о средстве измерений (СИ). Задача приложения – это оперативное получение информации о средстве измерений [3]. Приложение предназначено для работы на удаленных объектах и позициях измерений.

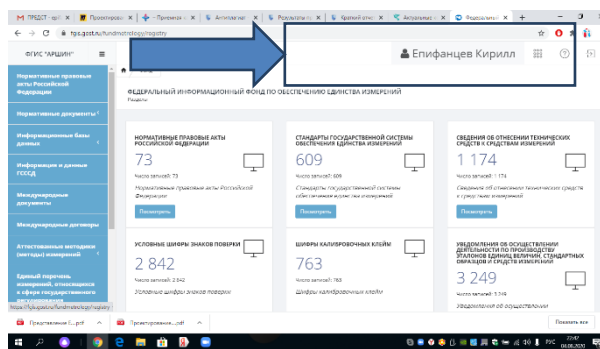


Рис. 3. Главная страница ФГИС АРШИН

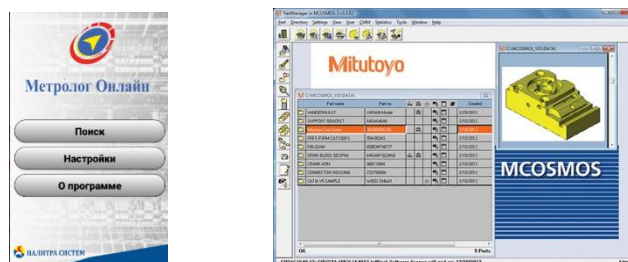


Рис. 4. Приложение «Метролог Онлайн» и окно программы MiCAT

Следующая программа MiCAT (MCOSMOS-3) использует фактическую конфигурацию КИМ, включая все магазины и датчики, установленные на машине, чтобы выбрать наиболее подходящую конфигурацию, основанную на пользовательских правах измерения [4].

Из перечисленных программ каждая является специализированной в области измерений, учитывает потребности поверителей и специалистов в области статистики. Развитие подобных программ происходит сугубо по наращиванию потенциалов средств измерений. Однако, перспективные возможности современных лабораторий безграничны – переход на VR и другие виртуальные продукты обусловили таким же образом хранить информацию о средствах измерения в удобных базах данных, рассмотренных выше в статье. В качестве перспективных путей развития представленных программных продуктов возможно говорить о их слиянии с аппаратом математической статистики, библиотекой видеоподкастов по калибровке или поверке средств измерений.

Список литературы:

1. Яшин А.В. Информационная составляющая системы обеспечения единства измерений в условиях цифровой трансформации. Развитие ФГИС «АРШИН»: [Электронный ресурс] URL: <https://metrob.ru/assets/files/konferenciya2020/informacionnaya-sostavlyayushhaya-sistemy-obespecheniya-edinstva-izmerenij-v-usloviyah-cifrovoj-transformacii.-razvitie-fgis-arshin.pdf> (Дата обращения: 17.07.2020)
2. Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений. ФГИС «АРШИН»: [Электронный ресурс] URL: <https://fgis.gost.ru/fundmetrology/registry> (Дата обращения: 17.07.2020)
3. Метролог Онлайн. Приложения Google play.[Электронный ресурс] URL: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.databasetest.linkrain.metrologonline> (Дата обращения: 17.07.2020)
4. Продукты Mitutojo. [Электронный ресурс] URL: https://mitutoyo.ru/ru_ru/news-and-events/latest-news/free-offline-programming (Дата обращения: 20.09.2020)

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ ДЕЛЕНИЯ НА ТОЧНОСТЬ ОСЦИЛЛОГРАММЫ

*К.В. Епифанцев, к.т.н., доцент
Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического
приборостроения
190000, Санкт-Петербург, Большая Морская ул., 67
Тел. 8(963)3437759
E-mail: epifancew@gmail.com*

Часто при проектировании электронной схемы возникает необходимость получить точку с определенным уровнем сигнала. Например, создать опорную точку или смещение напряжения, запитать маломощный потребитель, понизив его уровень и ограничить ток [1-2]. Именно в таких случаях нужно использовать делитель напряжения. Для разрабатываемого осциллографа спроектируем делитель напряжений с переменным коэффициентом деления [3-4]. Возьмем стандартные коэффициенты деления в 1, 2, 10 и 50 раз. Для большего удобства один резистор в схеме оставим постоянным $R4=1\text{кОм}$ [5].

Подберем значения для остальных резисторов, исходя из нужного нам коэффициента деления.

$$U_{\text{ВЫХ}} = \frac{U_{\text{ВХ}} * 1000}{2000} = \frac{U_{\text{ВХ}}}{2}; \quad (1)$$

$$R1=1\text{кОм}; \quad (2)$$

$$U_{\text{ВЫХ}} = \frac{U_{\text{ВХ}} * 1000}{10000} = \frac{U_{\text{ВХ}}}{10}; \quad (3)$$

$$R2=9\text{кОм}; \quad (4)$$

$$U_{\text{ВЫХ}} = \frac{U_{\text{ВХ}} * 1000}{50000} = \frac{U_{\text{ВХ}}}{50}; \quad (5)$$

$$R3=49\text{кОм}. \quad (6)$$

В соответствии с ГОСТ 11282-93 [8], резистивный делитель напряжения постоянного тока устройство, состоящее из резистивной схемы с фиксированными коэффициентами деления. Делитель напряжения часто используют в качестве умножителя диапазона для потенциометра постоянного тока. Номинальный коэффициент деления в делителе напряжения - отношение между номинальным входным и номинальным выходным напряжениями. Истинный коэффициент деления - отношение напряжения, приложенного ко входу, к выходному напряжению разомкнутой цепи [6]. Смоделируем схему в Multisim и проведем исследование при работе данной схемы на различных коэффициентах деления. (Рис. 1)

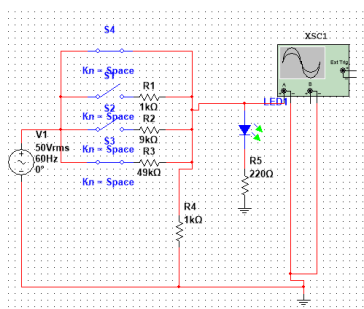


Рис. 1. Модель конечной схемы делителя напряжения в среде Multisim

Коэффициент деления выбирается с помощью переключения аналоговых ключей.

В схеме так же установлен датчик наличия напряжения. Он изготовлен из светодиода и последовательно подключенного резистора [7]. Из инженерного опыта выбираем значение резистора равным 220 Ом.

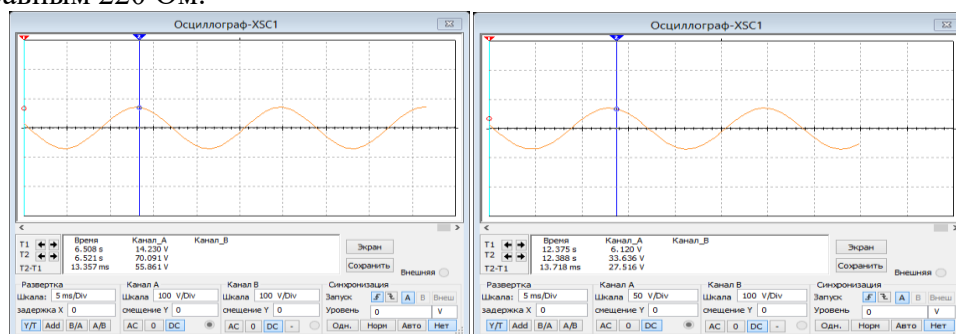


Рис. 2. Осциллограмма напряжения сигнала с коэффициентом деления равным 1 (слева) и 2 (справа)

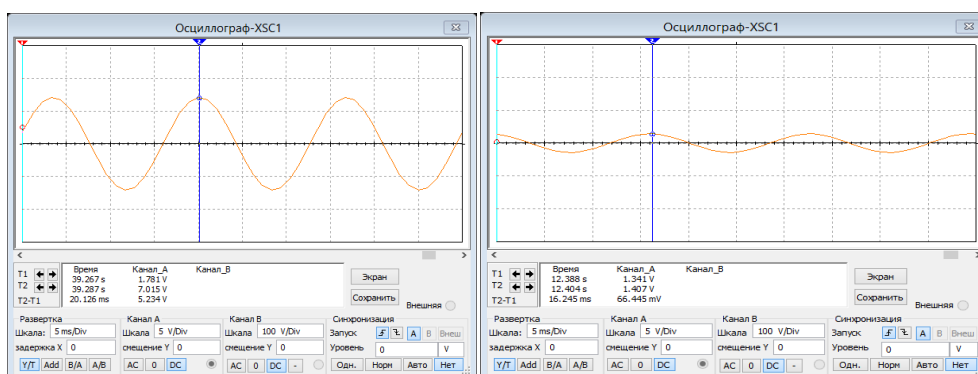


Рис. 3. Осциллограмма напряжения сигнала с коэффициентом деления равным 10 (слева) и 50 (справа)

Рассмотренные резисторные делители напряжения не могут обеспечить нормируемую точность коэффициента деления на переменном токе при повышенных частотах, так как резистор представляет собой катушку с большим числом витков высокоомного провода, т.е. обладает индуктивностью и межвитковой емкостью [7]. Однако, благодаря виртуальному осциллографу удалось выявить наиболее приоритетный период колебаний, с которым возможно поработать для улучшения точности деления сигнала.

Список литературы:

1. Евстифеев, А. В. Микроконтроллеры AVR семейства Tiny. Руководство пользователя / А.В. Евстифеев. - М.: ДМК Пресс, Додэка XXI, 2015. - 426 с.
2. Крупинин, И. Т. Радиоаппаратура и аппаратура звукозаписи высшего и первого классов. Справочник / И.Т. Крупинин. - М.: Радио и связь, 1981. - 432 с.
3. Легирование полупроводников ионным внедрением. - М.: Мир, 1999. - 532 с.
4. Морская радиоэлектроника. Краткий справочник. - М.: Политехника, 2003. - 248 с.
5. Полупроводниковые приборы и их применение. Сборник статей. Выпуск 3. - М.: Советское радио, 2007. - 350 с.
6. Семенов, Б. Ю. Силовая электроника. От простого к сложному / Б.Ю. Семенов. - М.: Солон-Пресс, 2015. - 416 с.
7. Терминологический словарь по электронной технике. - М.: Политехника, 2001. - 784 с.
8. ГОСТ 11282-93 - Резистивные делители напряжения постоянного тока, М. Издание стандартов, 1995. 28 с

ИССЛЕДОВАНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ РАСТВОРОВ И РАЗМЕРА ЧАСТИЦ В PHET SIMULATORS ДЛЯ РАЗВИТИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

К.В. Епифанцев, к.т.н., доцент,

*Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения
190000, Санкт-Петербург, Большая Морская ул., 67*

Тел. 8(963)3437759

E-mail: epifancew@gmail.com

Виртуальные работы для персонала предприятия в настоящее время являются распространенной и популярным ресурсом развития новых компетенций. Как одну из платформ для развития подобных возможно использовать Phet Simulators.

Интерактивное моделирование PhET, проект Университета Колорадо в Боулдере, является некоммерческим [1] проектом открытых образовательных ресурсов. Он был основан в 2002 году лауреатом Нобелевской премии Карлом Виманом [6-7]. Программа PhET началась с видения Вимана улучшить способ преподавания и изучения науки. Их заявленная миссия - «Продвигать науку и математическую грамотность и образование во всем мире с помощью бесплатных интерактивных симуляторов» [2-3].

В данной работе необходимо провести измерения ионов Гидроксония H_3O^+ , Гидроскид – ионов OH^- и молекул воды H_2O , в зависимости от различной концентрации в сумме с веществами, попадающих в очистные сооружения – мыло, остатки пищи и т.д. Также необходимо измерить кислотность PH в растворе чистой воды в зависимости от различной концентрации в сумме с веществами, попадающих в очистные сооружения – мыло, остатки пищи и т.д.. Откройте программу PHET , запустите позицию MICRO

Шаг 1 – опустошите резервуар путем нажатия на краник 1 (Рисунок 1)

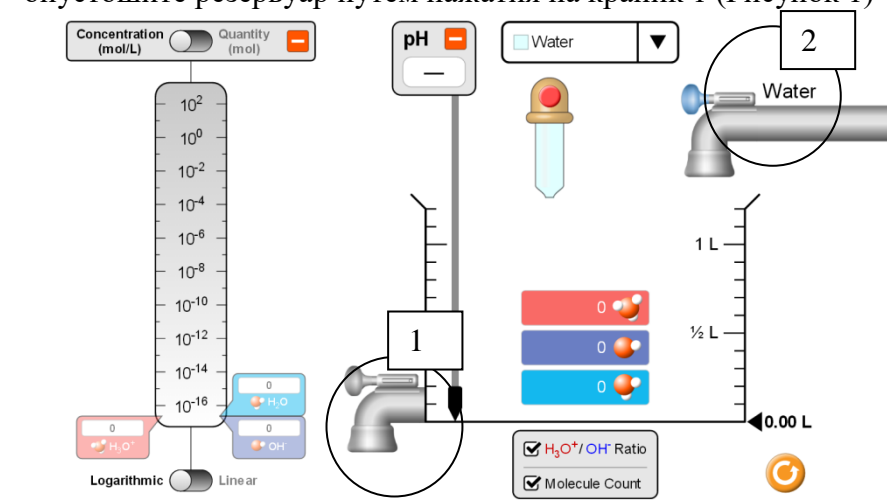


Рис. 1. Опустошение резервуара

Необходимо выбрать в верхнем элементе программы – позиция 2 на рисунке 1.

Проведите измерение H_3O^+ , Гидроскид – ионов OH^- и молекул воды H_2O , наливая каждый раз 0,1 л

Таблица 1 – Измерение H_3O^+ , OH^- , H_2O

| Объем | H_3O^+ | OH^- | H_2O |
|-------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 0,1 | Провести измерение | Провести измерение | Провести измерение |
| 0,2 | Провести измерение | Провести измерение | Провести измерение |
| 0,3 | Провести измерение | Провести измерение | Провести измерение |

Далее необходимо выбрать на рисунке 2 , позицию 3 - смену жидкости, выбрать объем 0,5 литров, открывая краник на позиции 4. Добавляя воду каждые 0,1 литров, необходимо

измерить как меняется кислотность при всех видах жидкости. На рисунке 2, также необходимо замерить H_3O^+ , Гидроскид – ионов OH^- и молекул воды H_2O ,

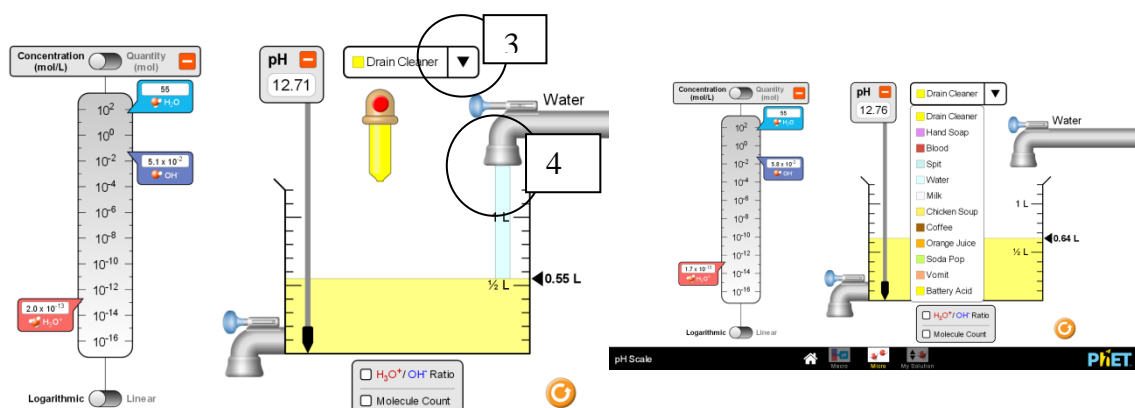


Рис. 2. Смена жидкости и добавление воды и выбор жидкости и измерение параметров Итак, далее производится заполнение таблицы – Таблица 2.

Таблица 2 – Измерение PH, H_3O^+ , OH^- , H_2O Drain clear

| Примесь | Объём воды сверх примеси | PH | H_3O^+ | OH^- | H_2O |
|-------------|--------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Drain clear | 0,1 | Провести измерение | Провести измерение | Провести измерение | Провести измерение |
| | 0,2 | Провести измерение | Провести измерение | Провести измерение | Провести измерение |

В финальном отчете при обучении в данной программе должны быть заполнены все жидкости в таблицах по аналогии. В итоге необходимо построить графики, определить наиболее агрессивные для воды сбросы. Экологическая компетенция благодаря выполнению данной работы будет пронизывать все ключевые компетенции, формируемые в экологическом образовании, экологический стиль мышления и поведения в социально проблемных экологических ситуациях, возникающих в разных видах и направлениях деятельности предприятия [4-5].

Список литературы:

1. Guttenplan, D.D. (December 11, 2011). "Web Tutors Become Stars Far from Classroom". New York Times.
2. "The Tech Award 2011". Archived from the original on 2012-11-09.
3. Голубев, И. Р. Окружающая среда и ее охрана / И.Р. Голубев, Ю.В. Новиков. - Москва: РГГУ, 1985. - 192 с.
4. Горбенко, Н. В. Методические рекомендации к учебному пособию С. Б. Шустова, Л. А. Шустовой, Н. А. Горбенко "Химические аспекты экологии" / Н.В. Горбенко, Е.И. Тупикин, С.Б. Шустов. - М.: Русское слово - учебник, 2015. - 264 с.
5. Интегрированные уроки и внеурочная деятельность эколого-биологического содержания. Использование ресурсов интеграции и социально-педагогического партнерства в образовательном учреждении для реализации ФГОС. - М.: Перспектива, 2013. - 200 с.
6. Комплект плакатов "Экология": 4 плаката с методическим сопровождением. - Москва: СПб. [и др.] : Питер, 2016. - 856 с.
7. Муравьев, А. Г. Экологический практикум / А.Г. Муравьев, Н.А. Пугал, В.Н. Лаврова. - М.: Кримас+, 2012. - 176 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЗИСТИВНОГО ДЕЛИТЕЛЯ В MULTISIM

*К.В. Епифанцев, к.т.н., доцент, А.С. Мкртчян, студент
Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения
190000, Санкт-Петербург, Большая Морская ул., 67
Тел. 8(963)3437759
E-mail: epifancew@gmail.com*

Делители напряжения используют для того, чтобы получить заданное выходное напряжение из большего входного (постоянного или переменного) напряжения. В современном мире, в электроники часто используются микросхемы, для которых необходимо малое напряжение. Для их и другой устройств, требующих меньше напряжение, чем вся остальная схема, созданы делители напряжения [1]. В данной статье проводится исследование делителя напряжения для потенциального совершенствования расширенного коэффициента деления в программе Multisim.

Благодаря Multisim представление в виде электронной таблицы позволяет одновременно изменять характеристики любого количества элементов: от схемы печатной платы до модели SPICE. Безрежимное редактирование – это наиболее эффективный способ размещения и соединения компонентов. Работать с аналоговыми и цифровыми составными элементами интуитивно просто и понятно [2-3].

Кроме традиционного анализа SPICE, Multisim позволяет пользователям подключать к схеме виртуальные приборы. Концепция виртуальных инструментов – это простой и быстрый способ увидеть результат с помощью имитации реальных событий.

Для того, чтобы получить из исходного напряжения лишь его часть используется делитель напряжения. Это схема, строящаяся на основе пары резисторов.

В примере, на вход подаются стандартные 9 В. Но какое напряжение получится на выходе V_{out} ?

Ток, протекающий через R_1 и R_2 одинаков пока к выходу V_{out} ничего не подключено. А суммарное сопротивление пары резисторов при последовательном соединении:

$$R_t = R_1 + R_2 \quad (1)$$

Таким образом, сила тока протекающая через резисторы:

$$I = U/R_t = 9\text{В}/900\text{Ом} = 0.01\text{А} = 10\text{мА} \quad (2)$$

Теперь, когда нам известен ток в R_2 , рассчитаем напряжение вокруг него:

$$V_{out} = I \cdot R_2 = 0,01\text{А} \cdot 500\text{Ом} \quad (3)$$

Или если отавить формулу в общем виде:

$$V_{out} = V_{in} \cdot (R_2/(R_1 + R_2)) \quad (4)$$

Так с помощью пары резисторов мы изменили значение входного напряжения с 9 до 5 В. Это простой способ получить несколько различных напряжений в одной схеме, оставив при этом только один источник питания [4].

Для большей наглядности соберем простейшую схему делителя в программе multisim и продемонстрируем ее работу.

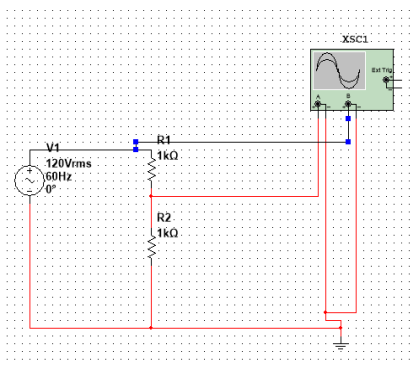


Рис. 1. Электрическая схема делителя напряжения в программе multisim

Выше представлена схема делителя напряжения на рисунке 1.

На вход делителя поступает переменное напряжение частотой 60 Гц и уровнем в 120 В. Как видно из осциллограммы на рисунке 3 на выходе делителя мы получаем напряжение поделенное на 2.

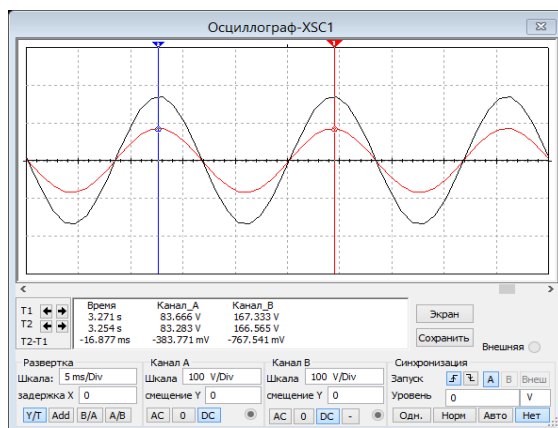


Рис. 2. Осциллограммы напряжений на входе/выходе устройства

Для обеспечения приемлемой точности работы делителя требуется проектировать его таким образом, чтобы величина тока, протекающего через цепи делителя, была не менее чем в 10 раз больше, нежели ток, протекающий через нагрузку. Увеличение этого соотношения до $\times 100$, $\times 1000$ и более при прочих равных условиях пропорционально повышает точность работы делителя. Таким же образом должны соотноситься и величины сопротивлений делителя и нагрузки. Идеальным (с точки зрения КПД) режимом работы делителя, является режим т.н. холостого хода, т.е. режим работы при отключенной нагрузке, когда её свойствами можно пренебречь. Благодаря электронному осциллографу в среде Multisim, возможно проектировать и исследовать различные типы делителей, что имеет большое значение для отечественных систем автоматики

Список литературы:

1. Лаврентьев Б.Ф. «Схемотехника электронных средств. Уч. пособ. » 2010, 120 с
2. Амосов В.В. «Схемотехника и средства проектирования цифровых устройств. » 2007 г – 87 с
3. Измерения на высоком напряжении/ Шваб А./ Измерительные приборы и способы измерения/ Энергоатомиздат, 1983. – С.264.
4. Техника высоких напряжений/ Закарюкин В.П./ Конспект лекций для студентов специальности "Электроснабжение железнодорожного транспорта"/ Иркутск, 2005.– С.80–88.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВА В ОНЛАЙН-КОМАНДЕ НА ДОСКЕ MIRO

К.В. Епифанцев, к.т.н., доцент

*Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения
190000, Санкт-Петербург, Большая Морская ул., 67*

Тел. 8(963)3437759

E-mail: epifancew@gmail.com

В связи с последними событиями удаленной работы, команды проектировщиков столкнулись с многими проблемами – в распространенных видеотрансляторах конференций безусловно есть возможность разработки проектов, но для каждого владельца IP адреса – индивидуальная. Каким образом организовать одновременную, синхронную работу команды, с возможностью мониторинга действий каждого? Данные программные продукты имеют очень узкую специализацию. В статье рассмотрены возможности электронных ресурсов совместной работы проектировщиков.

Интерактивные руководства открывают возможности к онлайн-образованию [2,3]. Онлайн-доска объявлений для удобства совместной работы MIRO – это быстрая, бесплатная и простая в использовании цифровая доска, построенная для помощи сотрудничества с другими в любое время и в любом месте - независимо от того, размещены ли ваши команды совместно, распределены или полностью удалены [1].

Цифровая доска MIRO имеет свыше 5 миллионов пользователей по всему миру, среди клиентов компании числятся Netflix, Twitter, Hubspot, Airbnb и Salesforce. Раньше проект, запущенный в 2011 году в Перми, носил название RealtimeBoard. Важно подчеркнуть что этот продукт имеет отечественные корни, что в эпоху глобальных санкций в отношении России имеет глобальное значение – наше государство становится инициатором и проводником в области мирового образования и эта созданная доска – тому подтверждение.

Преподаватель может наблюдать как работает онлайн целая группа студентов, как перемещают они те или иные слайды, как работает ход мыслей обучающихся, этот общий формат удобен онлайн исполнением, которое необходимо для педагогических экспериментов – например по совместимости команд при движении к общей цели.

Интерес инвесторов к MIRO обусловлен пандемией коронавируса – инструмент, который предлагает компания, оказался очень актуальным из-за массового перехода работников и учащихся на удаленную работу. Отображение всего процесса помогает преподавателю анализировать путь и обеспечивает понимание дальнейших действий. На рисунке 1 представлен процесс работы группы на доске – параллельно подключен ZOOM и команда решает определенную задачу, при этом каждый вовлечен в процесс моделирования стратегии, в отличие от возможного сценария, когда все говорят, а только один человек фиксирует данные.

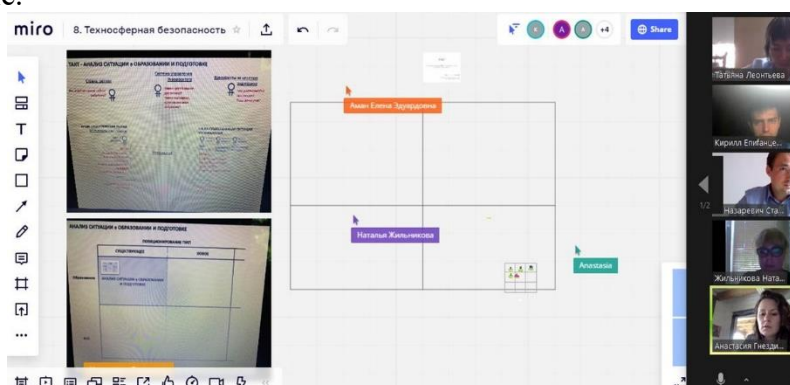


Рис. 1. Пример работы на доске MIRO и параллельно в ZOOM

В таблице приведем достоинства и недостатки этой программы:

Таблица 1 – Достоинства и недостатки MIRO

| Достоинства доски MIRO: | Недостатки доски MIRO: |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> - настраиваемый макет (обновление, удаление или настройка любой детали плана); - работа в реальном времени (преподаватели и учащиеся могут работать с картой в режиме реального времени); - экспорт (экспорт происходит в самом лучшем качестве по окончанию работы); - встроенный таймер (планирование временных затрат для любой части плана, его установление и отслеживание); - мобильные приложения для iOS и Android (доступ к плану работы в любом месте и в любое время без обязательного оснащения компьютером или ноутбуком); - режим презентации (без каких-либо усилий представляется план занятия, семестра и заданий). | <ul style="list-style-type: none"> - один из главных минусов доски – MIRO не имеет русскоязычного интерфейса; - отсутствует возможность прикрепить аудиофайл; - при плохом интернет соединении определенные вставки из вне медленно грузятся или не грузятся вообще. Но эта проблема решается путем создания pdf или jpeg-дубликата доски. - К недостаткам ЭУ можно отнести не совсем хорошую физиологичность дисплея как средства восприятия информации (восприятие с экрана текстовой информации гораздо менее удобно и эффективно, чем чтение книги) и более высокую стоимость по сравнению с книгой. |

Цель данной работы состояла в определении возможностей online ресурса – доски MIRO, влияющие на улучшение качества работы «преподаватель – обучающийся».

На основании анализа работы online ресурса были описаны основные шаблоны, функции и инструменты. Также на основании данного анализа и результатов разработанного урока были сделаны следующие выводы:

Online ресурс – доска MIRO хороша не только для учебы, презентаций и хранения информации, но и для генерации идей на карточках. Преимущество такого формата в том, что он позволяет участникам сосредоточиться на собственной работе, не попадая под влияние лидеров. Принцип MIRO состоит в том, чтобы независимо от того, размещены ли пользователи совместно, распределены или полностью удалены друг от друга, MIRO предоставляет привлекательный, интуитивно понятный опыт работы с несколькими вариантами в режиме реального времени, и асинхронная работа в команде на онлайн-доске.

Список литературы:

1. MIRO. [Электронный ресурс] URL <https://miro.com/index/> (Дата обращения 31.06.2020 г)
2. ГОСТ Р ИСО/МЭК 29161-2019. Информационные технологии (ИТ). Структура данных. Уникальная идентификация для интернета вещей. Москва: Изд-во стандартов, 2019 – 13 с
3. Кульбик В.В., Епифанцев К.В Применение ИЭТД для метрологического обеспечения эксплуатации авиационной техники // Кульбик В.В., Епифанцев К.В / В книге: Метрологическое обеспечение инновационных технологий, Международный форум. 2020. С. 197-198.

СИСТЕМА ПЛАНИРОВАНИЯ ПУТИ МОБИЛЬНОГО РОБОТА НА БАЗЕ RASPBERRY PI

Е.А. Иванов, студент г.8Е71,

А.С. Беляев, аспирант А7-36,

О.А. Брылев, студент г. 8Е71

Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр.Ленина,30,

тел. 8(913)879-71-89

E-mail: eai13@tpu.ru

В связи с развитием технологий и промышленности происходит постепенный выход мобильных автономных робототехнических систем из «тепличных», комнатных условий в «суровые», естественные. Причем в таких условиях сложность систем управления значительно увеличивается, поскольку спрогнозировать воздействие среды практически невозможно. Среди базовых задач для мобильных роботов остается задача навигации, состоящая, как из определения координат мобильного робота по показаниям с бортовой сенсорной системы, так и из планирования пути исходя из трудоемкости движения, выбора оптимального алгоритма движения, обхода препятствий и других [1-4]. Для отработки данных задач была разработана система, состоящая из авторского полигона, имитирующего физически неоднородные условия среды, камеры, установленной над вышеупомянутым полигоном, и одноплатного компьютера Raspberry Pi 3, обрабатывающего изображение с камеры и передающего управляющие воздействия на мобильного робота, движущегося по стенду. Структурная схема системы и внешний вид полигона представлены на рисунке 1.

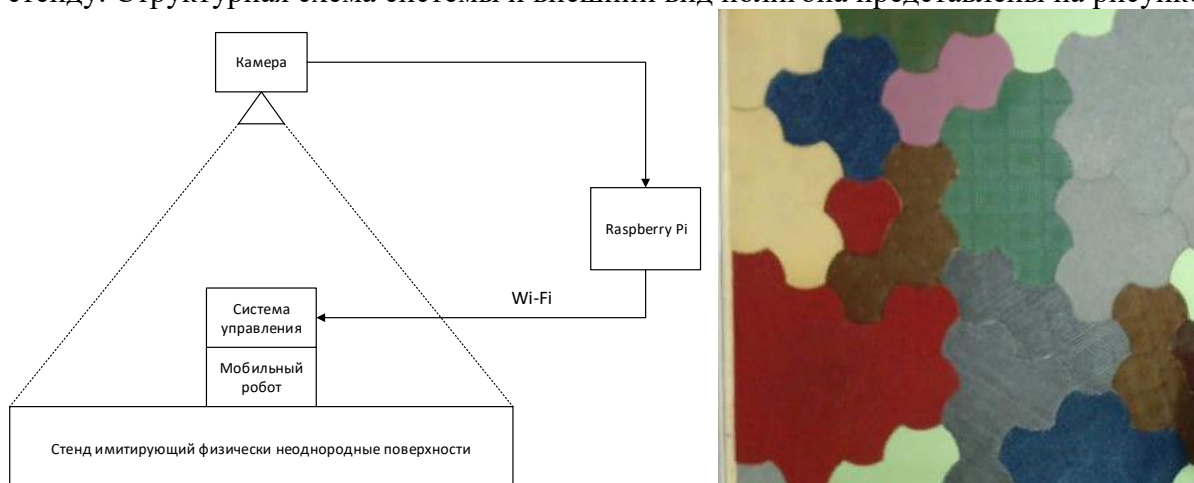


Рис. 1. Структурная схема системы и внешний вид стенда

В работах [5,6] группа авторов разработала систему определения координат и угловой ориентации мобильного робота с возможностью определения типов подстилающей поверхности. В данной работе была поставлена задача определения оптимальной траектории движения мобильного робота по физически неоднородным поверхностям с учетом их проходимости.

Исходя из предыдущих исследований, авторами была задана следующая трудоемкость поверхностей: 1 – светло-серая поверхность, 2 – розовая и светло-зеленая, 3 – зеленая, 4 – бежевая, синяя, темно-зеленая, 5 – серая, коричневая, 10 – красная.

Для определения траекторий был разработан алгоритм, сегментирующий изображения полигона на участки, каждый из которых обладает собственными свойствами проходимости, и определяющий центры каждого из этих участков. После этого осуществляется построение взвешенного графа, плечи которого соединяют различные центры поверхностей. Далее определяется трудоемкость прохождения каждого из плеч. Это реализовано следующим образом: каждому пикселю, принадлежащему данному плечу графа присваивается значение трудоемкости, исходя из трудоемкостей поверхностей, после чего эти значения суммируются.

Поскольку траектория представляет собой некоторую последовательность плеч графа, то результирующая трудоемкость траектории получается путем сложения трудоемкостей прохождения всех плеч внутри траектории. Примером результата работы алгоритма построения траектории служат данные из таблицы 1. Красным цветом отображена наиболее оптимальная, с точки зрения трудоемкости, траектория, а синим – кратчайшая, с точки зрения длины, траектория. Таблица 1 представлена ниже.

Таблица 1. Примеры построения траекторий

| Изображение траекторий | Длина траектории (в пикселях) | Трудоемкость прохождения (в очках трудоемкости) |
|---|---|---|
|  | <p align="center">Красная – 617 Синяя – 259</p> | <p align="center">Красная – 1360 Синяя – 1634</p> |

Таким образом, результатом работы стал алгоритм, выдающий оптимальную траекторию для передвижения робота по физически неоднородной поверхности с учетом их проходимостей. Данный алгоритм может быть использован в качестве опорной базы для исследований в области навигации мобильных платформ.

Список литературы:

1. Howard A., Seraji H., Werger B. Fuzzy terrain-based path planning for planetary rovers // IEEE International Conference on Fuzzy Systems. , 2002.
2. Zhou L., Yang L., Tang H. Research on path planning algorithm and its application based on terrain slope for slipping prediction in complex terrain environment // 2017 International Conference on Security, Pattern Analysis, and Cybernetics, SPAC 2017. , 2018.
3. Iwasa M., Toda Y., Kubota N. The return way path planning of an autonomous mobile robot considering traveling risk of the road // Proceedings - 2018 Joint 10th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems and 19th International Symposium on Advanced Intelligent Systems, SCIS-ISIS 2018. , 2018.
4. Guo Y. и др. Optimal path planning in field based on traversability prediction for mobile robot // 2011 International Conference on Electric Information and Control Engineering, ICEICE 2011 - Proceedings. , 2011.
5. Andrakhanov A., Belyaev A. Navigation learning system for mobile robot in heterogeneous environment: Inductive modeling approach // Proceedings of the 12th International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies, CSIT 2017. , 2017.
6. Andrakhanov, A.; Belyaev, A. GMDH-Based Learning System for Mobile Robot Navigation in Heterogeneous Environment. In Advances in Intelligent Systems and Computing; Shakhovska, N., Stepashko, V., Eds.; Springer:Cham, Switzerland, 2018; Volume 689, pp. 1–20.

СЛЕДЯЩИЙ АСИНХРОННЫЙ ПРИВОД ГЛАВНОГО ДВИЖЕНИЯ МЕТАЛЛОРЕЖУЩЕГО СТАНКА

*С.Н. Кладиев, к.т.н., доц.,
И.А. Примочкин, студент гр. 5А7К
Томский политехнический университет, 634050, г.Томск, пр.Ленина,30,
E-mail: iap27@tpu.ru*

Иновационные многофункциональные станки, а также промышленные роботы оборудованы многодвигательными электроприводами, которые осуществляют перемещение исполнительных органов по нескольким координатным осям (рис. 1).

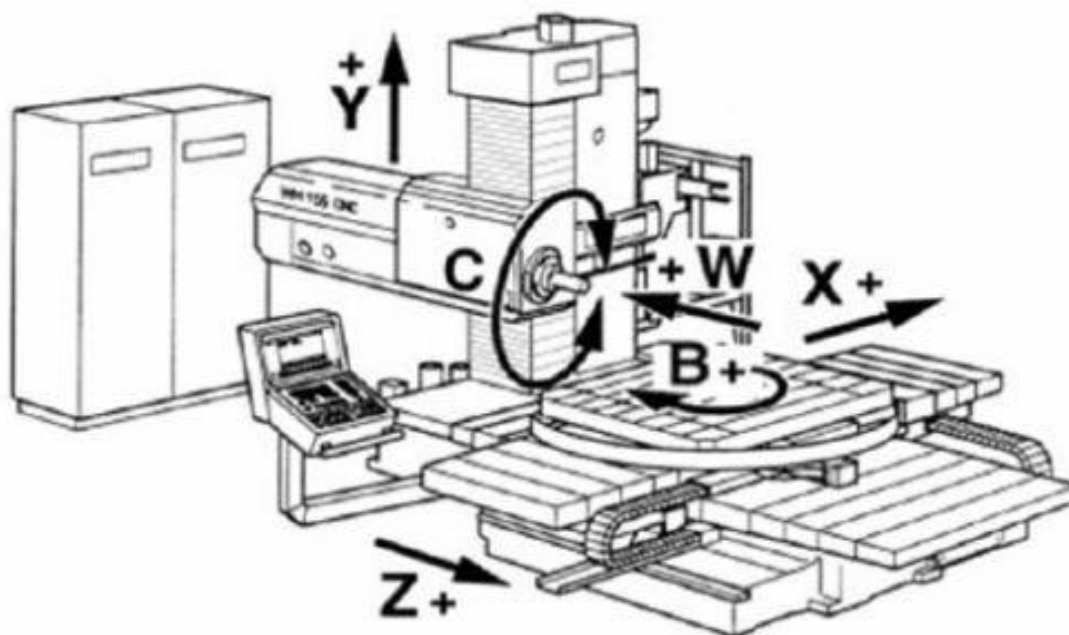


Рис. 1. Система приводов фрезерного станка с ЧПУ

Управление работой станка с ЧПУ производится с применением типовых систем, вырабатывающих указания в соответствии с установленной в цифровой форме программой. Создание высокопроизводительных микроконтроллеров, а также однокристальных микрокомпьютеров, составляющих программируемое ядро ЧПУ, что предоставило возможность автоматического выполнения множества геометрических и технологических операций с их помощью, а также осуществлять прямое цифровое управление системой электроприводов и электроавтоматикой.

Современный электропривод главного движения металлообрабатывающих станков с ЧПУ с возможностью регулирования преимущественно выполняется на базе асинхронных двигателей, у которых обмотка ротора короткозамкнутая, этому поспособствовало множество факторов, среди которых следует отметить улучшение базы элементов силовой и информационной электроники.

Регулирование режимов двигателей переменного тока осуществляется посредством изменения частоты питающего напряжения с помощью силового преобразователя, осуществляющего наряду с регулированием частоты изменение и других параметров. Характеристики следящего электропривода в значительной степени зависят от эффективности встроенной САУ. Применение высокопроизводительных микроконтроллеров предоставило широкие возможности организации систем управления электроприводом.



Рис. 2. Типовая структура управления асинхронным двигателем с использованием преобразователя частоты

Контроллер привода генерирует числовые последовательности для силового коммутатора, осуществляющего регулирование режима работы электродвигателя. Контроллер автоматики обеспечивает требуемые характеристики в режимах пуска и торможения, а также автоматическую настройку и защиту оборудования.

Аппаратная часть вычислительной системы также содержит: - аналого-цифровые и цифроаналоговые преобразователи для ввода сигналов с датчиков и управления их работой;

- модули ввода и вывода аналоговых и цифровых сигналов, оснащенные интерфейсным оборудованием и кабельными разъемами;
- интерфейсные блоки, осуществляющие внутренние межмодульные передачи данных и связи с внешним оборудованием.

Большое количество вводимых разработчиком параметров настройки преобразователя частоты с учетом подробных данных конкретной электродвигателя обеспечивают заданные процедуры управления, среди которых можно отметить:

- многоступенчатое регулирование скорости,
- верхнее и нижнее ограничение частоты,
- ограничение крутящего момента,
- осуществление торможения с использованием подачи постоянного тока в одну из фаз двигателя,
- защита от перегрузки по току и от перегрева, обеспечение режим экономии электроэнергии

Список литературы:

1. Васильев В.Л. Оборудование и станки с чпу: учебное методическое пособие – Л. / В.Л. Васильев, В.А. Прокопенко, А.И. Федотов. — Ленинград: ЛПИ, 1990. — 191 с.
2. Кенио Т., Шаговые двигатели и их микропроцессорные системы управления. / Т. Кенио. — Москва: Энергоатомиздат, 1987. — 200 с.

ЭЛЕКТРОПРИВОД РОТОРА БУРОВЫХ УСТАНОВОК

С.Н. Кладиев, к.т.н., доц.,

А.А. Широков, студент гр. 5А7К

Томский политехнический университет, 634050, г.Томск, пр.Ленина,30,

E-mail: aas247@tpu.ru

Основным способом проходки нефтяных и газовых скважин в настоящее время является вращательное бурение. Долото, находящееся на нижнем конце колонны бурильных труб (КБТ) и создающее усилие на забой скважины за счет части веса КБТ, при его вращении разрушает породу и обеспечивает углубление скважины.

Основным наземным механизмом для привода долота является буровой ротор. Важная особенность наземных приводов КБТ и долота состоит в том, что скорость привода может достаточно просто регулироваться различными способами (с помощью механических многоскоростных передач, регулируемого электропривода и т.д.).

Передача энергии долоту с поверхности через наземные передаточные механизмы КБТ вызывает значительные потери мощности и сильно снижает КПД всего процесса бурения, особенно когда глубина скважины достигает 4—5 тыс. м.

В процессе бурения неоднородных пород момент сопротивления на долоте непрерывно меняется. Наиболее сильно колебания момента выражены при долотах режущего типа, меньше — при шарошечных долотах. Колебания момента сопротивления на долоте передаются по колонне бурильных труб приводному двигателю ротора в виде упругих волн кручения, продольных колебаний и других возмущений, распространяющихся в стальных трубах со скоростью около 3 км/с.

В результате отражения волн кручения, вызванных заклиниванием долота, напряжения кручения, могут вызывать поломку КБТ. Исследованиями установлено, что напряжения кручения в колонне бурильных труб при мягкой механической характеристике привода будут меньше, чем при жесткой. Таким образом, с точки зрения ограничения напряжений в КБТ и защиты ее от поломок следует отдавать предпочтение приводу с мягкой механической характеристикой.

При заклинивании долота, когда низ колонны бурильных труб неподвижен, а ротор продолжает вращаться, закручивая трубы, момент двигателя может достигнуть своего максимального значения. Чтобы ограничить возникающие при этом напряжения кручения в КБТ, следует ограничить момент, передаваемый от двигателя ротору. Этого можно достигнуть, применяя двигатели со сравнительно небольшой кратностью максимального момента или используя в приводе ротора средства ограничения момента.

На основании изложенного выбор привода ротора и его характеристик должен производиться с учетом следующих требований и технологических особенностей:

- режим работы привода продолжительный с изменяющимся моментом сопротивления при бурении пород различной твердости;

- привод должен иметь мягкую механическую характеристику на участке от номинального до стопорного режима; стопорный (максимальный) момент должен быть ограничен на уровне 1,6— 1,8 от номинального значения;

- для реализации оптимальных режимов бурения желательно регулирование частоты вращения в широком диапазоне: от 100— 150 об/мин (реже бывает до 200 об/мин) при проходке верхних интервалов скважины и до 20 об/мин на больших глубинах;

- привод должен быть реверсивным, однако реверс неоперативный; в основных рабочих режимах ротор вращается только в прямом направлении (по часовой стрелке), обратное вращение требуется лишь при выполнении некоторых вспомогательных операций и в аварийных режимах, поэтому возможны оперативные переключения с кратковременным перерывом питания.

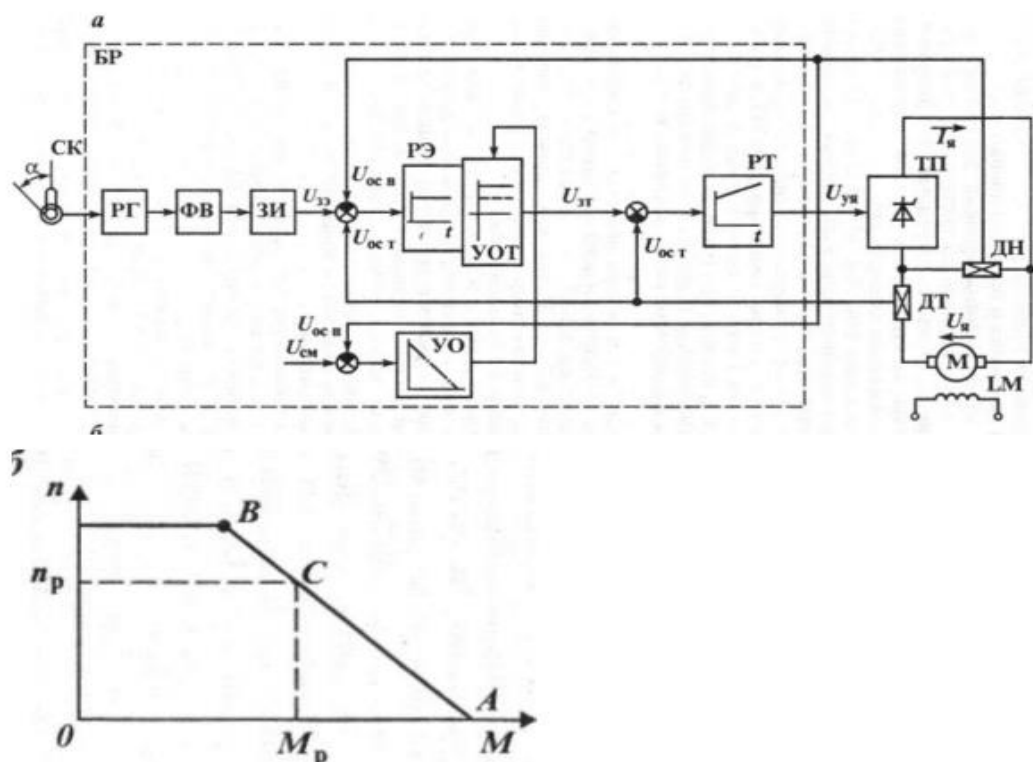


Рис1. Функциональная схема (а) и механические характеристики (б) электропривода ротора, управляемого по системе подчиненного управления

На современных отечественных буровых установках для ротора применяется электропривод по системе ТП — Д, который в полной мере отвечает указанным требованиям. Функциональная схема электропривода ротора изображена на рис, а. Она аналогична схеме управления электроприводом бурового насоса. Отличие состоит в наличии управляемого ограничителя УОТ уровня выходного напряжения регулятора ЭДС и узла управления УО, автоматически изменяющего этот уровень, т.е. сигнал $U_{ст}$ задания тока (момента) двигателя ротора. Благодаря узлу УО в рабочем диапазоне достигается мягкая механическая характеристика электропривода (рис.1). Точке А характеристики соответствует максимальное, а точке В — минимальное значения $U_{ст}$, С — одна из рабочих точек механической характеристики.

Весьма перспективным для ротора является электропривод по системе ПЧ — АД, обеспечивающий значительное снижение динамических нагрузок в КБТ по сравнению с электроприводом по системе ТП — Д, так как момент инерции асинхронного короткозамкнутого двигателя значительно меньше, чем у двигателя постоянного тока.

Исследованиями установлено, что долевое увеличение механической скорости за счет регулирования от рейса к рейсу составляет 1,13, а в процессе одного рейса 1,1 — 1,18, увеличение рейсовой скорости — соответственно 1,09 в первом случае и 1,07—1,13 — во втором.

На буровых установках класса 1 — 4 с электроприводом по системе ТП — Д для ротора применяется электродвигатель сравнительно небольшой мощности (160 — 250 кВт). На установках выше 4-го класса электродвигатель ротора в целях унификации обычно принимается того же типа, как и для буровых насосов, со значительным запасом по мощности.

Список литературы:

1. Электропривод: Учебное пособие. / сост. С. В. Петухов, М.В. Кришьянис. — Архангельск: С(А)ФУ, 2015. — 303 с.
2. Чернышев И. А., Чернышев Т.А. Монтаж, наладка, эксплуатация и ремонт систем электрооборудования и электроснабжения промышленных предприятий. — Издательство ТПУ, 2010.

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА УПРАВЛЕНИЯ ВЕНТИЛЯТОРОМ

Д. Кожуханов, студент гр. 5А7К

С.Н. Кладиев, к.т.н., доц.,

Томский политехнический университет, 634050, г.Томск, пр.Ленина,30,

E-mail: dayan1@tpu.ru

От того, насколько качественным является промышленный вентилятор, зависит работоспособность и эффективность вентиляционной системы. Вместе с тем очень важной при создании такой системы является работа, связанная с установкой, правильной пуско-наладкой и своевременным техническим обслуживанием.

Вентиляторами называются нагнетатели вращательного типа, предназначенные для подачи газов или воздуха при небольшом напоре (до 15кПа) и плотности газов $\rho=1,2$ кг/м³ [1].

В общем случае вентилятор — ротор, на котором определённым образом закреплены лопатки, которые при вращении ротора, сталкиваясь с воздухом, отбрасывают его. От положения и формы лопаток зависит направление, в котором отбрасывается воздух.

Существует несколько основных видов по типу конструкции вентиляторов, используемых для перемещения воздуха: осевые (аксиальные), центробежные (радиальные), диаметральные (тангенциальные), безлопастные (принципиально новый тип).

Также вентиляторы разделяют по способу исполнения: многозональные, центробежные (радиальные), канальные, крышные, потолочные, осевые, оконные.

Центробежные вентиляторы классифицируются следующим образом:

1. По создаваемому давлению:
 - низкого давления (до 1 кПа);
 - среднего давления (до 3 кПа);
 - высокого давления (выше 3 кПа).
 2. По назначению:
 - общего назначения – для перемещения чистого воздуха и неагрессивных газов при температуре 180 °С и воздуха, содержащего пыль в количестве не более 150 мг/м³;
 - для технологических нужд: при перемещении агрессивных сред – винилпластовые; во взрывобезопасном исполнении – алюминиевые; для перемещения воздуха, засоренного механическими примесями – пылевые;
 - дымососы – для перемещения дымовых газов.
 3. По направлению вращения рабочего колеса:
 - правого вращения – если колесо вращается по часовой стрелке;
 - левого вращения – если колесо вращается против часовой стрелки;
 4. по расположению выходного отверстия: верхнее – В; правое – П; левое – Л; нижнее – Н;
 5. по способу привода: на ременной передаче или на одном валу с двигателем.
- Конструктивная схема центробежного вентилятора выглядит следующим образом:

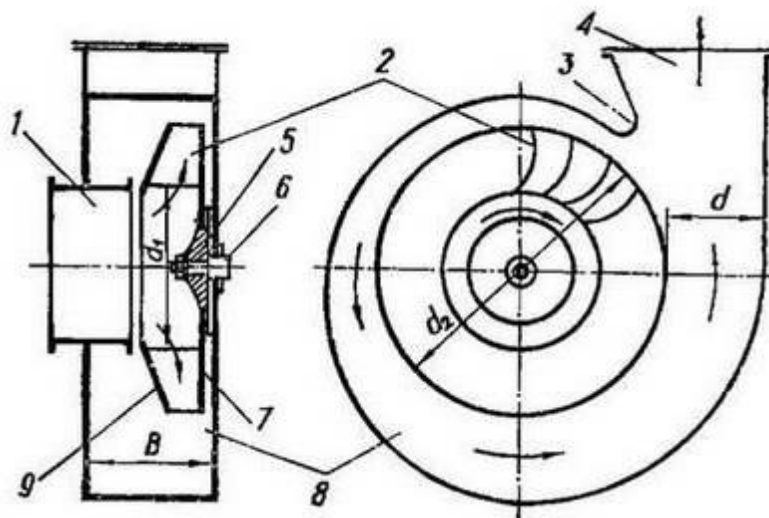


Рис. 1. Конструктивная схема центробежного вентилятора

Воздух поступает в вентилятор через входной патрубок 1 и направляется в рабочее колесо 2, которое состоит из ступицы 5, ведущего диска 7, лопастей и покрывного кольцевого диска 9. Обычно рабочее колесо приводится во вращение при помощи ступицы 5, насаженной на рабочий вал 6, который передает движение непосредственно от двигателя или с помощью трансмиссионной передачи. На ступице смонтирован ведущий диск, к которому прикреплены лопасти рабочего колеса. Со стороны входа на лопастях рабочего колеса крепится покрывной кольцевой диск 9.

Вращающееся рабочее колесо помещается в неподвижный спиральный кожух 8, имеющий на выходе расширяющийся патрубок 4. Воздух или газ, попадающий через входной патрубок 1 в рабочее колесо 2, лопастями отбрасывается с большой скоростью к периферии. Часть этой энергии вследствие силового воздействия лопастей рабочего колеса получается в виде потенциальной энергии давления. Другая часть, в зависимости от степени реактивности рабочего колеса, получается в виде кинетической энергии (скоростного напора).

Воздух, поступающий с большой скоростью из рабочего колеса, тормозится в кожухе вентилятора. При этом скоростной напор преобразуется в потенциальную энергию давления. Спиральная форма кожуха способствует этому процессу. Избыток давления на выходе из вентилятора в патрубке 4 идет на преодоление сопротивлений и противодействия в нагнетательной системе трубопроводов.

Чтобы избежать утечки воздуха, который был подвергнут сжатию в вентиляторе, устанавливают различного типа уплотнения и осуществляют сопряжение входного патрубка вентилятора и входной кромки рабочего колеса с минимальным зазором 1 мм. С этой целью язычок 3 спиральной камеры подводят как можно ближе к внешнему ободу рабочего колеса [1].

Список литературы:

1. Шлипченко З. С., Техніка К. Насосы, компрессоры и вентиляторы. – 1976 – 368 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВНУТРЕННЕГО ТРЕНИЯ МЕТАЛЛОВ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ ВИБРОМЕТРИИ

Ф.Ю. Кузнецов, аспирант гр. А7-24

И.С. Коноваленко, к.ф.-м.н., доцент ООД ШБИП

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

634050 Томск, пр. Ленина, 30

e-mail: kuznetsov_f@mail.ru

Для учета внутреннего трения в металлах обычно используется гипотеза Фойхта [1]. Коэффициент внутреннего трения считается постоянным и не зависящим от частоты и амплитуды. Однако такое представление часто приводит к существенному расхождению математического моделирования вибрационных процессов и экспериментальных результатов [2]. По этой причине разработка и обоснование экспериментальных методов исследования внутреннего трения металлов представляется актуальной научно-технической проблемой. В частности, требуется экспериментально определять коэффициент внутреннего трения конкретного металла или сплава с целью адекватного учета его при математическом моделировании вибраций сложных конструкций.

В настоящем исследовании коэффициенты внутреннего трения металлов определены методом электромеханической виброметрии. Теория метода изложена в монографии [3]. В статье [4] описана экспериментальная установка и приведены результаты нескольких экспериментов с алюминиевыми и медными стержнями. В настоящей работе использована усовершенствованная экспериментальная установка (рис.1), позволяющая получить качественную осциллограмму затухающих поперечных колебаний стержня основной частоты (рис. 2). Это позволяет достаточно точно определить логарифмический декремент затухания и вычислить фактор затухания h_1 .

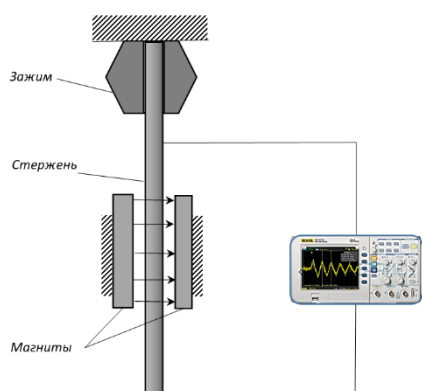


Рис. 1. Схема экспериментальной установки

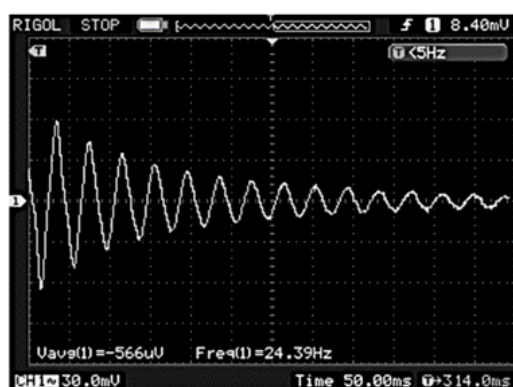


Рис.2. Осциллограмма затухающих колебаний стержня

Фактор затухания поперечных колебаний стержня основной частоты определяется по формуле [4]:

$$h_1 = \frac{1}{2}(\beta + \beta^* p_1^2), \quad (1)$$

где β – коэффициент внешнего демпфирования, зависящий от свойств окружающей среды; β^* – коэффициент внутреннего трения, зависящий от свойств материала стержня; p_1 – собственные циклические частоты незатухающих колебаний стержня.

Из выражения (1) видно, что внутреннее трение является частотно зависимым. Если внешнее механическое сопротивление существенно меньше внутреннего трения, то формула (1) записывается в приближенном виде:

$$h_1 \approx \frac{1}{2} \beta^* p_1^2. \quad (2)$$

Испытания производились на стержневых образцах из сплава АМгб и меди. Образцы имели различные линейные и поперечные размеры, при этом собственные поперечные колебания основной моды совершались с различными частотами. Установлено, что в герцевом диапазоне факторы затухания возрастают с частотой по линейному закону (рис.3 и 5). Зависимость коэффициентов внутреннего трения сплава при этом можно аппроксимировать гиперболическими функциями (рис. 4 и 6).



Рис. 3 Зависимость фактора затухания h_1 сплава АМгб от циклической частоты p_1

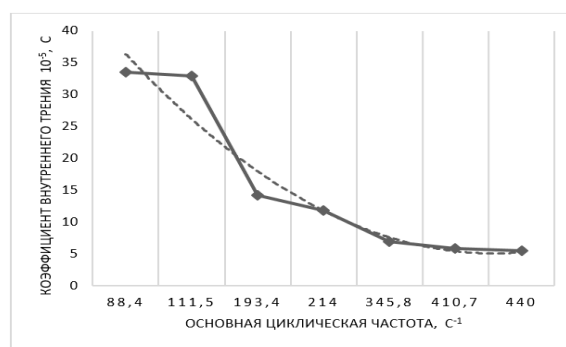


Рис. 4 Зависимость коэффициента внутреннего трения β^* сплава АМгб от циклической частоты p_1

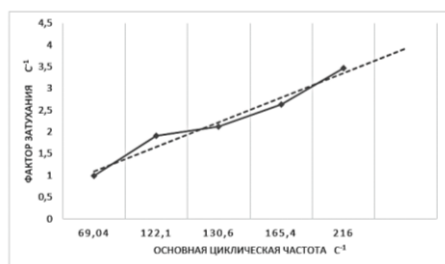


Рис. 5 Зависимость фактора затухания h_1 меди от циклической частоты p_1

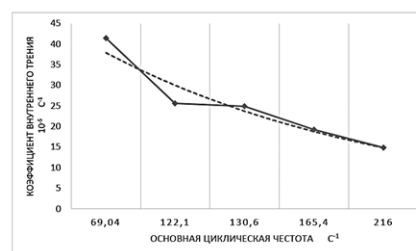


Рис. 6 Зависимость коэффициента внутреннего трения β^* меди от циклической частоты p_1

Выводы:

1. Коэффициент внутреннего трения исследованных материалов убывает по гиперболическому закону с увеличением основной частоты колебаний в герцевом диапазоне при соблюдении условия изохронности.

2. Результаты исследования позволяют уточнить гипотезу Фойхта.

Работа выполнена под руководством профессора Томилина А.К.

Список литературы:

1. Бабаков И.М. Теория колебаний. М.: Наука, 1968. 560 с.
2. Софинский А.Н. Система отработки вибропрочности: опыт применения и перспективы развития // Космическая техника и технологии. 2016. №1(12). С. 12-21.
3. Томилин А. К. Колебания электромеханических систем с распределенными параметрами. Изд-во ВКГТУ. Усть-Каменогорск. 2004. 286с.
4. Кузнецов Ф.Ю. Электромагнитный способ частотного анализа поперечных колебаний стержня // Вестник Томского государственного университета. Математика и механика. 2020, № 66. С.112-120. DOI: 10.17223/19988621/66/9

$$\varphi_i = \arcsin\left(\frac{-2S \cdot B + 2\sqrt{S^2 \cdot B^2 - (S^2 + C^2)(B^2 - C^2)}}{2(S^2 + C^2)}\right), \quad i = x, y$$

$$R^2 + (r \cdot \sin\alpha_i - r \cdot \sin\alpha_{i_0} + A)^2 - l^2 + h^2 = B, \quad i = x, y$$

$$-2R \cdot (r \cdot \sin\alpha_i - r \cdot \sin\alpha_{i_0} + A) = S, \quad i = x, y$$

$$2R \cdot h = C$$

Основываясь на линеаризации модели (1), был синтезирован линейно-квадратичный регулятор [2]. Переходные процесс в режиме стабилизации нулевого положения представлены на рисунке 2.

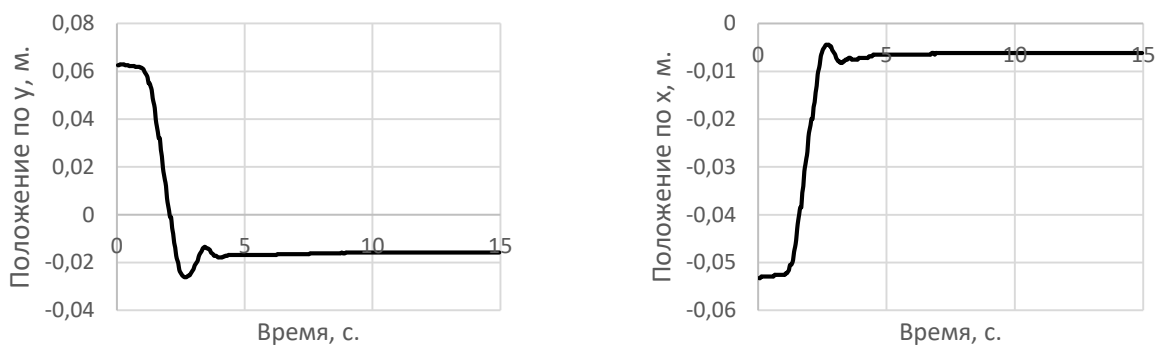


Рис. 2. Переходные процессы в системе при стабилизации нулевого положения

В таблице 1 представлены собственные числа системы, в зависимости от R при Q равном единичной матрице I. Как видно из таблицы, при переходе от опыта 2 к 3 быстродействие системы не меняется.

Таблица 1 – Собственные числа системы при разных R

| № опыта | R | Собственные числа |
|---------|-------|--|
| 1 | 10·I | [-1.17, 0.95±0.99i, -0.98, -1.17, -1.05±1.09i, -0.98] |
| 2 | I | [-334.9, -1.01±1.02i, -1, -334.9, -1.11±1.12i, -1] |
| 3 | 0.1·I | [-1047, -1.01±1.02i, -1, -1047, -1.11±1.12i, -1] |

Таким образом, линейно-квадратичный регулятор применим в задачах управления неполноприводными системами, однако есть ограничения на его работу, в частности ограниченное быстродействие и невозможность реализовать траекторию движения в фазовом пространстве, противоречащую динамике системы.

Список литературы:

1. Z. Tian, H. Wu and C. Feng, "Hierarchical adaptive backstepping sliding mode control for underactuated space robot," *2010 2nd International Asia Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics (CAR 2010)*, Wuhan, 2010, pp. 500-503, doi: 10.1109/CAR.2010.5456786.,
2. Ким Д. П. Теория автоматического управления. Т.2. Многомерные, нелинейные, оптимальные и адаптивные системы – 2-е изд. Испр. И доп. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2016. – 440 с. – ISBN 948-5-9221-0858-4.

КОНСТРУКЦИЯ И МЕТОДИКА РАСЧЕТА ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО АМОРТИЗАТОРА

*С.В. Леонов, к.т.н., доц.,
А.А. Комкова, А.П. Прохоренко, студенты гр. 8Е72
Томский политехнический университет, 634050, г.Томск, пр.Ленина,30,
тел.(3822)-701-777
E-mail: Leonov@tpu.ru*

Сегодня мобильная робототехника всё чаще задействована в условиях, где высокая проходимость является определяющим фактором для успешного достижения поставленной цели. Правильно подобранный амортизатор – одна из главных составляющих на пути осуществления этой цели. Амортизатор выполняет широкий ряд задач, связанный с контролем движения, а также с обеспечением комфортабельного перемещения [1].

В поисках перспективных решений проблем надежности, экологичности, бесшумности и топливной эффективности автомобиля, производители создают новые виды двигателей, улучшают конструкции автомобиля и внедряют новые технологии.

Однако даже при установке современных амортизаторов, линия горизонта автономного транспортного средства, при движении по неровному дорожному полотну, будет не статична, а энергия колебания будет рассеиваться в виде тепла в окружающее пространство [2].

Возможным решением описанных проблем, может являться применение электромагнитных амортизаторов, суть которых заключается в использовании силы магнитного поля. Использование подобных технологий в течение последних лет активно прорабатываются различными производителями, но до серийного производства пока ни один из образцов не дошел.

Для наиболее эффективной минимизации негативных последствий неровностей дорожного полотна предлагается использование электромагнитных амортизаторов. После осуществления подробного обзора существующих разработок электромагнитных амортизаторов для автомобилей, можно сделать вывод, что линейка электромагнитных амортизаторов, в основном, состоит из следующих типов: энергоэффективный амортизатор, который преобразует энергию колебаний автомобиля в электрическую энергию; интеллектуальный амортизатор, который представляет из себя линейный электродвигатель с системой управления; амортизаторы с рекуперативным эффектом, способные реализовать рекуперацию возвратно-поступательных колебаний кузова в электрическую энергию, которые, в свою очередь, можно разделить на две группы по типу генератора, применяемого для преобразования механической энергии в электрическую: на основе линейного генератора и на основе вращательного генератора.

Проведённый ранее анализ параметров представленных типов электромагнитных амортизаторов показал, что у каждого из предложенных устройств имеются собственные недостатки, что в процессе их эксплуатации снизит эффективность использования транспортного средства. На основании этого, в представленной работе предлагается электромагнитный амортизатор другого рода и конструкции для имеющегося мобильного робота.

Изобретение относится к области транспортного машиностроения, а именно к подвеске наземных транспортных средств. Электромагнитный амортизатор может быть использован для гашения колебательных движений кузова и преобразования энергии колебания последнего в электрическую энергию, повышая тем самым эффективность энергоустановки.

Для расчета электромагнитного устройства, необходимо в общих чертах представлять его будущие параметры и внешний вид. На рисунке 1 приведен эскиз магнитной системы и схема замещения магнитной цепи.

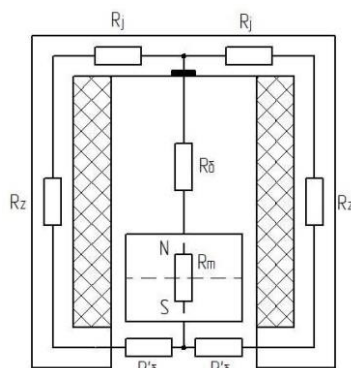


Рис. 1. Эскиз магнитной системы амортизатора и схема замещения

Упрощенная схема замещения магнитной цепи построена с учетом наиболее вероятных путей распространения магнитных потоков (т.е. с учетом потоков рассеяния магнитной системы). Составим расчетные уравнения:

$$\begin{cases} \Phi_1(R_j + R_z + R'_\delta + R_m + R_\delta) - \Phi_2(R_m + R_\delta) = F_\delta - F_m \\ \Phi_2(R_j + R_z + R'_\delta + R_m + R_\delta) - \Phi_1(R_m + R_\delta) = F_m - F_\delta, \end{cases}$$

где F_m, F_δ — МДС полюсной системы и обмотки машины, R_δ, R'_δ — магнитные сопротивления воздушных зазоров, R_z — магнитное сопротивление зубцов, R_j — магнитное сопротивление ярма, R_m — магнитное сопротивление полюса машины, Φ_1, Φ_2 — контурные магнитные потоки.

В результате выполненного электромагнитного расчета и анализа результатов были получены параметры разрабатываемого электромагнитного амортизатора, отражающие работоспособность предложенной конструкции; проработана модель устройства, проанализированы соответствующие результаты, и в итоге улучшена конструкция предлагаемого амортизатора.

Представленное в данной работе устройство позволяет добиться нового качества управления транспортным средством. Он обеспечивает комфорт, отличную управляемость и безопасность при перемещении. Несмотря на высокую первоначальную стоимость продукта, в результате эксплуатации существенно снизится риск аварийных повреждений имеющегося мобильного робота, а значит, возможный ремонт будет менее существенным для бюджета. Это будет достаточно приемлемо по затратам и полностью оправдает их с течением времени.

Список литературы:

1. Вермеюк В.Н., Черепанов Л.А. Проектирование подвески автомобиля. Учебное пособие. – Куйбышев, 1984. – 60с.
2. Бекузин В.И., Асилгужин Р.М. Электромагнитный амортизатор: материалы международной научно-практической конференции. – Издательство: Уфимский государственный авиационный технический университет, 2017. – 54-58 с.
3. Муравлев О.П., Леонов С.В., Фокин В.В. Расчёт статических характеристик низкоскоростного синхронного двигателя с концентрацией магнитного потока // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. – 2009. – № 6. – С. 32-35.

ПРИМЕНЕНИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЧАСТОТЫ И ДАТЧИКА ТОКА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ВЕНТИЛЬНЫМ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕМ

*П.М. Момот, студент гр. 5А7Ж
А.А. Шилин, д.т.н., профессор,
Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр.Ленина,30,
тел.(3822)-444-555
E-mail: pmm2@tpu.ru*

Вентильные электродвигатели используют в гироскутерах, гирокоптерах, в качестве серводвигателей ЧПУ станков, и других системах, где необходим большой диапазон регулирования. Вентильные электродвигатели актуальны, за счет отсутствия коллекторного узла, что уменьшает требования в обслуживании данного типа двигателей. Так же вентильные электродвигатели издаю́т намного меньше шума, чем другие типы двигателей, что позволяет применять данный вид двигателя в системах, нуждающихся в постоянной вентиляции. Для организации управления вентильным электродвигателем необходимо знать положение ротора относительно статора, чтобы включить нужную статорную обмотку и создать максимальный электромагнитный крутящий момент. Эту задачу можно решить, применением датчика тока. По форме тока можно определить на какую фазу в данный момент нужно подать электрический ток. На рис. 1 приводится форма токов, снятых с реального вентильного электродвигателя А2212/13Т, при этом вал двигателя имел угловую скорость, а обмотки обесточены (измерения проводятся в специально отведенные паузы в процессе работы системы управления). Как только ток одной из обмоток достигает своего максимума (значит ток в этой обмотке не создаст электромагнитный момент и даже может остановить вал двигателя), подается питание на следующую обмотку. Порядок включения фаз приведен в таблице 1 [1]. При проектировании системы управления, нужно учитывать, что время измерительных пауз системы управления должно быть много меньше времени работы и коммутации силовых ключей. Измерения должны производиться только после полного запаривания силовых ключей, чтобы датчик тока получал только токи, наведённые магнитным полем постоянных магнитов. Преобразователь частоты применяется с целью обеспечить номинальную частоту вращения вентильного электродвигателя, большой диапазон регулирования, плавный пуск без бросков тока и представляет собой три полумоста, средние точки которых подключены к обмоткам вентильного электродвигателя. При проектировании преобразователя частоты нужно учитывать особенности управляющих ключей (транзисторов), а именно время коммутации, чтобы не осуществить короткое замыкание полумостовой схемы. Важно правильно выбрать конденсатор вольтодобавки, чтобы он не успевал разряжаться за время, пока верхний ключ полумоста находится в открытом состоянии. Алгоритм чередования ключей должен обеспечивать порядок коммутации обмоток двигателя, приведенный на рис. 1. Была сформирована модель системы управления ключами трех полумостов с целью создать вращающееся магнитное поле. На рис. 2 приводится график чередования токов в обмотках двигателя, и как видно, фазы сдвинуты друг относительно друга на сто двадцать электрических градусов. Также по рис. 2 видно, что управлять угловой частотой вращения двигателя и электромеханическим моментом можно изменяя период импульса, длительность импульса и величину питающего напряжения. Величина питающего напряжения изменяется, изменением скважности импульсов широтно-импульсной модуляции, управляющей верхним плечом мостового драйвера, скважность этих импульсов не может быть больше 0,9 о.е., что необходимо для обеспечения подзарядки вольтодобавочного конденсатора. Связав преобразователь частоты с датчиками тока при помощи микроконтроллера можно обеспечить жесткую механическую характеристику двигателя.

Таблица 1. Порядок включения фаз

| Очередь | Плюс питания | Минус питания |
|---------|--------------|---------------|
| 1 | V | W |
| 2 | U | W |
| 3 | U | V |
| 4 | W | V |
| 5 | W | U |
| 6 | V | U |

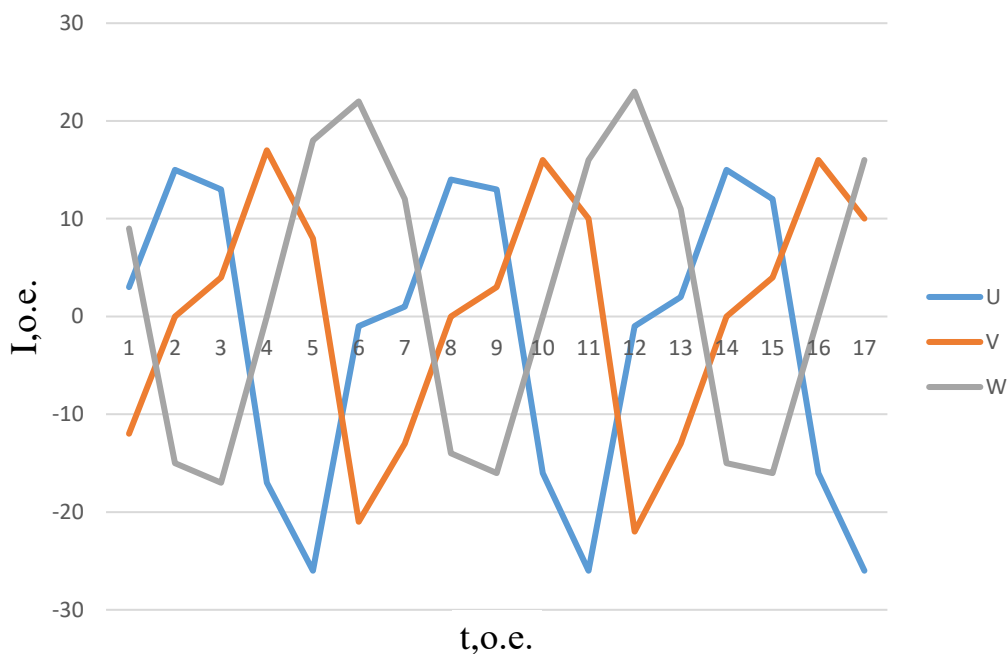


Рис. 1. Токи в обмотках А2212/13Т.

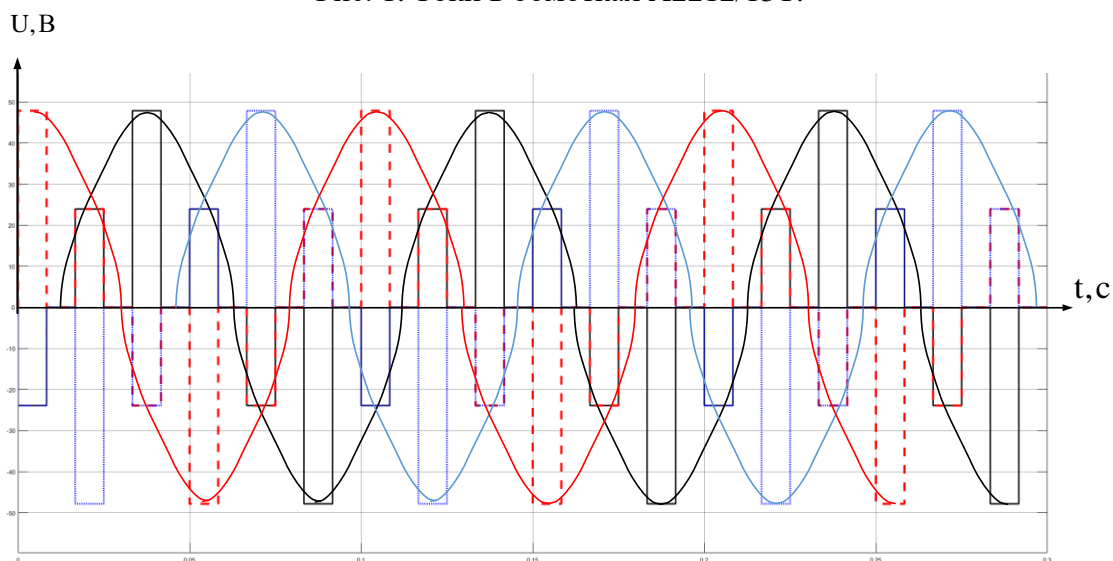


Рис. 2. Токи в обмотках А2212/13Т

Список литературы:

1. Датчики Холла для бесколлекторного двигателя: возвращение квадратурных энкодеров [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/354086/>.

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ДЛЯ ПИТАНИЯ ДВИГАТЕЛЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА ЭЛЕКТРОБУСА

Н.А. Парамонов, студент группы 5А7К,

С.Н. Кладиев, к.т.н., доц.,

Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр.Ленина,30,

E-mail: nar31@tpu.ru

В настоящее время остро стоит проблема загрязнения окружающей среды автотранспортом. Именно поэтому происходит активный переход от двигателей внутреннего сгорания к электродвигателям. Для исследования взят электробус с двигателем постоянного тока. Электрические автобусы -совсем молодая категория автотранспорта, которая только начинает свое развитие. Их появление вполне может изменить отрасль пассажирских перевозок. Прежде всего, это коснется скорости передвижения, поскольку уже существующие прототипы в несколько раз быстрее и мощнее любого из дизельных аналогов. Также, этот городской вид транспорта позволит существенно улучшить качество жизни в крупных мегаполисах, заменив старые и вредные автобусы прошлого.

Эксплуатация электрического транспорта в городских условиях характеризуется чередованием режимов разгона, выбега и торможения, преодоления спусков и подъемов, кратковременных стоянок (заторы, светофоры). В этих условиях он работает практически при постоянном изменении управляющего воздействия. Для тягового привода электрического транспорта критерием оптимальности могут быть минимальные потери, так как таким образом увеличивается пробег подвижного состава в течение одного цикла разряда аккумуляторной батареи. Решающим критерием при выборе типа электропривода является наиболее полное использование энергии аккумуляторной батареи. Электрическое торможение с рекуперацией энергии в аккумуляторную батарею наиболее просто и эффективно достигается в двигателях постоянного тока с независимым возбуждением. Эффективность процесса рекуперативного торможения зависит от многих факторов: типа транспортного средства, электрического двигателя, аккумуляторных батарей (АБ) [2]. Общеизвестно, сложностью для электрического торможения на автономном транспорте по-прежнему остается ограничение по току зарядки АБ. Она просто не может быстро принять в себя всю ту энергию, которую способны произвести электродвигатели. Токи заряда и разряда определяются емкостью АБ. Принимается, что ток заряда не должен превышать 20-30% от емкости АБ. Если зарядный ток становится больше данного значения, это может привести к снижению срока службы аккумулятора. Схемное решение цепи питания тягового двигателя постоянного тока приведено на рис. 1. Оно включает в себя двигатель постоянного тока с независимым возбуждением, конденсатор, обратный диод и транзисторный ключ.

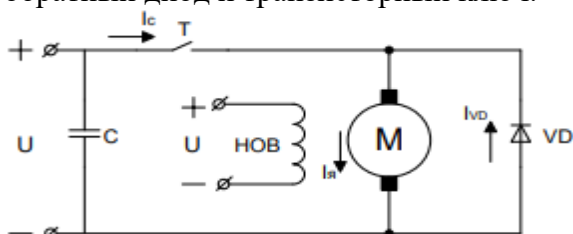


Рис. 1. Схема импульсного управления

где М – двигатель постоянного тока; НОВ – независимая обмотка возбуждения; U – напряжение; VD – обратный диод; С – конденсатор; Т – транзисторный ключ

Наиболее простой метод регулирования скорости вращения двигателя постоянного тока основан на использовании широтно-импульсной модуляции (ШИМ). Суть этого метода заключается в том, что напряжение питания подается на двигатель в виде импульсов. При этом

частота следования импульсов остается постоянной, а их длительность может меняться. Основной частью широтно-импульсного преобразователя (ШИП) является полупроводниковый ключ. В современных преобразователях чаще применяют транзисторные ключи (Т). Принцип действия ШИП показан на рис. 2. Благодаря периодическому замыканию ключа Т на якорь двигателя подаются импульсы напряжения, и ток в якоре колеблется. Из сети потребляется импульсный ток [1].

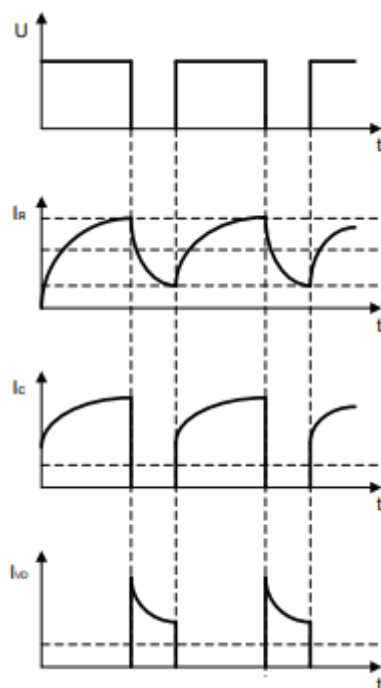


Рис. 2. Временные диаграммы напряжения и токов

В период, когда электронный ключ открыт, питающее напряжение полностью подается на двигатель, ток якоря увеличивается, двигатель развивает крутящий момент, частота вращения якоря двигателя при этом возрастает; когда электронный ключ закрыт, ток вследствие запаса электромагнитной энергии продолжает протекать в том же направлении, но через обратный диод. При этом он уменьшается, момент двигателя уменьшается, и угловая скорость вращения падает. Широтно-импульсное регулирование, как известно, позволяет уменьшить массогабаритные показатели фильтрового устройства в электрической схеме силовых цепей по сравнению с другими способами регулирования (частотном и комбинированном) [3]. Как показали исследования, при использовании в качестве элементной базы транзисторов его массогабаритные показатели практически не отличаются от преобразователя с частотным способом управления. Кроме того, использование транзисторных ключей позволяет относительно просто реализовать схемное решение токоограничивающего элемента для заряда аккумулятора в период рекуперативного торможения.

Вместе с тем, режим рекуперации на высоких оборотах не исключает необходимость дополнения схемы конденсатором. Дальнейшее исследование предполагает разработать методику расчета емкости такого конденсатора.

Список литературы:

1. Бирюков В.В. Импульсные системы управления транспортными средствами: учебник в 2 ч. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2018 – 212 с.
2. Вольдек А.И. Электрические машины. Введение в электромеханику. Машины постоянного тока и трансформаторы: учебник для вузов. – СПб.: Питер, 2008. – 320 с.
3. Борисов Ю.М. Электротехника: учебник для вузов. – СПб.: БХВ Петербург, 2012. – 592 с.

РАЗРАБОТКА МЕХАТРОННОГО МОДУЛЯ ДЛЯ МОБИЛЬНОГО РОБОТА ПОВЫШЕННОЙ ПРОХОДИМОСТИ

Н.И. Поберезкин, студент гр. 8ЕМ02

Томский политехнический университет, 634050, г.Томск, пр.Ленина,30,

тел. (3822)-606-333

E-mail: nip6@tpu.ru

На сегодняшний день существует необходимость функционирования роботов в условиях внешней среды, потому роботам с высокой проходимостью уделяется большое внимание. Поскольку управление шагающими роботами значительно сложнее они распространены меньше, именно поэтому в рамках данной работы было принято решение о разработке мобильной робототехнической платформы шагающего типа для исследования и отработки алгоритмов управления.

Перед началом, необходимо определиться с формой корпуса и движителя, вместе они влияют на возможность реализации алгоритмов локомоции и выполнения различных движений. Есть большое количество видов шагающих конструкций, более подробно они расписаны в [1], однако в данной работе была выбрана гексапедальная конструкция, поскольку она обладает большей устойчивостью в момент передвижения по неровным поверхностям. Поскольку на данный момент среди движителей имеется большое разнообразие, то при выборе, для разрабатываемой робототехнической платформы, необходимо основываться на параметрах проходимости, скорости и устойчивости. Учитывая это, был выбран движитель в форме дуги со смещённой осью вращения, так как он имеет всего одну степень свободы, что позволяет увеличить скорость передвижения, упростить алгоритм передвижения и снизить нагрузку на систему управления. Схематичное изображение движителя с расстановкой сил, действующих на него, представлено на рисунке 1а.

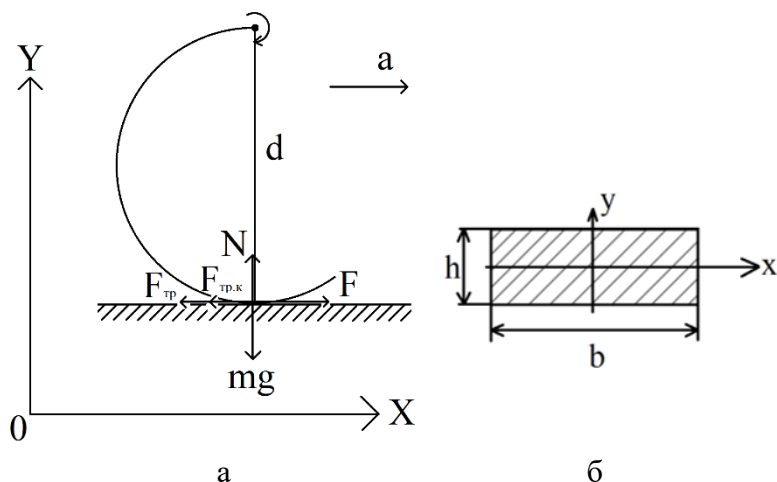


Рис. 1. Схематичные изображения: а) движитель; б) сечение движителя

Для выбора двигателя необходимо задаться конструктивными и скоростными характеристиками. В связи с тем, что платформа должна быть мобильной, была принята масса платформы в 6 кг, скорость передвижения 1,5 м/с, диаметр дуги движителя 10 см, исходя из этих данных можно рассчитать мощность двигателя, необходимый развиваемый момент на валу и частоту вращения. Используя второй закон Ньютона и учитывая силы, указанные на рисунке 1а, были получены необходимые значения, которые представлены в таблице 1, а также выбраны привод и редуктор от компании Махон, характеристики мотор-редуктора, получившегося в результате комбинации двигателя и редуктора, представлены в таблице 1.

Таблица 1. Полученные значения и характеристики мотор-редуктора.

| Наименование | Полученные значения | ЕС 45 + GP 32 HP |
|--------------|---------------------|------------------|
| М, Н · м | 4,2 | 4 |
| Р, Вт | 58,8 | 50 |
| n, об/мин | 143 | 187 |

Выбранный двигатель является бесколлекторным двигателем постоянного тока, который в своём составе имеет встроенные датчики Холла, с помощью которых возможно отслеживание скорости и направления вращения. Для управления выбранным двигателем было решено использовать готовое решение от той же компании, от которой был выбран двигатель. Был выбран силовой контроллер EPOS4, поскольку он включает в себя регулятор положения, тока и скорости, что позволит снизить время разработки данной робота.

Следующим шагом стал расчёт движителя на изгиб, выбор сечения и материала из которого он будет изготовлен. Для расчёта было использовано условие прочности:

$$\sigma_{\text{макс}} = \frac{M_{\text{макс}}}{W_x} \leq [\sigma] \quad (1)$$

где $\sigma_{\text{макс}}$ – максимальное нормальное напряжение, МПа;

$M_{\text{макс}} = N \cdot r$ – максимальный изгибающий момент, Н·м;

$W_x = \frac{b \cdot h^2}{6}$ – осевой момент сопротивления сечения, м³ (рисунок 1б).

Используя это условие, для сечения с толщиной 6 мм и длиной 20 мм, было получено значение максимального напряжения, которое составляет 12,5 МПа. Из источника [1] известны пределы прочности для распространённых материалов. Было решено использовать пластик ПЭТГ и технологию 3D печати. При сравнении рассчитанное значение должно быть меньше, чем табличное значение. В данном случае получается $12,5 < 35$ МПа, это показывает, что выбранное сечение допустимо и материал удовлетворяет условиям прочности. Выполненные расчёты были проверены с помощью моделирования в программном пакете Autodesk Inventor 2018.

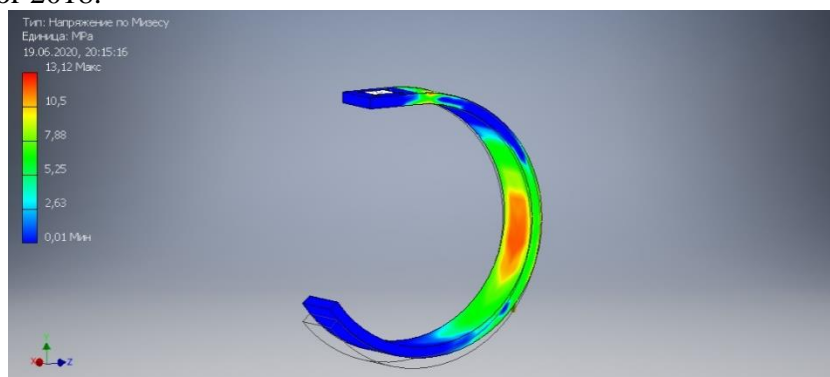


Рис. 2. Моделирование движителя на изгиб

На рисунке 2 показаны области максимально подверженные изгибу, слева показана шкала напряжений на которой видно, что максимальное напряжение составляет 13,12 МПа, что подтверждает правильность аналитических вычислений.

Список литературы:

1. Луцкий В.А. – ВКР «Исследование адаптивных алгоритмов передвижения шестиногого шагающего робота» // Москва, Издательство: Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Факультет информационных технологий и вычислительной техники, 2013 год. Стр. 19-20.
2. Механические свойства. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://remont.townevolution.ru/books/item/f00/s00/z0000000/st004.shtml> свободный. Дата обращения: 19.05.2020.

СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ 2-Х СТЕПЕННЫМ ПЕРЕВЕРНУТЫМ МАЯТНИКОМ НА ТЕЛЕЖКЕ

О.Ю. Суменков, студент г.8Е72,

А.С. Беляев, аспирант г А7-36,

Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр.Ленина,30,

тел. .(9021)-650-779

E-mail: oys5@tpu.ru

Стабилизация положения перевернутого маятника на тележке является одной из самых распространенных задач в современной теории автоматического управления, поскольку представляет собой неустойчивую нелинейную систему, у которой часть степеней свободы не управляется напрямую. Такие сложности системы приводят к тому, что простые регуляторы [1], например, ПИД не обеспечивает необходимые переходные характеристики, поскольку для стабилизации положения маятника необходимы минимальное перерегулирование и время переходного процесса.

Наиболее распространенными методами, применяемыми для решения данной задачи, являются: модальный регулятор (*Modal regulator*), линейно-квадратичный регулятор (*LQ regulator*) [2], регуляторы, основанные на методах искусственного интеллекта: нейронных сетей (*Neural networks*) [3], нечеткой логики (*Fuzzy logic*) [4], генетического алгоритма (*Genetic algorithm*) [5]. Для настройки модального и линейно-квадратичного регуляторов, необходима математическая модель объекта управления, по которой настраивают корни системы стабилизации таким образом, чтобы обеспечить требуемое время переходного процесса и перерегулирование. Однако преимуществом линейно-квадратичного регулятора является его оптимальность, что позволяет ему достичь лучших характеристик чем модальный регулятор [2].

Проведем дополнительное сравнение работы данных регуляторов на примере 2-х степенного маятника на тележке, кинематическая схема которого приведена на рисунке 1.

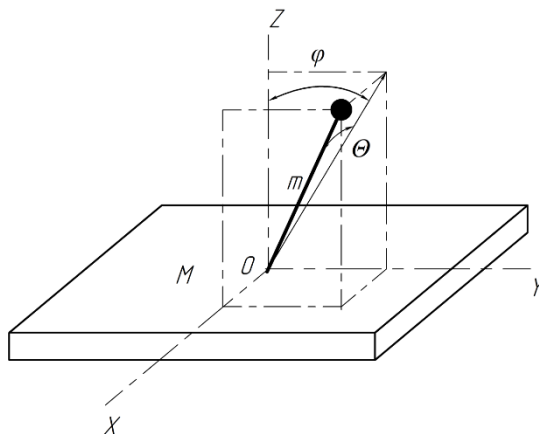


Рис. 1. Схема тележки с перевернутым 2-х степенным маятником

Для получения динамической модели данного объекта опишем кинетическую и потенциальную энергии системы и применим к ним формализм Лагранжа. Тогда полученная система дифференциальных уравнений в матричном виде примет следующий вид:

$$M(q(t))\ddot{q} + h(q(t), \dot{q}(t)) = Q;$$

$$M(q(t)) = \begin{bmatrix} M + m & 0 & ml \cos \theta & 0 \\ 0 & M + m & ml \sin \theta \sin \varphi & ml \cos \theta \cos \varphi \\ ml \cos \theta & ml \sin \theta \sin \varphi & ml^2 & 0 \\ 0 & ml \cos \theta \cos \varphi & 0 & ml^2 \cos^2 \theta \end{bmatrix},$$

$$h(q, \dot{q}) = \begin{bmatrix} h_1 \\ h_2 \\ h_3 \\ h_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -ml\dot{\theta}^2 \sin \theta \\ -ml\dot{\theta}^2 \cos \theta \sin \varphi - ml\dot{\varphi}^2 \cos \theta \sin \varphi - 2ml\dot{\theta}\dot{\varphi} \sin \theta \cos \varphi \\ ml^2\dot{\varphi}^2 \cos \theta \sin \theta - mgl \sin \theta \cos \varphi \\ -2ml\dot{\theta}\dot{\varphi} \cos \theta \sin \theta - mgl \cos \theta \sin \varphi \end{bmatrix}, Q = \begin{bmatrix} Fx \\ Fy \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}.$$

Используя данные уравнения, была произведена линеаризация модели в точке вертикального положения маятника. Далее были синтезированы модальный и линейно-квадратичный регулятор, переходные характеристики по всем выходным переменным приведены на рисунке 2.

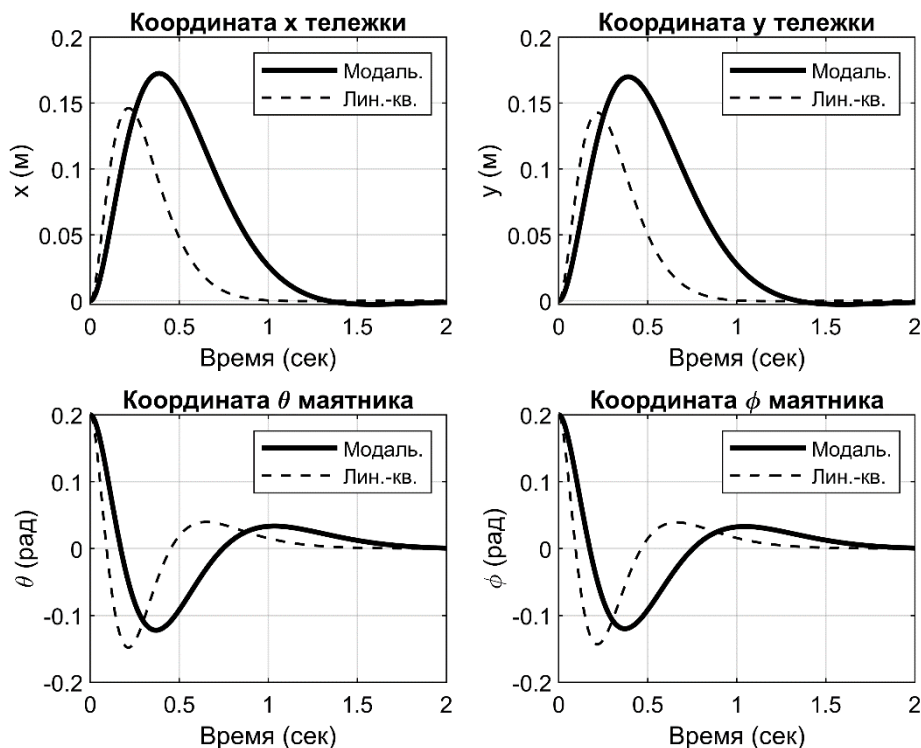


Рис. 2. Графики переходного процесса

По данным графикам видно, что при сопоставимом значении перерегулирования, время переходного процесса линейно-квадратичного регулятора значительно ниже – около 0.4 секунды, т.е. он позволяет добиться более качественного переходного процесса. Тем не менее, оба вида регулятора могут быть применены к данной задаче.

Список литературы:

1. Lim Y. Y., Hoo C. L., Wong F., Myan Y. Stabilising an Inverted Pendulum with PID Controller // MATEC Web of Conferences. – 2018 – Vol. 152 – p. 1-14
2. Kumar V. E., Jovitha J. Robust LQR Controller Design for Stabilizing and Trajectory Tracking of Inverted Pendulum // International Conference on Design and Manufacturing. Procedia Engineering. – 2013 – Vol. 64. – p. 169-178
3. Wu Q. H., Hogg B. W., Irwin G. W. A Neural Network Regulator for Turbogenerators // IEEE Transactions on Neural Networks. – 1992 – Vol. 3. – № 1. – p. 95-100
4. Ray G., Das S. K., Tyagi B. Stabilization of inverted pendulum via fuzzy control // Journal of The Institution of Engineers – Electrical Engineering. – 2007 – Vol.88. – p. 58-62
5. Mansoor H., Bhutta H. A. Genetic Algorithm Based Optimal Back Stepping Controller Design For Stabilizing Inverted Pendulum // International Conference on Computing, Electronic and Electrical Engineering. – 2016 – p. 1-5

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ПОГРУЖНОГО ЭЛЕКТРОЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА ДОБЫЧИ НЕФТИ

Т.Е. Халанская, студент группы 5АМ06

С.Н. Кладиев, к.т.н., доц.,

Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр.Ленина,30,

E-mail: boriska70ru@gmail.com

В нынешней экономической ситуации нефтегазовая промышленность России находится в тяжёлом состоянии. С каждым годом запасы залежей нефти и газа исчерпываются, существенно усложняются условия добычи, сокращаются объёмы нефти. Поэтому в настоящее время основной нефтяной фонд состоит из малодебитных скважин номинальной производительностью до 30 м³/сут.

Процесс нефтедобычи в современных условиях сопряжён рядом факторов, которые затрудняют работу оборудования. К основным осложняющим факторам относятся:

- уменьшения количества добываемой нефти из-за снижения дебета скважины, вызванное сокращением поступления пластовой жидкости к электроцентробежному насосу;
- увеличением закачки воды в скважину для поддержания пластового давления с понижением концентрации нефти в добываемой водонефтяной смеси;
- сложностью процесса частотного скалярного пуска электропривода УЭЦН;
- возможностью заиливания электроцентробежного насоса после его отключения;
- крутильных колебаний насосно-компрессорных труб при пуске погружного электродвигателя
- невозможность получать необходимую информацию о состоянии регулируемых координат системы электропривода в реальном масштабе времени.

В совокупности это не позволяет применять векторное частотное управление скоростью погружного электродвигателя для повышения эффективности работы насоса и всего скважинного оборудования.

Стандартный непрерывный режим работы приводит к быстрому износу рабочих органов УЭЦН, а также значительно увеличивается энергопотребление. Исходя из этого увеличивается себестоимость добываемой продукции.

В эксплуатации малодебитных скважин с помощью установки электроцентробежных насосов (УЭЦН) на смену непрерывной эксплуатации пришли такие режимы как периодическая (ПЭС), циклическая (ЦЭС) и кратковременная эксплуатация скважин (КЭС).

ПЭС – «...способ, основанный на чередовании периодов откачки и периодов накопления скважинной жидкости на забое. При таком способе период простоя может колебаться в широких пределах – от 30 минут до 2 часов и дольше, в зависимости от коэффициента продуктивности скважины...» [1].

Применяется ПЭС на поздних стадиях разработки месторождений, когда нефтяная смесь поступает очень медленно [1]. Благодаря такому режиму работы сокращается износ насосного оборудования, а также уменьшается расход электроэнергии.

Одним из основных показателей возможности перевода скважины с постоянной на периодическую эксплуатацию, является показатель абсолютного и относительного снижения текущего дебита. Наиболее эффективно такое решение применять при уменьшении добычи нефти, при этом уменьшается потребление как активной, так и реактивной электроэнергии. Более энергозатратна добыча нефти в скважинах с дебитом менее 2 м³/сут.

При кратковременной эксплуатации скважин кратковременные циклы откачки (3...10 мин.) чередуются с относительно продолжительными периодами накопления (10...60 мин.) жидкости в скважине, т.е. высокопроизводительное оборудование работает в одном из режимов: S2 (кратковременный) или S3 (повторно-кратковременный периодический) по ГОСТ Р 5276-2007 [2].

При таком режиме производительность УЭЦН может меняться в 4...5 раз без увеличения мощности и габаритов насосного оборудования только за счёт изменения продолжительности его рабочего цикла, то есть изменения соотношения времени откачки и накопления [3] жидкости.

ЦЭС является комбинацией периодической и непрерывной эксплуатации скважин УЭЦН с регулируемым электроприводом. При этом с технической точки зрения от известных способов эксплуатации скважин ЦЭС отличается прежде всего регулированием производительности добывающей установки путем изменения [4] соотношения продолжительности откачки жидкости из скважины и продолжительности накопления жидкости в скважине (и развиваемого ею давления) изменением скорости вращения насоса. Все элементы установки работают в кратковременном или циклическом кратковременном режиме, при котором времени работы недостаточно для достижения теплового равновесия с охлаждающей средой.

При неоднократных запусках УЭЦН наработка на отказ оборудования сокращается по причине увеличения частоты воздействия ударных пусковых перегрузок [4]. Ударные пусковые перегрузки устраняются благодаря «мягкому» безударному пуску УЭЦН при помощи преобразователя частоты (ПЧ) [5].

Работа в таком режиме характеризуется чередованием времени откачки нефтяного флюида и временем накопления жидкости в скважине. При циклической работе продолжительность откачки составляет 5...20 минут, что в несколько раз меньше продолжительности накопления жидкости (от 0,5 до 2 часов). Циклическим способом возможно эксплуатировать как малodeбитные (5...30 м³/сут), так и среднедебитные (30...80 м³/сут) скважины. Причем в диапазоне дебитов 30...50 м³/сут, где установки штанговых глубинных насосов (УСШН) работают достаточно плохо, а УЭЦН работают еще достаточно хорошо, преимущества ЦЭС не подлежат сомнению. Также в таком режиме значительно уменьшается скорость износа органов УЭЦН. Это объясняется тем, что оборудование, как и в периодическом режиме, используется только часть календарного времени, а остальное время бездействует (период накопления жидкости) [4].

Использование таких режимов, по сравнению с постоянной эксплуатацией скважин, позволяет улучшить составляющие рентабельности добычи нефти: увеличение дебита на 10-15%, снижение потребления электроэнергии в 2...3 раза, увеличение МРП в 1,5...2 раза и экономия на «удельной» стоимости управляемых УЭЦН.

Список литературы:

1. Якин М.В. Опыт применения технологии геофизических исследований в процессе добычи в скважинах, оборудованных электроцентробежными насосами // Каротажник. 2015. Том 257. № 11. С. 30-47.
2. Кратковременная эксплуатация скважин для добычи вязкой нефти с помощью УЭЦН [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://neftegaz.ru/science/booty/331687-kratkovremennaya-ekspluatatsiya-skvazhin-dlya-dobychi-vyazkoy-nefti-s-pomoshchyu-uetsn/> свободный. – Загл. с экрана. Дата обращения: / 01.10.2020/
3. Кладиев С.Н., Борисенко Т.Е. Особенности работы УЭЦН в осложнённых условиях // Современные проблемы машиностроения: Труды XII Международной научно-технической конференции: Изд-во ТПУ, 2019. – с.93-95.
4. Периодическая эксплуатация УЭЦН [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://studfile.net/preview/5341195/> свободный. – Загл. с экрана. Дата обращения: / 01.10.2020/
5. Цивилев К.В. Эксплуатация скважин в режиме периодического кратковременного включения и разработка рекомендаций по оптимизации работы установки электроцентробежного насоса // Проблемы разработки месторождений углеводородных и рудных полезных ископаемых: научный журнал. Изд-во Пермский национальный исследовательский политехнический университет, 2015. – С. 180-183.

**РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ВИРТУАЛИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА
НА БАЗЕ ИНТЕГРИРОВАННОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ
ЭЛЕКТРОПРИВОДА РОБОТА-МАНИПУЛЯТОРА С ЦИФРОВОЙ СИСТЕМОЙ
УПРАВЛЕНИЯ (PLABIT ROBOTICA)**

И.Ю. Холодilin, аспирант,

Н.В. Савостеенко, аспирант

Южно-Уральский государственный университет, 454080, г. Челябинск, пр.Ленина, 76,

тел. +7 (351) 267-93-21

E-mail: Nikita.epa@gmail.com

Роботы-манипуляторы – это сложные и дорогостоящие технические объекты, которые нашли широкое применение в промышленности. Для корректной работы с ними необходимо владеть навыками программирования, понимать технологический процесс, в который они внедрены, а также иметь глубокие знания в теории электрического привода, автоматического управления и промышленных роботах. Как правило, материально-техническая база ВУЗов не позволяет дать необходимые знания о роботах-манипуляторах, интегрированных в технологический процесс, в связи с их дороговизной, сложной технической оснасткой и большими массогабаритными параметрами, что существенно уменьшает компетентность студентов в этой области.

Таким образом, актуальным является вопрос разработки имитационной среды, необходимой для проектирования специализированных виртуальных лабораторий, в которых студенты могут проводить широкий спектр экспериментов максимально приближенных к реальности.

Существующее программное решение, к примеру, *RobotStudio*, разработанное компанией АВВ, предусматривает множество производственных сценариев, основанных на программировании алгоритмов управления промышленными роботами и в свою очередь погружает пользователя в производственный процесс, за счет реалистичной 3D – графики. Недостатком же является то, что пользователи не имеют возможности взаимодействия с промышленным роботом в полной мере, а именно с электроприводами, которые входят в состав самого промышленного робота [1]. Данного недостатка лишен программный пакет “*Robotics Toolbox*”, который входит в ПО *MatLab* и позволяет использовать математические модели электропривода для управления роботами-манипуляторами, однако данная программа практически лишена визуализации технологического процесса, в который внедрен робот [2, 3].

Современные средства разработки программного обеспечения позволяют разработчикам не только визуализировать технологический процесс, но и интегрировать в него физические законы, в следствии чего он становится максимально приближенным к реальному. За счет чего нами предлагается разработка виртуального технологического процесса, максимально приближенного к реальному, включающего в свой состав робот манипулятор.

Технологический процесс максимально приближенный к реальному, реализован на базе программной среды *Unity* (см. рис.1), позволяющей работать с физическими законами, но данная платформа не совсем подходит для моделирования технических систем. Таким образом, было принято решение разработать математическую модель электропривода робота-манипулятора в программной среде *MatLab* (см. рис.2). Связь между программными продуктами *Unity* и *MatLab*, поддерживающими математический аппарат и реализующие 3D-визуализацию технологических процессов, осуществляется за счет протокола связи *TCP* (см. рис. 3). Таким образом была получена цифровая модель реального технологического процесса

с интегрированной математической моделью электромеханического преобразователя робота-манипулятора.

Также имеется возможность онлайн и оффлайн методов оценки работы системы. Это позволяет проводить мониторинг состояния системы во время выполнения процесса, непосредственно из самого приложения (онлайн метод). А также комплекс будет предоставлять данные, которые будут необходимы для сравнения экспериментальных данных (оффлайн метод).



Рис. 1. 3D – визуализация технологического процесса и робота-манипулятора

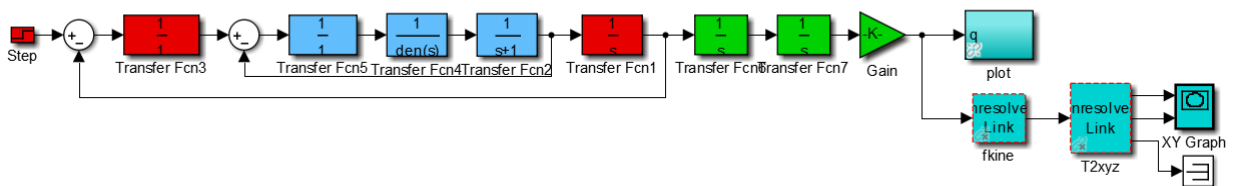


Рис. 2. Упрощенная математическая модель электрического двигателя для управления роботом-манипулятором

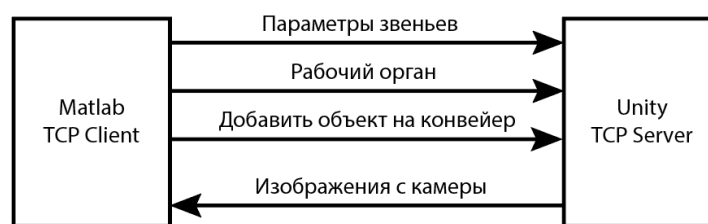


Рис. 3. Организация связи по протоколу TCP

Список литературы:

1. P. Righettini, R. Strada, E. K. Olama and S. Valilou, "Symbolic kinematic and dynamic modelling toolbox for Multi-DOF robotic manipulators," 2015 21st International Conference on Automation and Computing (ICAC), Glasgow, 2015, pp. 1-7, doi: 10.1109/ICAC.2015.7313939.
2. Corke, P. I., "A Robotics Toolbox for MatLab," IEEE Robotics and Automation Magazine, March 1996.
3. D. N. Vila-Rosado and J. A. Dominguez-Lopez, "A MatLab toolbox for robotic manipulators," Sixth Mexican International Conference on Computer Science (ENC'05), Puebla, Mexico, 2005, pp. 256-263, doi: 10.1109/ENC.2005.5.

СЕКЦИЯ 3

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

ИССЛЕДОВАНИЕ КРИТЕРИЕВ ОЦЕНКИ ПЕРЕНОСА ЭЛЕКТРОДНОГО МЕТАЛЛА ПРИ ДУГОВОЙ СВАРКЕ В ЗАЩИТНЫХ ГАЗАХ С ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ КОРОТКИМИ ЗАМЫКАНИЯМИ

*С.В. Болотов, к.т.н., доц.,
Белорусско-Российский университет, 212030, г. Могилёв, пр. Мира, 43,
тел. +375222-31-06-26
E-mail: s.v.bolotov@mail.ru*

Прочностные свойства сварных соединений тесно связаны с процессами нагрева, плавления и переноса капель электродного металла. Вид переноса определяется материалом и толщиной электродной проволоки, составом защитного газа, полярностью и силой сварочного тока, напряжением на дуге и другими параметрами [1]. Широкое распространение при дуговой сварке плавящимся электродом в среде защитных газов получил перенос с короткими замыканиями капли на ванну, обладающий технологическими достоинствами – большой глубиной проплавления, высокой производительностью, качественным формированием шва в любом пространственном положении [2].

В Белорусско-Российском университете разработан информационно-измерительный комплекс для исследования быстропротекающих процессов плавления и переноса электродного металла при дуговой сварке [3]. Перемещение сварочной горелки с программируемой скоростью осуществляется с помощью промышленного робота FANUC Robot ARC Mate 100iC. В качестве источника сварочного тока используется Fronius TransPuls Synergic 3200, позволяющий выполнять дуговую сварку плавящимся электродом в защитных газах проволокой диаметром 0,8..1,6 мм в диапазоне токов 3 – 320 А (скорость подачи проволоки 0,5 – 22 м/мин) при напряжении на дуге 14 – 30 В. Сварочный стол устанавливается на оптическую скамью. Для подсветки зоны сварки, с целью устранения мощного светового излучения сварочной дуги, использовали светодиод 850 нм, 3 Вт при питании током 700-800 мА. Выделение требуемого спектра излучения осуществлялось с помощью инфракрасного светофильтра ИКС6 (850-3000 нм) и нейтрального светофильтра НС13. В качестве камеры высокоскоростной съемки использовали Evercam 1000-4-С с CMOS сенсором при частоте съемки от 1000 до 4000 к/с. Регистрация параметров сварочных процессов: мгновенных значений сварочного тока и напряжения на дуге, расхода защитного газа осуществлялась регистратором РСП-БРУ-2001 с частотой дискретизации 20 кГц. Программное обеспечение для управления информационно-измерительным комплексом разработано в среде графического программирования NI LabVIEW. Комплекс позволяет проводить сварку на задаваемых оператором режимах, осуществлять регистрацию и измерение сварочных параметров с синхронным наложением на осциллограммы кадров скоростной видеосъемки.

Для исследования критериев оценки переноса электродного металла при дуговой сварке короткими замыканиями провели серию экспериментов по наплавке на пластины 100x100x10 мм из низкоуглеродистой стали проволокой Св08Г2С диаметром 1,2 мм в смеси газов 82% Ar+18% CO₂. Скорость сварки составляла 18 м/ч, вылет электрода 14 мм, расход защитного газа 14 л/мин. Опыты проводилась для значений сварочного тока в диапазоне 100 – 200 А, при ступенчатом изменении напряжения на дуге от 14 до 24 В. Программно определяли основные критерии оценки процесса сварки на каждом микроцикле переноса электродного металла: частоту коротких замыканий каплями f_k , длительность горения дуги t_d , длительность короткого замыкания t_k , максимальный ток короткого замыкания $I_{п}$, скорость его нарастания $dI_{п}/dt$, а также энергию дуги Q , расходуемую на формирование капли расплавленного металла, сопоставляя их с диаметром капли d_k на момент короткого замыкания в ванну.

В ходе экспериментальных исследований установлено, что короткое замыкание дугового промежутка не всегда соответствует переносу капли и при подсчёте частот переноса не следует учитывать короткие замыкания длительностью $t_k < 1,6$ мс. Увеличение сварочного тока (скорости подачи проволоки) приводит плавному увеличению частоты коротких замыканий, а при малом межэлектродном промежутке частота увеличивается быстрее. С ростом напряжения на дуге частота цикла коротких замыканий увеличивается, что связано с увеличением межэлектродного промежутка и ростом размера капель. Получены зависимости между исследованными критериями оценки переноса и диаметром капель электродного металла. Установлено, что наиболее тесную связь с диаметром капли имеет энергия дуги на этапе её формирования (рис.1). Уравнение регрессии имеет вид: $d_k = 1,63 + 0,0566 \cdot Q$. Коэффициент корреляции при этом составляет 0,98. Данная линейная зависимость справедлива при применении сварочной проволоки Св08Г2С диаметром 1,2 мм в смеси 82% Ag+18% CO₂ на режимах сварки, обеспечивающих перенос короткими замыканиями дугового промежутка и может быть использована в системах автоматического управления сварочными процессами для дозирования энергии, идущей на образование капли нужного размера.

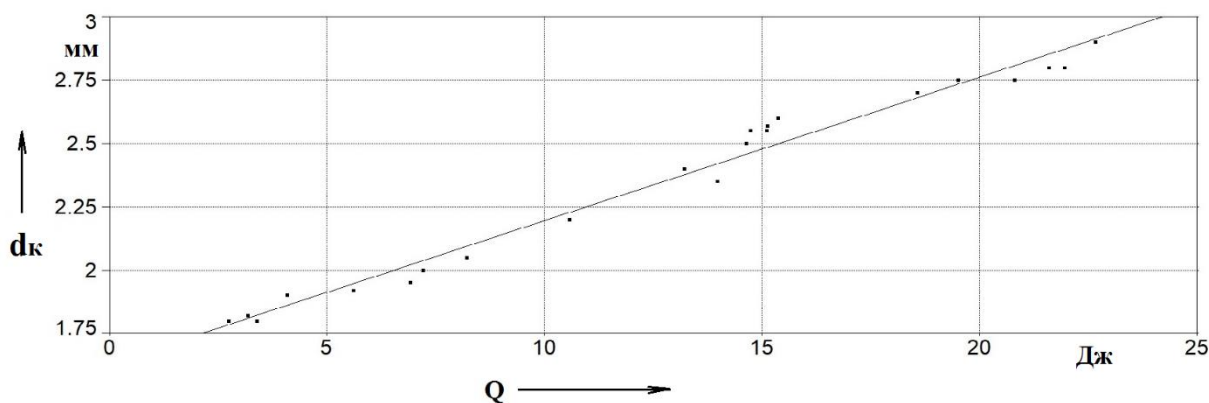


Рис. 1. Зависимость диаметра капли электродного металла от энергии дуги

Предложено также оценивать стабильность процесса дуговой сварки по гармоническому составу сварочного тока в диапазоне 5–200 Гц, определяемому программным анализатором спектра. Установлено, что для стабильного процесса сварки частота тока, соответствующая основной частоте переноса капель электродного металла, имеет максимальное значение амплитуды в зависимости от параметров режимов сварки от 10,5 А до 21,6 А по сравнению с нестабильно протекающими процессами, а ширина спектра с амплитудами, соизмеримыми с амплитудой основной частоты, не превышает 1–3 Гц.

Список литературы:

1. Потапьевский А.Г. Сварка сталей в защитных газах плавящимся электродом. Техника и технология будущего: Монография / А.Г. Потапьевский, Ю.Н. Сараев, Д.А. Чинахов; Юргинский технологический институт.- Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012.- 208 с.
2. Милютин, В.С. Испытания сварочных свойств оборудования для дуговой сварки: / В.С. Милютин - Екатеринбург, 2019. - 466 с.
3. Болотов, С.В. Информационно-измерительный комплекс для исследования процессов плавления и переноса электродного металла при дуговой сварке / С.В. Болотов, А.В. Хомченко, А.В. Шульга, Е.Л. Болотова // Вестник Брянского государственного технического университета. - Брянск, БГТУ, 2020. № 6(91). - С.4-11.

**АНАЛИЗ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ИЗДЕЛИЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ
ВАКУУМНОЙ ИОННО-ПЛАЗМЕННОЙ ОБРАБОТКОЙ НА ОСНОВЕ КРИТЕРИЕВ
ТЕОРИИ НАДЕЖНОСТИ**

В.И. Богданович, д.т.н., проф.,

М.Г. Гиорбелидзе, ассистент

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева,

443086, г. Самара, Московское шоссе, 34,

тел. 8(846)268-54-92

E-mail: bogdanovich@ssau.ru; m.giorbelidze@ssau.ru

Обычно эффективность мероприятий по повышению качества и надежности изделий обработкой оценивается сравнением средних значений данного показателя качества изделия с покрытием и без него. Однако такой подход нельзя признать полным, так как во многих случаях изменяется не только среднее значение показателя, но и дисперсия его рассеивания. В связи с этим представляет интерес полный анализ повышения качества изделий вакуумной ионно-плазменной обработкой [2-6] на основе критериев и методов теории надежности. Тем более, что методология теории надежности предсказывает существенное влияние дисперсии параметра на показатели качества [1].

Любой показатель качества изделия, сформированный при выполнении технологического процесса, является случайной величиной, подчиненной определенному закону распределения. Это распределение обычно характеризуется двумя численными характеристиками – математическим ожиданием (средним значением) и дисперсией (среднеквадратичным отклонением). Естественно, сравнивать между собой количественно два распределения значений показателя качества до и после обработки невозможно, но ограничиваться сравнением только средних значений допустимо лишь при близких значениях их дисперсий [1].

Вместе с тем в теории надежности для объективной оценки вводятся показатели «вероятность безотказной работы» и «гамма-процентный ресурс», которые позволяют провести сравнение показателей с различными дисперсиями рассеивания, но которые недостаточно активно используются в соответствующей технической литературе. В данной работе рассмотрена методика использования этих показателей теории надежности для оценки эффективности мероприятий по вакуумной ионно-плазменной обработке изделий.

Предложен новый коэффициент эффективности технологических мероприятий по повышению ресурса и надежности изделий машиностроения, который объективно учитывает изменение среднего значения показателя, изменение его дисперсии, учитывает уровень вероятности безотказной работы, при котором должен использоваться данный показатель, отражает современные тенденции расчета конструкций и изделий на надежность и показывает, что существенным резервом повышения надежности изделий машиностроения является возможность уменьшения дисперсии показателей качества. Установлено, что в зависимости от соотношения между средними квадратическими отклонениями необходимо принимать различную стратегию повышения вероятности безотказной работы по исследуемому параметру качества или свойству, а именно:

– стремиться к повышению средних значений показателя;

- стремиться к уменьшению среднего квадратического отклонения;
- стремиться к одновременному уменьшению средних значений показателя и его среднего квадратического отклонения.

Проведены испытания с целью определения предела выносливости образцов из титанового сплава без покрытия и с вакуумным ионно-плазменным покрытием на основе нитрида титана. Результаты исследования показали, что средние значения предела выносливости образцов с покрытием и без него отличаются на 5 %, в то время как величины средних квадратических отклонений отличаются почти в 1,3 раза. Определены вероятности безотказной работы и установлено, что в результате применения вакуумных ионно-плазменных покрытий вероятность отказа по причине усталости снижена в 130 раз. Проведена оценка технологического мероприятия в виде нанесения на образцы покрытия из нитрида титана по допустимому гамма-процентному изменению показателя качества. Эффективность мероприятия дает увеличение показателя на 19 % и 37 %. Кроме того, было установлено, что при повышении требований к изделию по величине вероятности безотказной работы эффективность применения вакуумной ионно-плазменной технологии возрастает.

Список литературы:

1. Богданович В.И. Теоретические основы обеспечения надежности летательных аппаратов на стадии их производства: учебное пособие. Самара: издательство СГАУ, 2007. – 90 с.
2. Барвинок В.А., Богданович В.И., Дементьев С.Г. и др. Современные технологии в авиа- и ракетостроении: учебник для студентов высших учебных заведений. Под ред. Чл.-корр. РАН В.А. Барвинка – М.: Машиностроение, 2014. – 320 с.
3. Барвинок В.А. Плазма в технологии, надежность, ресурс. – М.: Наука и технологии, 2005. – 456 с.
4. Барвинок В.А., Богданович В.И. Физическое и математическое моделирование процесса плазмохимического гетерогенного синтеза покрытий из плазменных потоков // Журнал технической физики, Т.78, №1, 2008. – с. 68 – 73
5. Блинков И.В., Волхонский А.О., Белов Д.С., Табачков Н.Ю., Воронова М.И., Сорокин М.Н., Андреев В.А. Структуро- и фазообразование при получении нанокomпозиционных ионно-плазменных вакуумно-дуговых покрытий TiN–Ni, их термическая стабильность // Порошковая металлургия и функциональные покрытия, №2, 2014. – С. 43 – 50.
6. Ноженков М.В. Структура и свойства вакуумных ионно-плазменных покрытий // Поверхность, 2014, № 1. – с. 54 – 63.

ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ИОННО-ПЛАЗМЕННЫХ ПОКРЫТИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ ЭЛЕКТРОДУГОВЫМ МЕТОДОМ

В.И. Богданович, д.т.н., проф.,

М.Г. Гиорбелидзе, ассистент

*Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева,
443086, г. Самара, Московское шоссе, 34,
тел. 8(846)268-54-92*

E-mail: bogdanovich@ssau.ru; m.giorbelidze@ssau.ru

Разработка технологий нанесения покрытий предполагает решение ряда задач, связанных с выбором наносимого материала и достижением уровня свойств, моделированием процесса и его оптимизацией, назначением режимов напыления и т.д. [1-7], которые в конечном итоге определяют качество и себестоимость продукции. Одной из таких задач, при нанесении покрытий, является контроль над содержанием микрокапельной фазы (МКФ), присутствующей в продуктах эрозии катода. Для решения данной задачи используют методики определения доли МКФ в рабочей зоне вакуумной камеры, а также технологические и конструктивные методы [1-7].

В случае получения нитридов, карбидов и окислов МКФ приводит к снижению эксплуатационных характеристик покрытий (особенно триботехнических). Однако при получении покрытий из чистых металлов отрицательная роль МКФ практически не обнаруживается, а в случае получения покрытий из сплавов (например, никель - хром - алюминий - иттрий) МКФ играет положительную роль, обеспечивая близость фазовых составов материалов катода и покрытия. В данной работе проведено обобщение накопленного опыта снижения МКФ и предложены общие технологические принципы ее контроля.

Экспериментальное исследование количества и фракционного состава МКФ проводилось кратковременным размещением стеклянных пластинок в плазменном потоке. Состав МКФ изучался на металлографическом микроскопе, а количественная оценка относительной площади, занятой МКФ проводилась на металлографическом комплексе с анализатором изображений в соответствии с соотношением:

$$k_{кф} = \frac{S_{кф}}{S_0},$$

где $S_{кф}$ - площадь, занимаемая микрокаплями, S_0 - общая площадь анализируемой поверхности.

При проведении измерений учитывалось, что в начальный период горения дуги количество МКФ максимально из-за присутствия неконтролируемых поверхностных соединений на катоде. При дальнейшем горении дуги количество МКФ сначала уменьшается, а затем монотонно возрастает и через определенный промежуток времени достигает стационарного значения в соответствии с изменением среднеинтегральной температуры поверхности катода. В связи с этим ввод стеклянных пластинок в плазменную струю должен производиться после приработки катода. Время выдержки пластинок в потоке определялось экспериментально таким образом, чтобы фоновое напыление покрытия позволяло проводить оптический анализ на просвет пластинок с МКФ.

Проведенные исследования позволили сформировать общие технологические и конструктивные принципы снижения МКФ:

- 1) целенаправленно выбирать материал катода и проводить его специальную подготовку перед напылением;
- 2) необходимо изначально придавать катодам форму, которая будет сохраняться при его эрозии;
- 3) проводить оптимизацию режимов напыления, направленную на минимизацию количества МКФ;
- 4) при разработке новых генераторов плазмы проводить оптимизацию геометрии электродов и силовых линий электрического и магнитного полей.

Список литературы:

1. Барвинок В.А. Плазма в технологии, надежность, ресурс. – М.: Наука и технологии, 2005. – 456 с.
2. Барвинок В.А., Богданович В.И. Физические основы и математические методы моделирования процессов нанесения вакуумных ионно-плазменных покрытий. – М.: Машиностроение, 1999. – 305 с.
3. Богданович В.И. Кинетика гетерогенного плазмохимического синтеза нитридных покрытий из плазменных потоков // Проблемы машиностроения и автоматизации. – 1999. – №1. – С.65-71.
4. Gumen O., Bilyk I., Kruzhkova M. Geometrical Simulation of Optimized Vacuum-Condensation Spraying Technology for Titanium Nitride on Structural Steel // Lecture Notes in Civil Engineering. – 2020. – Vol.47. – P.103-110.
5. Bobzin K., Brögelmann T., Kalscheuer C., Welters M. Structure, mechanical characteristics and thermal stability of high speed physical vapor deposition (Al, Cr)₂O₃ coatings // Thin Solid Films. – 2019. – Vol. 690. – article number 137529.
6. Chen Z., Qiao L., Hillairet J., Song Y. Development and characterization of magnetron sputtered self-lubricating Au-Ni/a-C nano-composite coating on CuCrZr alloy substrate // Applied Surface Science. – 2010. – Vol. 492. – P.540-549.
7. Chang Y.-Y., Cai M.-C. Mechanical property and tribological performance of AlTiSiN and AlTiBN hard coatings using ternary alloy targets // Surface and Coatings Technology. – 2019. – Vol. 374. – P.1120-1127.

**УПРАВЛЕНИЕ ПРОПЛАВЛЯЮЩЕЙ СПОСОБНОСТЬЮ ДУГИ ПРИ СВАРКЕ
НЕПЛАВЯЩИМСЯ ЭЛЕКТРОДОМ В СРЕДЕ АРГОНА**

*Гордынец А.С., к.т.н., доц.,
Киселев А.С., к.т.н., доц.,
Скрипко С.И., аспирант*

*Томский политехнический университет, 634050, г.Томск, пр.Ленина,30,
тел.(3822)-419-541
E-mail: sis9@tpu.ru*

Одним из основных способов получения неразъемных соединений является аргонодуговая сварка неплавящимся электродом, которая позволяет получать неразъемные соединения миниатюрных деталей. Недостатком этого способа сварки является низкая проплавляющая способность [1, 2, 3].

Для решения этой проблемы применяют модулированный по амплитуде сварочный ток. Это способствует увеличению проплавления изделия так как в период низкого энергетического уровня, тепло с периферии сварочной ванны отводится быстрее, чем из её центра [4, 5]. Однако в литературе отсутствуют данные о влиянии параметров модуляции сварочного тока на глубину проплавления изделия и рекомендации по их выбору. С целью определения этого влияния были проведены экспериментальные исследования.

Для проведения исследований была разработана и изготовлена специальная установка, которая позволяет осуществлять бесконтактное зажигание дуги, задавать полярность её горения и в широких пределах регулировать величину тока (0...250 А с дискретностью 1 А) в сварочной цепи.

В качестве изделия использовали пластины размером 50×50×1 мм из стали 08кп. Неплавящийся электрод диаметром 1,0 мм марки ЭВТ-2 имел заточку рабочей поверхности – 30°, притупление – 0,02 мм. В качестве защитного газа использовали аргон, а его расход составлял 5 л/мин. Межэлектродный промежуток был равен 1,0 мм.

С целью исключения влияние теплового насыщения изделия на глубину его проплавления, суммарную длительность протекания сварочного тока ограничивали величиной 50 мс, а общую длительность воздействия величиной 100 мс. При этом использовали четыре различных варианта формирования импульсов тока с амплитудой 100 А: одиночный импульс длительностью (t_u) – 50 мс; два импульса длительностью – 25 мс и паузой (t_n) между ними 50 мс; три импульса ($t_u = 16,6$ мс, $t_n = 25$ мс); четыре импульса ($t_u = 12,5$ мс, $t_n = 16,6$ мс).

После воздействия дугового разряда на изделие оценивали диаметр точки расплавления, а после – глубину проплавления по поперечным макрошлифам. В качестве критерия проплавляющей способности дуги использовали безразмерный коэффициент, который рассчитывали по формуле (рисунок 1):

$$\psi = \frac{h}{D},$$

где h – глубина проплавления, мм;

D – видимый диаметр зоны плавления, мм.

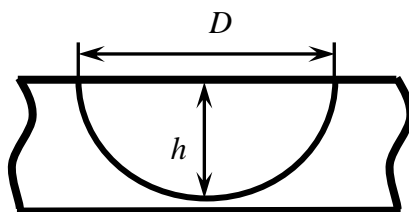


Рис. 1. Размеры зоны расплавления

Результаты эксперимента представлены в виде гистограмм (рисунок 2) из анализа которых следует, что наименьшим коэффициентом проплавляющей способности дуги обладает одиночный импульс сварочного тока. Уменьшение длительности импульсов и увеличение частоты их следования приводит к росту коэффициента проплавления, при этом наибольшим коэффициентом проплавляющей способности обладает вариант импульса сварочного тока с четырьмя импульсами, который на 20 % превышает исходное значение.

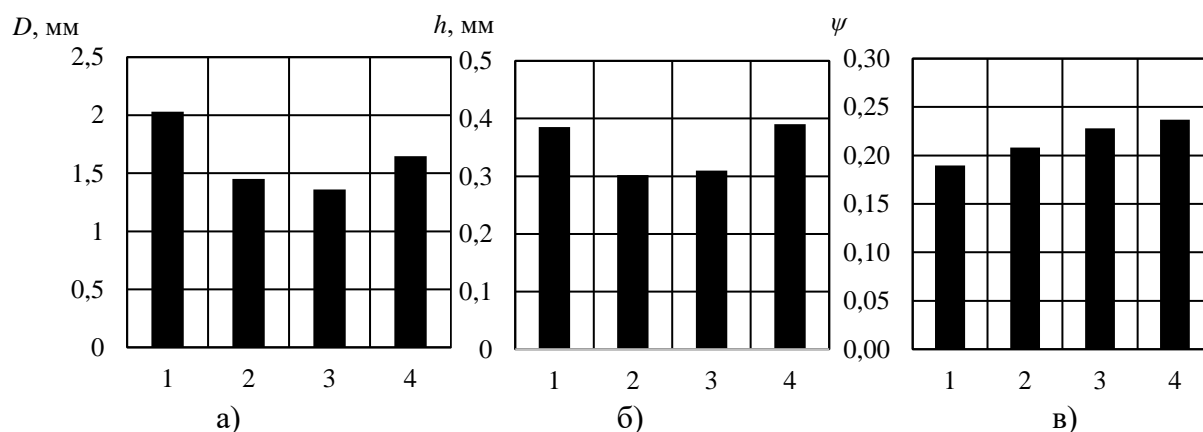


Рис. 2. гистограммы влияния варианта импульса сварочного тока на диаметр точки расплавления (а), глубину проплавления изделия (б) и коэффициент проплавления (в)

Вывод. Применение модулированного по амплитуде сварочного тока приводит к увеличению проплавляющей способности дуги. Наибольший коэффициент проплавления изделия при заданных параметрах режима получен при четырех импульсах сварочного тока длительностью 12,5 мс и паузах между ними 16,6 мс.

Список литературы:

1. Orion с Series | Orion welders – [электронный ресурс] – режим доступа - <http://www.orionwelders.com> – свободный – загл. с экрана – Яз. Англ. Дата обращения 15.11.2019г.
2. PUK 5 precision welding technology by Lampert [электронный ресурс] – режим доступа - <http://www.lampert.info> – свободный – Яз. Англ. Дата обращения 15.11.2019г.
3. Phaser | primotec – Lampert [электронный ресурс] – режим доступа - <http://www.primotecusa.com> – свободный – загл. с экрана – Яз. Англ. Дата обращения 15.11.2019г.
4. TIG spot welding by means of a pulsating unidirectional current: патент US 3449543; заявл. 04.11.1966; опубл. 10.06.1969, Бюл. № – 6 с.
5. Шигаев Т.Г. Сварка модулированным током // Итоги науки и техники. Сер. Сварка.- Т.17.- М.: ВИНТИ, 1985.- С.91-133.

УСТРОЙСТВО АВТОМАТИЧЕСКОЙ ПОДАЧИ ПОКРЫТЫХ ЭЛЕКТРОДОВ В СВАРОЧНУЮ ВАННУ

А.С. Гордынец¹ к.т.н., доц.

А.С. Непомнящий^{1,2} студент гр. 1В81

¹*Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр.Ленина,30,
тел.+7 (3822) 444-555*

²*Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, пр. Академический, 2/4,
г. Томск, 634055, Россия.*

E-mail: asgord@tpu.ru¹

E-mail: asn39@tpu.ru²

Ручная дуговая сварка плавящимися электродами с покрытием является наиболее универсальным способом получения неразъемных соединений металлоконструкций различного производственно-технического назначения [1]. Однако до настоящего времени исследования в этой области выполняются вручную, без применения автоматических методов подачи электродов в зону сварки [2]. Качество сварного соединения зависит от многих факторов, таких как качество основного металла и электродов; оборудования; условия эксплуатации; выбор энергетических параметров режима сварки и особенно сильно от квалификации сварщика. Для получения объективных, достоверных и повторяющихся результатов при проведении исследований в области ручной дуговой сварки необходимо по возможности уменьшать влияние навыков сварщика. Особенно это важно для испытаний оборудования и материалов, применяемых для различных способов ручной дуговой сварки, где такое влияние оказывается решающим [3, 5]. Для решения этой проблемы было разработано устройство автоматической подачи покрытых электродов в сварочную ванну, которое обеспечивает функции автоматического контактного зажигания дуги, регулировки величины средней длины межэлектродного промежутка и гашения дуги путем её удлинения до обрыва. Механизм устройства производит подачу электрода вдоль его оси, в следствии чего пространственные координаты торца электрода в процессе сварки не изменяются, что позволяет осуществлять видеосъемку [4, 6].

Схема проведения эксперимента и пример осциллограммы тока и напряжения приведены на рисунке 1(а, б).

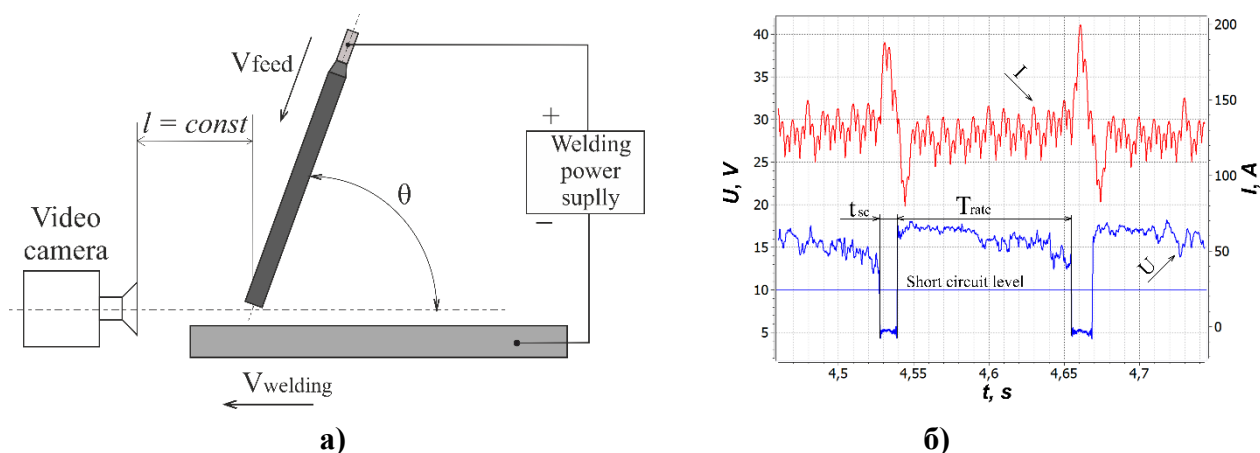


Рис 1. Схема проведения эксперимента и осциллограмма сварочного тока и напряжения дуги при механизированной подаче электрода ОК46.00.

Анализ экспериментальных данных показал, что применение разработанного устройства увеличивает показатели стабильности процесса наплавки ниточного валика покрытыми электродами. В частности, при сохранении значений средней длительности коротких замыканий и периодичности их возникновения, значительно снижается отклонение от средних значений. Так для электродов с основным типом покрытия (ОК74.70) применение автоматической подачи электрода приводит к снижению коэффициентов вариации длительности коротких замыканий и периодичности их возникновения в 1,5 раза. Для электродов с рутилово-целлюлозным покрытием (ОК46.00) их автоматическая подача в сварочную ванну уменьшает коэффициенты вариации длительности коротких замыканий в 2,24 раз, а периодичности их возникновения в 1,3 раза. При этом значения сварочного тока напряжения остаются практически неизменными.

Список литературы:

1. Теория сварочных процессов: Учеб. Для вузов по спец. «Оборудование и технология сварочного производства» / В.Н. Волченко, В.М. Ямпольский, В.А. Винокуров и др.; под редакцией В.В. Фролова. – М.: Высшая шк., 1988. 559 с.: ил. ISBN 5–06–001473–8.
2. Милютин В.С. Сварочные свойства оборудования для дуговой сварки / В.С. Милютин, Р.Ф. Катаев. – Москва: Оформление, печать: ООО «НАКС Медиа», 2016. – 464 с.
3. Сараев Ю.Н. Исследование стабильности плавления и переноса электродного материала в процессе дуговой сварки плавящимся электродом от источников питания с различными динамическими характеристиками / Сараев Ю.Н., Чинахов Д.А., Ильященко Д.П., Киселев А.С., Гордынец А.С. // Сварочное производство. - 2016. - №12. – с. 3 – 10.
4. Сараев Ю.Н., Лунев А.Г., Киселев А.С., Гордынец А.С., Тригуб М.В. Комплекс для исследования процессов дуговой сварки. Автоматическая сварка. – 2018. - №8. – с. 15 – 24.
5. Yu.N. Saraev, D P Pyashchenko, M A Krampit, V M Semenchuk, A S Nepomnyashchiy. Assessment of welding working properties of power supplies. // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 681 (2019) 012037. doi: 10.1088/1757-899X/681/1/012037
6. Yu.N. Saraev, M.V. Trigub, N.A. Vasnev, V.M. Semenchuk, A.S. Nepomnyashiy The imaging of the welding processes with the use of CuBr laser, Proc. SPIE 11322, XIV International Conference on Pulsed Lasers and Laser Applications, 113221U (11 December 2019); doi: 10.1117/12.2554872

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КОНТАКТНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ НА ПЕРЕДНЕЙ ПОВЕРХНОСТИ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА ПРИ ОБРАБОТКЕ СТАЛИ

В.Н. Козлов, к.т.н., доц.,

*Ц. Ю, магистрант гр. 4АМ91; М. Ци, магистрант гр. 4АМ91, Ц. Чжан, аспирант гр. А6-21
Томский политехнический университет, 634050, г.Томск, пр.Ленина,30*

тел.(3822)-606-389

E-mail: kozlov-viktor@bk.ru

Расчёт режущих инструментов на прочность требует задания внешних нагрузок, которые могут быть заданы в виде сосредоточенной нагрузки, т.е. в виде составляющих P_z , P_y и P_x силы резания, прикладываемых на передней поверхности в точке центра действия сил. При этом появляются нереально большие напряжения в режущем клине в точке приложения сил из-за концентрации напряжения [1].

При приложении равномерно распределённых удельных контактных нагрузок наибольшие внутренние напряжения меньше на 25-40% по сравнению с приложением напряжений, имеющих реальное распределение [1].

В связи с большим влиянием распределения контактных напряжений на результаты расчёта напряжённо-деформированное состояние (НДС) режущего клина необходимо использовать эпюры с реальным распределением.

Экспериментальное изучение распределения контактных напряжений (поляризации-оптический метод, лазерной интерферометрии, разрезного реза) очень трудоёмко и требует специальных дорогостоящих приборов, поэтому возникает необходимость разработки методики их расчёта. За основу расчёта параметров эпюр взяты свойства эпюры касательного контактного напряжения τ (МПа): на участке пластического контакта стружки с передней поверхностью длиной $c_1 \approx 0,5 \cdot c$ (мм) величина τ постоянна (рис. 1 б); на второй части длины контакта стружки τ практически прямолинейно уменьшается до нуля в точке отрыва стружки от передней поверхности.

По технологическим составляющим P_z , P_x и P_y силы резания (Н) рассчитываются физические составляющие силы резания: нормальная N и касательная F силы (Н) с учётом переднего угла γ (см. рис. 1 а): $N = N_{Pz} - N_{Pxy} = P_z \times \cos \gamma - P_{xy} \times \sin \gamma$;

$$F = F_{Pxy} + F_{Pz} = P_{xy} \times \cos \gamma + P_z \times \sin \gamma.$$

При отсутствии экспериментальных данных длина контакта c стружки может быть определена по нашим графикам при соответствующей величине переднего угла γ (°), которые показывают изменение c (мм) в зависимости от толщины среза a (мм): $a = s \times \sin \varphi$, где s – подача (мм/об); φ – главный угол в плане.

С помощью программного обеспечения OriginLab были получены уравнения зависимости длины контакта c от толщины среза a при разных передних углах γ , т.е. $c = f(a)$: при $\gamma=7^\circ$ $c=0,026+8,955a-10,903a^2$ (мм); при $\gamma=15^\circ$ $c=-0,1028+9,564a-12,483a^2$; при $\gamma=25^\circ$ $c=-0,016+8,728a-10,638a^2$; при $\gamma=35^\circ$ $c=-0,205+8,105a-9,507a^2$.

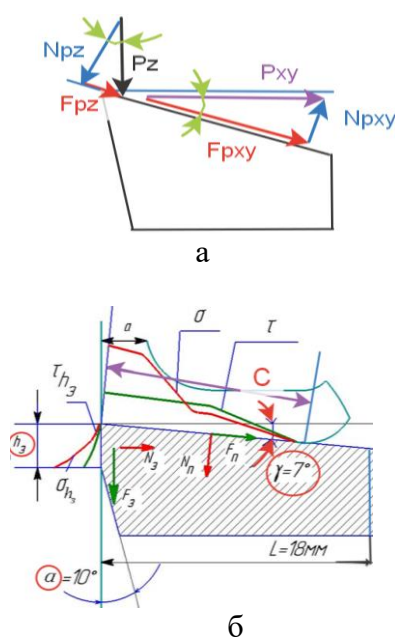


Рис. 1. Составляющие силы резания, действующие на передней поверхности (а), и распределение контактных напряжений на поверхностях реза (б).

Длина пластического участка контакта стружки с передней поверхностью резца при обработке стали $c_l \approx 0,5 \cdot c$. На этом участке у эпюры касательных контактных напряжений τ имеется линия, параллельная передней поверхности, где $\tau = \text{const}$. При дальнейшем отдалении от режущей кромки имеется прямолинейное уменьшение до нуля в точке $x_i = c$. Такой характер позволяет использовать формулу $\tau_{\max} = \tau_{\text{const}} = F / (c \times 0,75 \times b_c)$, где τ_{const} – величина τ на участке этой эпюры (МПа); b_c – ширины контакта стружки с передней поверхностью резца, зависящая от глубины резания t ($b_c \approx t / \sin \varphi$) (мм).

Построение эпюры нормальных контактных напряжений σ (МПа) выполняется относительно эпюры касательных контактных напряжений τ (МПа). В основе лежит закономерность изменение условного коэффициента трения $\mu = \tau / \sigma$ вдоль передней поверхности, которая мало зависит от режимов резания [2].

Непосредственно у режущей кромки нормальные контактные напряжения имеют наибольшую величину σ_{\max} (рис. 1 б). В первом приближении $\sigma_{\max} \approx 2 \sigma_v$, где σ_v – это временное сопротивление разрыву (МПа). В дальнейшем величина σ_{\max} корректируется таким образом, чтобы нормальная сила $N_{\text{эл}}$ (Н), рассчитанная по объёму эпюры σ , была равна нормальной силе, определённой по экспериментальным данным $N_{\text{эксп}}$ (Н), т.е.

$$N_{\text{эл}} = b \times \int_0^c \sigma i \times dx \approx N_{\text{эксп}} \quad (1)$$

При относительной длине контакта стружки $\psi = x_i / c \approx 0,4$, т.е. при $x = 0,4 \cdot c$ будет пересечение графика σ с графиком τ , т.к. в этой точке условный коэффициент трения $\mu = 1$, то есть там $\sigma = \tau$ (см. рис. 1 и 2).

У эпюры нормальных контактных напряжений σ в области $x \leq 0,5c$ имеется небольшой горизонтальный участок, т.е. $\sigma = \text{const}$, а при дальнейшем отдалении от режущей кромки ($x > 0,5c$) у эпюры σ имеется участок с прямолинейным уменьшением σ до нуля в точке $x = c$. В конце контакта стружки с передней поверхностью инструмента в точке $\psi \approx 0,8$ (т.е. при $x \approx 0,8c$) должно быть $\sigma_i \approx \tau_i / 1,6$ (рис. 2). На расстоянии от режущей кромки $l_1 \approx a$ (мм) величина $\sigma_{l1} \approx 0,93 \cdot \sigma_{\max}$.

По рассчитанным точкам строим эпюру σ и корректируем её, изменяя на участке от режущей кромки до $x_i = 0,4 \cdot c$, чтобы соблюдалось равенство (1).

Для этого рассчитываем площадь эпюры σ : $S_\sigma = \sum s_i$ (МПа/мм) (рис. 2). Нормальная сила по эпюре σ $N_\sigma = S_\sigma \times b$ (Н) должна быть равна нормальной силе по экспериментальным данным $N_{\text{эксп}}$ (Н).

Список литературы:

1. Чжан Ц., Козлов В.Н. Влияние вида нагружения на расчёт внутренних напряжений в режущем клине // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. Вып. 8: в 2 ч. Ч. 2. Тула: Изд-во ТулГУ, 2017. С. 352-356.
2. Контактные нагрузки на режущих поверхностях инструмента/Полетика М.Ф. – Москва: Машиностроение, 1969. – 148 с.

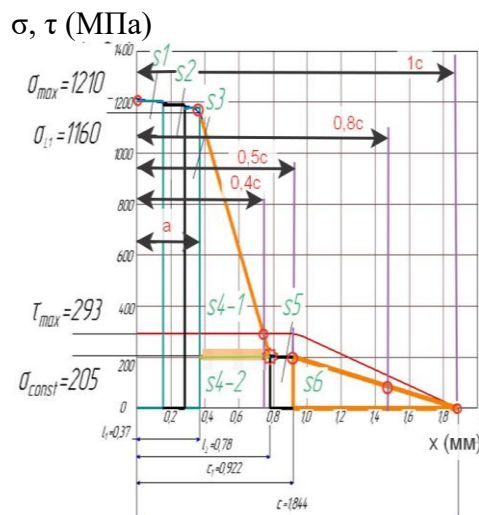


Рис. 2. Положение опорных точек \circ при построении эпюры нормальных контактных напряжений σ и проверка правильности построения эпюр нормальных σ и касательных τ контактных напряжений на передней поверхности резца

ВЛИЯНИЕ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ НА ОБРАЗОВАНИЕ ОБРАТНОГО ВАЛИКА ПРИ ДУГОВОЙ СВАРКЕ

*П.П. Красиков, зав. лабораторией, А.В. Савинов, д.т.н., проф.
А.А. Чудин, к.т.н., ст. преподаватель, О.А. Полесский, к.т.н., доц.
Л.С. Красикова, студентка, И.А. Полунин, аспирант,
Волгоградский Государственный Технический Университет,
400005, г.Волгоград, пр.Ленина,28,
тел.(8442)-24-80-18
E-mail: svaka-nv@vstu.ru*

При односторонней сварке с полным проплавлением работоспособность сварного соединения во многом зависит от формы и величины обратного валика шва. Роль данных факторов особенно велика при изготовлении ответственных конструкций, работающих при переменных и динамических нагрузках. Обеспечение его формирования и устранения прожогов, которые часто возникают при сварке подобных швов, достигается применением различных подкладок [1].

При использовании расплавляемых подкладок баланс сил, действующих на расплавленный металл, может быть выражен равенством [2]

$$P_d + P_{гс} + P_{цб} = P_{ш} + P_m + P_{адг}, \quad (1)$$

где $P_{гс}$ – гидростатическое давление массы сварочной ванны, отнесенная к площади сквозного проплавления; $P_{цб}$ – сила, возникающая при движении жидкого металла из головной части сварочной ванны в хвостовую; P_m – сила поверхностного натяжения зеркала сварочной ванны; $P_{ш}$ – сила поверхностного натяжения шлака, образующегося при расплавлении подкладки; $P_{адг}$ – работа адгезии между жидким шлаком и твердой поверхностью металла и подкладки.

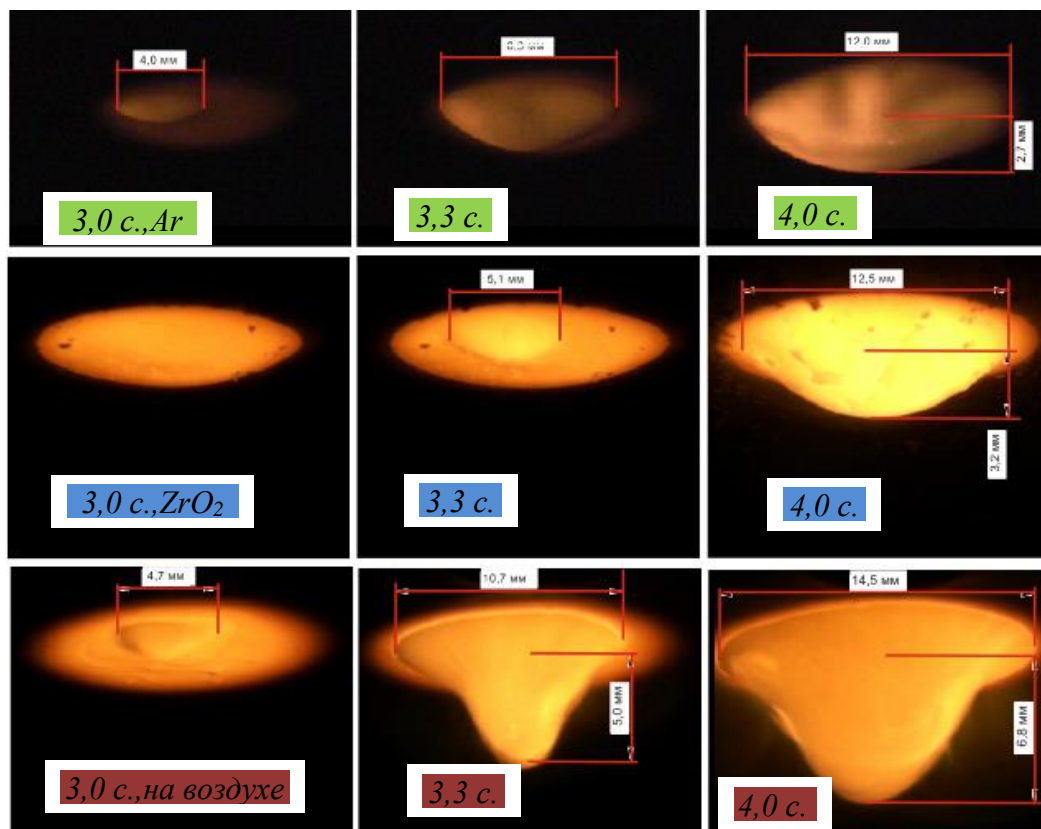
Условием отсутствия характерных для обратного валика шва дефектов является выполнение условия, когда левая часть уравнения (1) будет меньше правой части. Соответственно, возможно влиять на формирование обратного валика путем регулирования состава среды контактирующей с расплавленной сварочной ванной.

Проплавление пластины толщиной 3 мм на границе с воздушной средой характеризуется резким увеличением геометрических параметров обратного валика (ширины, высоты) под воздействием дуги. За время действия дуги 0,3 сек. размеры сварочной ванны увеличиваются многократно, так ширина обратного валика увеличивается с 4,7 мм до 10,7 мм, а высота с 1,5 мм до 5,0 мм. Замена среды контактирующей с расплавленной сварочной ванной на аргон, которая способствует оттеснению от границы с расплавленным металлом ионов кислорода O^{2-} , или при использовании флюс пасты, задерживающая миграцию ионов кислорода O^{2-} через образовавшуюся оксидную пленку Fe_2O_3 , в которой ионы железа Fe^{3+} играют роль переносчика ионов кислорода сквозь образовавшуюся оксидную пленку, за счет диффузии по кислородным вакансиям в соответствии с уравнением:

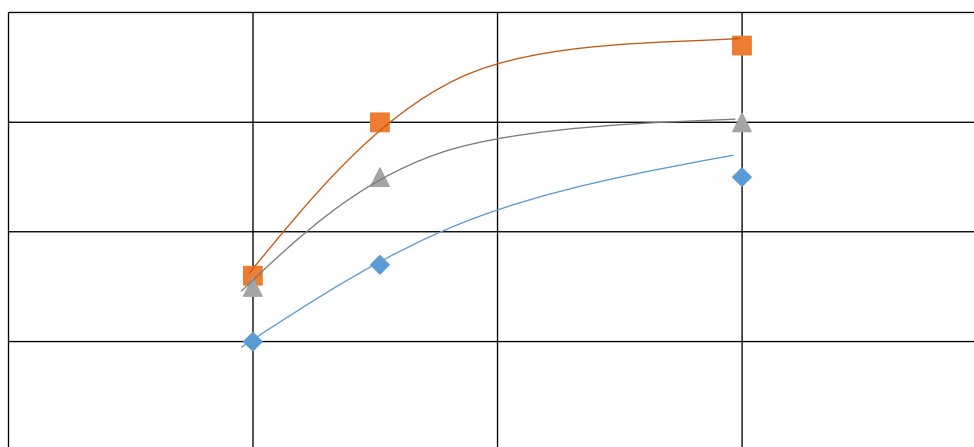


Способствует регулированию величины обратного валика в сторону уменьшения, так ширина валика при воздействии внешней среды (аргон) в момент времени 3,3 сек., составляет 6,5 мм уменьшение на 60 %, высоты валика в 3 раза до 1,5 мм, а при нанесении флюс пасты ширина в тот же момент времени составляет 5,1 мм, высота 1,25 мм.

Таким образом, возможна замена поддув аргона на флюс пасту при сварке соединений с свободным формированием, где технически невозможно использование других приемов и способов сварки, обеспечивающих стабильное формирование обратного валика с минимальными геометрическими параметрами обратного валика.



$U_d, В$



$t, \text{сек}$

Рис.1. – Влияние внешней среды в системе металл-газ на геометрические параметры обратного валика и напряжение на дуге. Режим проплавления: лист СтЗсп $S=3\text{мм}$, $I_{\text{св.}}=240\text{ А}$, $I_d=2\text{ мм}$.

Список литературы:

1. Пацкевич И. Р. Поверхностные явления при сварке металлов / И. Р. Пацкевич, В. Р. Рябов, Г. Ф. Деев; АН Украины, Ин-т электросварки им. Е. О. Патона. – Киев: Наук. думка, 1991. – 240 с.

2. Акулов А. И., Доронин Ю. В., Чернышов Г. Г. Физико-химические свойства расплавленного шлака флюсовой подушки и их влияние на формирование обратной стороны шва при сварке плавящимся электродом // Сварочное производство. – 1981. – №3. – С. 18 – 20.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № 0637-2020-0006)

**ПРИМЕНЕНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ АНАЛИЗА ВЫСОТНЫХ
РАЗМЕРОВ ОТНОСИТЕЛЬНО ВЫСОКИХ КОРОБОК ПРИ ИХ ВЫТЯЖКЕ ИЗ
ЛИСТОВЫХ ЗАГОТОВОК ПЕРЕМЕННОЙ ТОЛЩИНЫ**

А.Н. Малышев, к.т.н., доцент

С.А. Бысов, к.т.н., доцент

*Калужский филиал МГТУ им. Н.Э. Баумана, кафедра МК1 «Машиностроительные
технологии», 248000, г.Калуга, ул.Гагарина, д.3*

тел.: +7-991-328-29-66

E-mail: 1m-kf.mgtu@inbox.ru

В настоящее время внедрение новых прогрессивных видов листовых заготовок (например, сварных листовых заготовок переменной толщины) в рамках развития способов интенсификации листовой штамповки при изготовлении деталей для целого ряда направлений развития промышленности народного хозяйства постоянно возрастает. Например, в современной автомобильной промышленности в рамках снижения массы деталей и их стоимости, а также для управления их прочностными характеристиками для повышения пассивной безопасности автомобиля [1] активно развивается направление внедрения сварных разнотолщинных листовых заготовок [2, 3, 4]. В настоящее время в связи с постоянно изменяющимся дизайном корпусов, кожухов, фартуков, баков и других изделий, изготавливаемых при реализации операции «вытяжка», возрастает потребность применения листосварных разнотолщинных заготовок в том числе и для других отраслей народного хозяйства, включая аэрокосмическую промышленность [5, 6].

Исходным листовым материалом принята сталь высокой прочности НХ260РD, относящаяся к RS-сталям, представляет собой прокат повышенной прочности из рефосфотированной стали. Форма исходных листовых заготовок получена по известной методике [8] для относительно высоких коробок с относительно большими радиусами угловых закруглений. В экспериментах использовались составные заготовки, части которых соединены встык лазерной сваркой [9], сварочный шов на заготовках располагался по центру. Эксперименты выполнены в лаборатории кафедры МК1 «Машиностроительные технологии» Калужского филиала МГТУ им. Н.Э. Баумана. Использовались заготовки двух типов (1-ый тип: разнотолщинность $\Delta S=0,5\text{мм}$; 2-ой тип: разнотолщинность $\Delta S=1,0\text{мм}$) и 8 их типоразмеров при трехкратном повторении. Получена адекватная регрессионная модель в нормализованном масштабе уровней факторов, для получения которой использовалась общепринятая методика [10] обработки результатов ПФЭ 2^2 . Величина и знак коэффициентов в уравнении регрессии свидетельствуют о силе и характере влияния исследуемых факторов на относительную погрешность высоты коробки. Анализ регрессионной модели показал, что наибольшее влияние на отклик (среднее значение погрешности высоты коробки ΔH_{cp}) оказывает степень деформации m , влияние которой почти в 7 раз сильнее влияния разнотолщинности ΔS . Дисперсионный анализ позволил определить вклад факторов и их взаимодействий в дисперсию (вариацию) отклика (ΔH_{cp}). Так наибольший вклад в общую дисперсию отклика вносит степень деформации m - 96,84% , разнотолщинность ΔS вносит 2,41% и парный эффект влияния факторов m и ΔS вносит 0,75%.

Полученные экспериментальные результаты свидетельствуют о необходимости внесения определенных коррекций в расчет оптимального контура листосварной разнотолщинной заготовки для вытяжки коробчатой детали, что подтверждается известными исследованиями [11, 12], направленными на разработку рекомендаций по расчету контура исходной листосварной разнотолщинной заготовки для исключения операции обрезки контура коробчатой детали после «вытяжки» и получения «относительно» ровного контура коробки, «присущая» неровность (погрешность) которого будет укладываться в допуск на высотный размер коробки [13].

Список литературы:

1. Гайсин С.В. Об оптимизации нормативных требований по пассивной и активной безопасности к конструкции автотранспортных средств // Труды НАМИ. – 2016. – № 3 (266). – С. 6–14.
2. Климычев С.Б., Железняков Д.Ю., Костылев А.В., Захаров Д.Г., Китаев В.А., Игошин А.Н. Разработка перспективных технологий штамповки листосварных разнотолщинных заготовок в ОАО "ГАЗ" // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. - 2004. - №7. - С. 22-27.
3. Хайруллин Т.В., Столбов В.И. Методика исследования деформационной способности металла швов разнотолщинных листовых сварных заготовок для холодной штамповки // Сварка и диагностика. - 2012. - №3. - С.42-44.
4. Малышев А.Н. Применение заготовок переменной толщины в современном листоштамповочном производстве // Перспективы развития технологий обработки и оборудования в машиностроении. Сборник научных статей 5-ой Всероссийской научно-технической конференции с международным участием, 14 февраля 2020 г. Курск: Юго-Зап. гос. ун-т, 2020. - С.161-163.
5. Хайруллин Т.В., Столбов В.И. Применение листовых сварных заготовок для штамповки деталей в аэрокосмической и автомобильной промышленности // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета. Авиационная и ракетно-космическая техника - 2011. - №3(27). - С.20-27.
6. Sinke J., Iacono C., Zadpoor A.A. Tailor made blanks for the aerospace industry // International Journal of Material Forming. – April 2010. – p.849-852.
7. Яковлев С.П., Кухарь В.Д. Штамповка анизотропных заготовок. М.: Машиностроение. - 1986. - 136 с.
8. Романовский В. П. Справочник по холодной штамповке. - 6-е изд., Л.: Машиностроение, 1979 г. 520с.: ил.
9. Сварка. Соединения, полученные электронно-лучевой и лазерной сваркой. Руководство по оценке уровня качества для дефектов. ГОСТ ISO 13919-1 2017. Часть 1. Сталь. М.: Изд-во Стандартиформ, 2018. 10с.
10. Методы планирования и обработки результатов инженерного эксперимента: Учебное пособие / Н.А. Спирин, В.В. Лавров, Л.А. Зайнуллин, А.Р. Бондин, А.А. Бурыкин; Под общ. ред. Н.А. Спирина. — Екатеринбург: ООО «УИНЦ», 2015. — 290 с.
11. Tae-Wan Ku, Beom-Soo Kang, Hoon-Jae Park. Tailored blank design and prediction of weld line movement using the backward tracing scheme of finite element method // The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. – 2005. – №25. – p.17-25.
12. A. Fazli. Optimum tailor-welded blank design using deformation path length of boundary nodes // International Journal of Automotive Engineering. – 2013. – №3(2). – p.435-445.
13. Демин В.А. Проектирование инновационных технологий в обработке металлов давлением// Научно-технические технологии в машиностроении. – 2017. - № 8. - С.3-6.

ОСОБЕННОСТИ ОПТОВОЛОКНА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ

*А.Е. Мокин, студент гр. 5А7Л,
Д.Е. Хафизов, студент гр. 5А7Л,
Научный руководитель Т.В. Усачева, к.т.н., доцент,
Научный руководитель А.П. Леонов, к.т.н., доцент
Томский Политехнический Университет, г. Томск
E-mail: aem25@tpu.ru*

Одну из лидирующих позиций на рынке телекоммуникаций уже давно занимают волоконно-оптические линии связи (ВОЛС). Передача информации в ВОЛС осуществляется по оптическому волокну – волноводу с круглым поперечным сечением малого диаметра, который способен передавать электромагнитное излучение оптического диапазона (рис. 1).

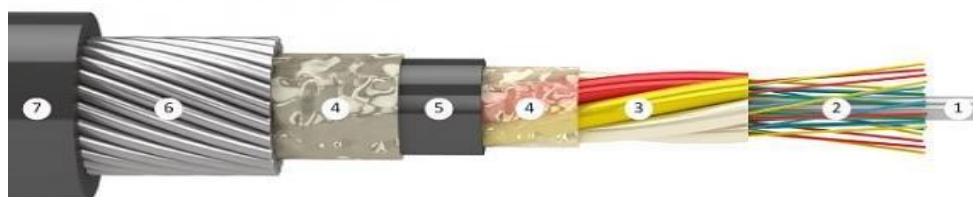


Рис.1. Структура оптоволоконного кабеля:

Элементы структуры (рис. 1) обеспечивают работоспособность оптоволоконного кабеля. Центральный осевой элемент состоит из стеклопластика в полимерной оболочке (1) и отвечает за жесткость кабеля. Оптическое волокно толщиной 125 микрон (2) отвечает за передачу сигнала и состоит из сердечника и стеклянной оболочки, обеспечивающей полное преломление в сердечнике.

Пластиковые модули оптических волокон (3) обеспечивают безопасность волокон, а пленка с гидрофобным гелем (4) предотвращает продольное распространение влаги и воды. Полиэтиленовая оболочка (5) обеспечивает безопасность гидрофобного геля, а броня (6) защищает оптическое волокно от внешних воздействий. Внешняя полиэтиленовая оболочка (7) заключает в себе все составляющие оптоволоконного кабеля.

По сравнению с другими кабельными изделиями, способными передавать информацию, оптоволоконный кабель обладает большим количеством преимуществ:

1. Оптическое волокно из-за высокой несущей частоты обладает высокой пропускной способностью, оно способно передавать до нескольких терабит информации в секунду;
2. Кабель из оптоволоконного кабеля обладает низким уровнем шума, что делает его менее подверженным к помехам, а значит потерям в качестве передаваемого сигнала;
3. Пожароустойчивость. Данный кабель не поддается воздействию высоких температур и спокойно может применяться на предприятиях повышенной опасности;
4. Способен работать без усилителей на расстояниях порядка 100 км, так как обладает способностью малого затухания светового сигнала;
5. Высокий уровень безопасности передаваемого сигнала. Оптоволоконная связь обеспечивает надежную защиту от несанкционированного доступа, так как у него отсутствует высокая чувствительность к колебаниям и оптоволоконный кабель не имеет излучений в радиодиапазоне;
6. Экономичность. Оптоволоконный кабель не смотря на высокие материальные затраты при его производстве, окупает средства на протяжении эксплуатации и обеспечивает владельцу экономическую выгоду.
7. Срок службы составляет 25 лет.

Не смотря на количество достоинств, оптоволокну имеет и существенные недостатки, такие, как: хрупкость волокна, поэтому следует соблюдать осторожность при прокладке, так как при существенном изгибе волокно может сломаться; для преобразования сигнала необходимо обладать специальным оборудованием, потому что при разрыве оптическое волокно практически не подлежит ремонту, который усложняет обслуживание кабеля. При сварке оптоволокну необходимо использовать специальное дорогостоящее оборудование, а квалификация монтажника должна быть высокой.

По разработке оптоволокну необходимо использовать следующие рекомендации:

Во-первых, т.к. хрупкость связана с наличием стеклянной оболочки, то нужно подобрать такой материал, который будет прочнее и более упругим, но при этом будет иметь с точки зрения физики процесса такие же свойства, как и стекло.

Во-вторых, при прокладке кабеля необходимо обеспечивать его безопасность от механических воздействий. Например, устанавливая дополнительные короба с обозначением типа прокладываемого изделия.

Такой недостаток, как наличие специального оборудования исправить нельзя, так как при передаче сигнала используется цифровой способ передачи информации, что является наиболее современным и точным, чем передача с помощью аналоговых преобразователей, и наиболее подходящим для технологии оптоволокну. Цена же на цифровые преобразователи имеет тенденцию к снижению. При этом в сравнении с аналоговыми преобразователями, монтаж цифровых – дешевле.

Список литературы:

1) ГОСТ Р 52266-2004. Кабельные изделия. Кабели оптические. Общие технические условия // РАЗРАБОТАН ОАО Всероссийский научно-исследовательский, проектно-конструкторский и технологический институт кабельной промышленности (ОАО "ВНИИКП); Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200037683>, свободный – загл. с тит. экрана, (дата обращения 01.07.2020);

2) Учебные материалы ОКСО 210000. Электронная техника, радиотехника и связь. Лекции для преподавателей и студентов ВУЗов. [Электронный ресурс]: статья/– Режим доступа: <https://siblec.ru/telekommunikatsii/volokonno-opticheskie-kabeli-i-linii-svyazi/3-opticheskie-volokna-i-kabeli-klassifikatsiya-kharakteristiki-i-materialy#3.3> свободный. – Загл. с тит. экрана (дата обращения 29.06.2020)

3) АО «Оптическое волоконные системы» [Электронный ресурс] URL: <https://servernews.ru/989756> (дата обращения: 30.06.2020);

4) АО «ОКБ КП» / Оптические кабели [Электронный ресурс] URL: <http://www.okbcp.ru/production/cabels/optical/255/1954/> (дата обращения: 05.07.2020);

5) Автоматизированный комплекс производства оптоволоконного кабеля // [Электронный ресурс] URL: <https://www.elec.ru/articles/avtomatizirovannyj-kompleks-proizvodstva-optovolok/> (дата обращения: 05.07.2020).

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА НАКЛЕПА ПОВЕРХНОСТИ ПРИ УПРАВЛЯЕМОЙ ИНЕРЦИОННО-ИМПУЛЬСНОЙ ОБРАБОТКЕ В ИЗДЕЛИЯХ ИЗ ВЫСОКОПРОЧНОГО ЧУГУНА

*В.М. Пашкевич, д.т.н., проф.,
В.В. Афаневич, ст. преподаватель
Белорусско-Российский университет, 212000, г.Могилев, пр-т. Мира, 43,
тел. (8-10-375-222) 25-09-05
E-mail: pvm@bk.ru*

Одним из способов для отделочно-упрочняющей обработки внутренних цилиндрических поверхностей деталей, изготавливаемых из высокопрочного чугуна, является инерционно-импульсная обработка (ИИО). Для реализации такого способа может служить инерционно-импульсный раскатчик отверстий (рисунок 1) [1].

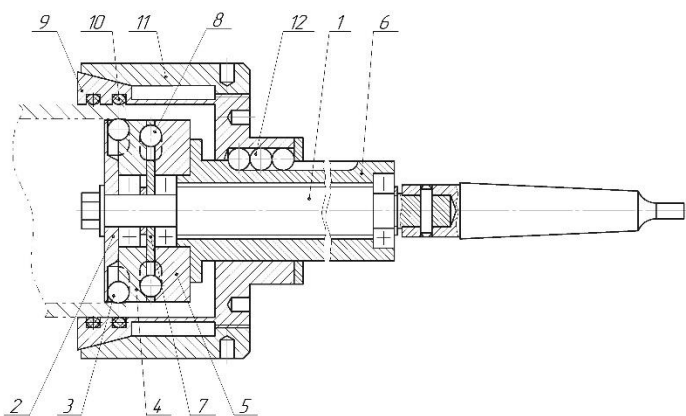


Рис. 1. Инерционно-импульсный раскатчик отверстий

При использовании представленного инструмента вращение от обрабатываемой заготовки передается через цангу 9 с фрикционными кольцами 10 на торцовый шаровой редуктор, включающий ведущее звено 5 и ведомое звено 4, которое одновременно является опорным элементом для деформирующих шаров 3. Опорный элемент, взаимодействуя с диском 2 с радиальными пазами, приводит в движение деформирующие шары, которые, таким образом, движутся в радиальном направлении, перпендикулярном обрабатываемой поверхности, и наносят по ней удары. При этом изменение частоты вращения заготовки приводит к изменению скорости движения деформирующих шаров в направлении обрабатываемой поверхности в момент совершения удара по ней. Изменение подачи инструмента в осевом направлении позволяет покрывать всю обрабатываемую поверхность следами от ударов деформирующими шарами, при этом совокупность таких следов имеют регулярные или частично регулярные характеристики.

Для исследования процесса инерционно-импульсной обработки создана компьютерная модель, имитирующая удар шара по обрабатываемой поверхности [2].

В результате моделирования получена зависимость глубины проникновения остаточных напряжений вглубь материала от скорости деформирующего шара в момент нанесения удара по поверхности (рисунок 2).

Показан характер залегания остаточных напряжений на поверхности заготовки после нанесения удара деформирующим шаром по мере удаления от точки контакта в радиальном направлении (рисунок 3).

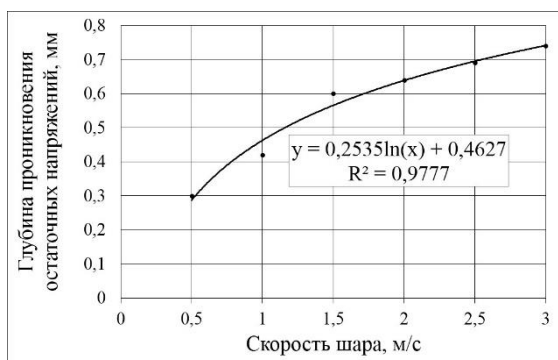


Рис. 2. Зависимость глубины проникновения остаточных напряжений от скорости деформирующего шара.

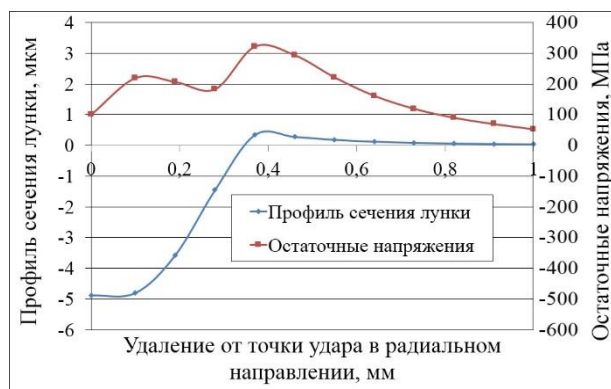


Рис. 3. Зависимость расположения остаточных напряжений на обрабатываемой поверхности по мере удаления от точки удара, наложенная на полупрофиль лунки.

Кроме того, получена зависимость ширины кольцевидной области наклепа на обработанной поверхности от скорости шара.

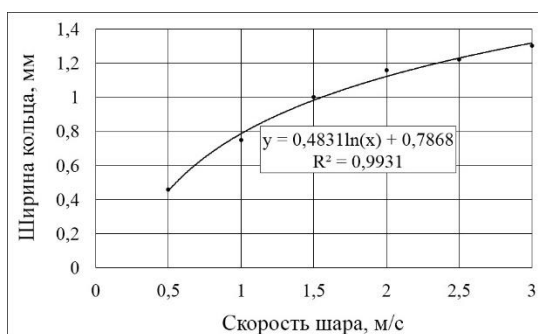


Рис. 4. Зависимость ширины области наклепа с остаточными напряжениями от скорости шара.

Таким образом, показано, что процессом ИИО отверстий деталей из высокопрочного чугуна можно управлять за счет изменения частоты вращения заготовки, приводящей к изменению скорости деформирующего шара. Изменение подачи инструмента в осевом направлении влияет на плотность покрытия поверхности следами обработки.

Получены рекомендации по использованию режимов обработки, обеспечивающих скорость шара в момент удара в интервале 1-3 м/с.

Список литературы:

1. Пат. 12381 РБ, МПК В24В 39/02. Инерционно-импульсный раскатник / В.М. Пашкевич, В.В. Афаневич; заявитель и патентообладатель Беларус.-Рос. ун-т. – № и20190301; заявл. 02.12.19; опубл. 30.08.20, Бюл. №4 (135).– 9с.
2. Афаневич, В. В. Моделирование процесса формирования микрорельефа поверхности при инерционно-импульсной обработке / Афаневич В.В., Пашкевич В.М., Попковский В.А. // Вестн. Беларус.-Рос. ун-та. – 2019. – № 4(65). – С. 5–14.
3. Пашкевич, В. М. Управляемое инерционно-импульсное раскатывание внутренних цилиндрических поверхностей / В. М. Пашкевич, В. В. Афаневич, К. А. Максимов // Машиностроение и металлообработка: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Могилев – Бобруйск, 10–11 октября 2019 г.: / Ин-т технологии металлов Нац. акад. наук Беларуси, Администрация свобод. экон. зоны «Могилев», Беларус.- Рос. ун-т; редкол.: М. Е. Лустенков (гл. ред.) [и др.]. – Могилев: Беларус.-Рос. ун-т, 2019. – С. 48.

ТЕХНОЛОГИЯ СОВМЕЩЕННОЙ ОБРАБОТКИ РЕЗАНИЕМ И МАГНИТНО-ДИНАМИЧЕСКИМ НАКАТЫВАНИЕМ

Д.М. Свирепа, к.т.н., доц.,

А.С. Кручинина, аспирант

Белорусско-Российский университет, 212030, г. Могилев, пр.Мира,43,

тел. (+375-222)-71-28-38

E-mail: svirepa.dmitry@gmail.com

На сегодняшний день перспективными, набирающими все большую популярность и имеющими широкую область применения в машиностроительной промышленности являются технологии совмещенной обработки резанием и модифицирования поверхностного слоя методом магнитно-динамического накатывания, позволяющие достичь высоких показателей обрабатываемой поверхности, а также сократить сроки производства деталей, что обеспечит повышение производительности и рост конкурентоспособности продукции.

Технология отделочно-упрочняющей обработки отверстий с использованием магнитно-динамических модулей имеют ряд преимуществ наряду с классическими способами обработки внутренних цилиндрических поверхностей деталей, таких как достижение высоких качественных характеристик поверхностного слоя обрабатываемых деталей за счет увеличения долговечности, износостойкости, коррозионной стойкости изделия при минимальных временных затратах [1].

Технология совмещенной обработки резанием и магнитно-динамического накатывания позволяет выполнять отделочно-упрочняющую обработку отверстий цилиндрических деталей типа цилиндров, втулок, колец диаметром свыше 60 мм. Обработка производится инструментом, имеющим расточной и магнитно-динамический модули, которые устанавливаются соосно друг за другом на единую оправку. Для выполнения технологической операции (осуществления данного совмещенного способа обработки) предварительно производится настройка совмещенного инструмента на заданный размер исходя из величины припуска на чистовую или получистовую обработку (0,1 – 0,5 мм). При настройке также возможно использование кондукторной втулки. Обрабатываемая цилиндрическая деталь 8 устанавливается и закрепляется в приспособлении, предварительно установленном на столе станка (станки сверлильной и фрезерных групп) или в патроне (станки токарной группы). На рисунке 1 представлена схема совмещенной обработки.

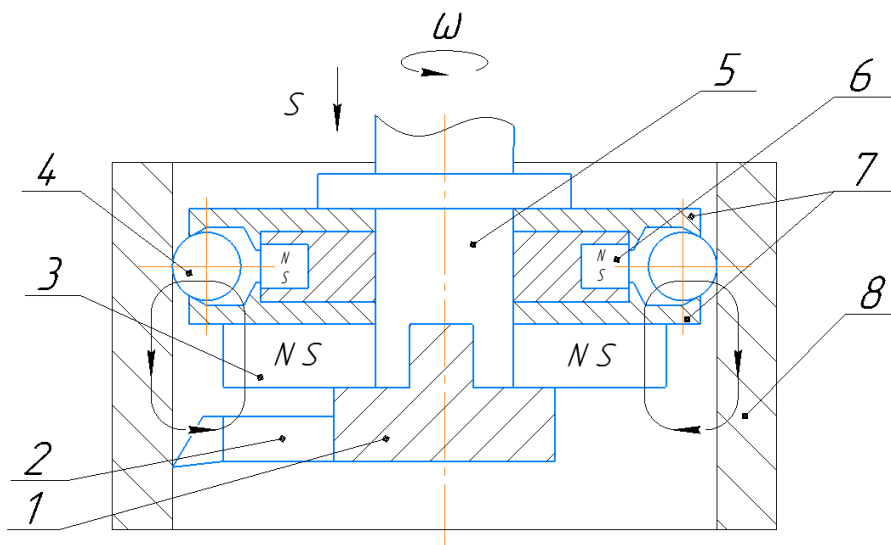


Рис. 1. Технология совмещенной обработки резанием и магнитно-динамическим накатыванием

Оправке 5, закрепленной в шпинделе (станки сверлильной и фрезерных групп), сообщается вращательное движение ω . Для станков токарной группы вращение сообщается обрабатываемой детали 8. Подача S сообщается либо детали, либо инструменту в зависимости от того на каком оборудовании осуществляется обработка.

Резцовый модуль 1 включает в себя резец 2 для осуществления процесса резания и обеспечения точностных требований, предъявляемых к детали. Настройка на необходимый диаметральный размер осуществляется при помощи расточной головки. Также резцовый модуль 1 содержит источник дополнительного магнитного поля 3, который выполняет две задачи: отвод образующей в процессе растачивания стружки от зоны деформирования, осуществляемого магнитным модулем, и опережающее намагничивание зоны деформирования.

Магнитно-деформирующий модуль предназначен для отделочно-упрочняющей обработки и включает в себя магнитную систему с радиально расположенными источниками магнитного поля в виде постоянных цилиндрических магнитов 6 и ряд деформирующих шаров 4. Деформирующие шары 4 свободно располагаются в пространстве (полости) кольцевой камеры, образуемой двумя дисками 7, и приводятся в движение совместным воздействием центробежной силы и концентрированным потоком магнитного (энергии) поля, за счет чего совершают колебательные движения, нанося периодические удары по поверхности обрабатываемой детали [2,3].

Разработанная технология совмещенной обработки резанием и магнитно-динамическим накатыванием обеспечивает:

- достижение высоких показателей по снижению шероховатости поверхности (с величины $Ra\ 10,4 - 10,7\ \mu\text{м}$ до величины $0,2 - 1,7\ \mu\text{м}$);
- упрочнение поверхностного слоя детали на глубину $0,05 - 1\ \text{мм}$;
- изменение исходного диаметрального размера детали при совмещенной обработке резанием и магнитно-динамическом накатывании равняется сумме двух величин: величине удаляемого припуска резцовым модулем и величине припуска под магнитно-динамическое накатывание – $18-20\ \mu\text{м}$, что позволяет дать рекомендации по расчету припуска на совмещенную обработку;
- обработку деталей твердостью до $50...55\ \text{HRC}$;
- повышение производительности обработки в $2 - 5$ раз.

Список литературы:

1. Довгалёв А. М., Свирепа Д. М. Технология магнитно-динамического раскатывания и ее реализация в машиностроении // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы междунар. науч.-техн. конф., Могилев, 24 – 25 Апреля 2014 г. – Могилев, БРУ, 2014. – С. 10 – 15.
2. Свирепа Д. М., Семёнова А. С. Оптимизация количества источников магнитного поля в инструментах для совмещенной обработки резанием и МДН // Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности: материалы междунар. науч.-техн. конф. – 2019. – С.40.
3. Свирепа Д. М., Семёнова А. С. Влияние способов совмещенной обработки резанием и магнитно-динамическим накатыванием на шероховатость поверхности // Вестник Белорусско-Российского университета. – 2019. – №2. – С.34 – 43.

**НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ НАНОТРИБОЛОГИИ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ
КОНТАКТНОЙ ПОВЕРХНОСТИ РЕЗЦА И СХОДЯЩЕЙ СТРУЖКИ**

Проф. К.Б Усманов, ст.преп.

А.А. Якубов, ст.преп.

А.М. Ниязбаев

*Ташкентский государственный технический университет, 100093, г. Ташкент,
ул. Университетская, 2, тел. (+99893) 553-16-84, (+99890) 950-99-31*

E-mail: asroryakubov.1974@mail.ru

Избирательный перенос металла при трении или «эффект без износа» определен как вид фрикционного взаимодействия, характеризуемый молекулярной составляющей трения, который возникает в результате протекания на поверхности контактирующих тел химических и физических процессов, приводящих к образованию самоорганизующихся систем автокомпенсации износа и снижения коэффициента трения. Для этого явления наиболее характерно образование защитной (сервовитной) плёнки в которой реализуется особый механизм деформации, протекающий без накопления дефектов, свойственных усталостным процессам. Реальная толщина такой плёнки не превышает 100 н.м., то есть данное явление с полной уверенностью можно отнести к проявлениям нелинейных эффектов в наномире.

Таким образом с позиции нанотрибологии, трение теперь представляется не только как разрушительное явление - оно в определенных условиях может быть реализовано как самоорганизующийся созидательный процесс [1].

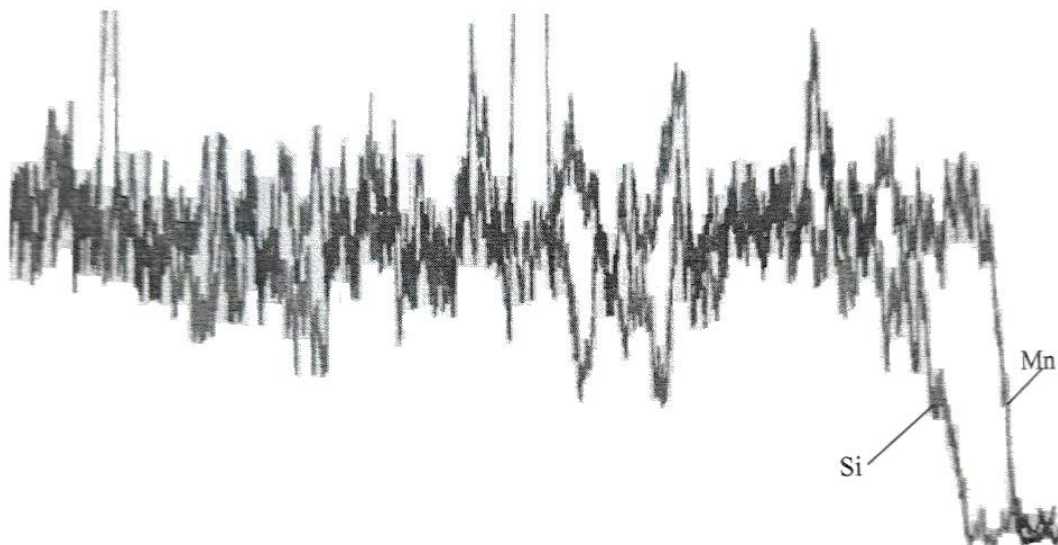


Рис. 1. Сканограмма характеристических излучений K_{α} элементов Si и Mn на передней поверхности режущего резца (быстрорежущая сталь марки P18); обрабатываемый материал Сталь 40X; среда - технический кислород; скорость $v=40$ м/мин $s=0.25$ мм/об, $t=1$ мм.

Оказалось при резании такие условия возможны. Проведенные многочисленные опыты при резании различных марок стали резцом из быстрорежущей стали марки P18 показали высокую стойкость при резании с применением смазочно-охлаждающими средами (жидкими и газообразными). При резании, механизм образования сервовитной плёнки, так же применим, происходит схватывание и намазывание продуктов реакций раскисления обрабатываемой стали, которые в зоне стружкообразования, подвергаясь сильным деформациям и температурам, размягчаются и в виде тонкого нижнего слоя стружки перемещаются по

передней поверхности резца, оставляя за собой след в виде пленки оксидов на поверхности режущего лезвия.

Рентгено-спектральный анализ показал, что образовавшийся слой состоит из окислов кремния и марганца. Элементы кремний и марганец находятся в каждой стали в виде примесей и являются обязательными (как раскислители) на заключительной стадии выплавки стали.

Особенностью процессов трения пара сходящая стружка–передняя поверхность режущего инструмента является то, что стружкообразование происходит непрерывно и в месте сходящей стружки вступают вновь образованные поверхности в зоне сдвига. Происходит образование, разрушение, износ и вновь образование контактной структуры, то есть её непрерывная регенерация.

Трение и изнашивание инструмента, без сомнения, можно отнести к неравномерным термодинамическим процессам, поэтому самоорганизации, протекающие в них неизбежны и обязательны [2].

Процесс резания рассматривается как открытая система развития активационно-диссипативных энергетических потоков при образовании модифицированных структур, а также их разрушение реализуется в полном согласии с законами неравновесной термодинамики и управляется эволюционным критерием И. Пригожина [3].

Список литературы:

1. Балабанов В.И. Нанотехнологии. Наука будущего. М.: Эксмо, 2009г., стр.-240.
2. Кам В.А. Самоорганизация в процессах упрочнения, трения и изнашивания режущего инструмента. Владивосток. Дальнаука, 2001г., стр.-240.
3. Глензорф П., Пригожин И. Термодинамическая теория структуры, устойчивости и флуктуации. М.: Мир, 1973г., стр.-280.

**ВЛИЯНИЕ НЕКОТОРЫХ ПАРАМЕТРОВ НАМАГНИЧИВАНИЯ И РЕЖИМОВ
РЕЗАНИЯ НА СТОЙКОСТЬ ИНСТРУМЕНТОВ ПРИ ОБРАБОТКЕ
КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

С.М. Хасанов, к.т.н., проф.,

А.А. Якубов, ст. преп.

*Ташкентский государственный технический университет, 100093, г. Ташкент,
ул. Университетская, 2, тел. (+99893) 553-16-84, (+99890) 950-99-31*

E-mail: asroryakubov.1974@mail.ru

Известно много различных методов увлечения износостойкости режущего инструмента. Это азотирование, цианирование, обработка холодом, резание или обработка инструмента в магнитном поле, применение различных смазочно-охлаждающих сред и т.п. В последнее время применение магнитного поля при механической обработке велась в различных направлениях.

Одним из методов увеличения износостойкости инструментов является намагничивание режущего инструмента [1].

Вопросом влияния намагниченности быстрорежущих инструментов на производительность механической обработки и на износостойкость резцов посвящено много работ [2].

Многочисленными экспериментами установлено значительное влияние магнитного поля на стойкости режущего инструмента. Однако до сих пор не определены оптимальные режимы намагничивания.

Для определения оптимального значения времени намагничивания τ и силы тока J , нами были определены зависимости $T = f(\tau)$ и $T = f(J)$ для ненамагниченого и намагниченого быстрорежущих резцов при обработке стали 25. Затем определили коэффициент повышения стойкости намагниченого инструмента по формуле:

$$K_T = \frac{T_{\text{нам}}}{T_{\text{ненам}}}$$

где: $T_{\text{нам}}$ - стойкость намагниченого инструмента;

$T_{\text{ненам}}$ - стойкость не намагниченого инструмента.

Опыты проводились при режимах резания $\vartheta = 120$ м/мин; $S = 0.11$ мм/об; и $\gamma = 15^\circ$, при которых наблюдался устойчивый эффект от намагничивания.

Оптимальным значением времени намагничивания является $\tau = 3$ мин, а сила тока $J = 3.75$ ампер. Аналогичные данные были получены при обработке сталей 40Х и 45. Поэтому во всех последующих опытах намагничивание режущего инструмента производилось при $\tau = 3$ мин, и $J = 3.75$ ампер.

Для того, чтобы определить влияние значения остаточной магнитной индукции на износостойкость инструмента, проводились стойкостные опыты для вышеуказанных намагниченовых резцов. Полученные данные показали, что изменение длины резцов в условиях проведенных опытов не оказывает значительного влияния на эффект от применения намагниченовых инструментов.

Одним из факторов, влияющих на температуру резания и на пластическую деформацию срезаемого слоя, является передний угол γ .

Опыты показали, что в большом диапазоне значений переднего угла γ , ($0 - 20^\circ$), намагничивание резца по сравнению с не намагниченовым увеличивает его стойкость. Однако эффект от намагничивания инструмента с изменением переднего угла γ количественного

меняется. Оптимальным значением переднего угла γ для намагниченных инструментов для всех исследованных подач является $\gamma = 15^{\circ}$. Это может быть объяснено оптимальным сочетанием пластической деформации срезаемого слоя и температуры резания, площади контактных поверхностей, условий отвода тепла и значение коэффициента трения.

Следующая серия опытов была проведена при постоянном значении угла $\gamma = 15^{\circ}$ для различных скоростях резания и подачи при обработке сталей 25 и 45. Результаты опытов представлены на рисунках 1,2. Из приведенных данных видно, что во всем диапазоне скоростей резания, в котором проводились опыты, происходит увеличение стойкости намагниченного резца.

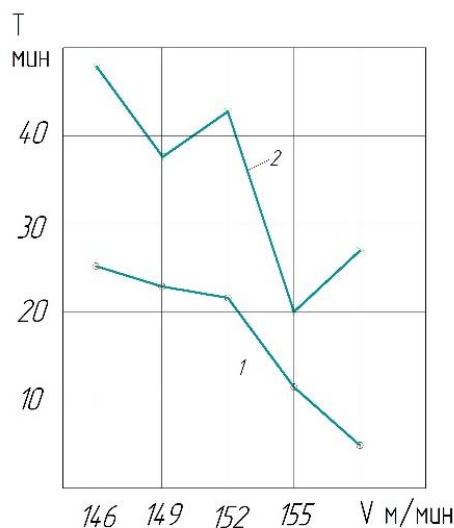


Рис.1. Влияние скорости резания и намагниченности резца на стойкость режущего инструмента при обработке стали 25, $S = 0,11$ мм/об
1. Ненамагниченный инструмент
2. Намагниченный инструмент

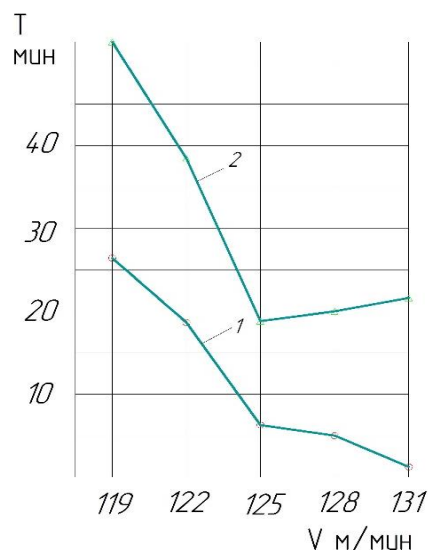


Рис.2. Влияние скорости резания и намагниченности резца на стойкость режущего инструмента при обработке стали 25, $S = 0,15$ мм/об
1. Ненамагниченный инструмент
2. Намагниченный инструмент

На основании проведенных теоретических исследований и анализа полученных экспериментальных данных можно сделать следующие выводы:

1. Оптимальными режимами намагничивания быстро режущих инструментов для их эффективного использования является $J_{opt} = 3,75$ ампер $\tau_{opt} = 3$ мин ;
2. Остаточная магнитная индукция с изменением длины резца меняется незначительно и не оказывают значительного влияния на эффект от применения намагниченных инструментов.
3. Передний угол $\gamma = 15^{\circ}$ и скорость резания при обработке конструкционных углеродистых сталей оказывают существенное влияние на эффективность намагниченных инструментов и это влияние уменьшается с увеличением подачи.

Список литературы:

1. Хасанов С.М. Некоторые вопросы эффективности применение магнитного поля в машиностроении. Сборник научных статей Международная научно-технической конференции. «Современные материалы, техника и технология в машиностроении» Андижан-2016.
2. Кинденко Н.И. «Классификация методов магнитной обработки режущих инструментов». Научный вестник Донбасской государственной машиностроительной академии. №2 (8Е), 2011, Ст118-121.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЭПЮР КОНТАКТНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ НА ПЕРЕДНЕЙ ПОВЕРХНОСТИ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА ПРИ ОБРАБОТКЕ СТАЛИ

Ц. Чжао, магистрант гр. 4АМ91,
В.Н. Козлов, к.т.н., доц., Ц. Ю,
Ц. Ю, магистрант гр. 4АМ91;
М. Ци, магистрант гр. 4АМ91,

Томский политехнический университет, 634050, г.Томск, пр.Ленина,30
тел.(3822)-606-389
E-mail: kozlov-viktor@bk.ru

Исследование распределения контактных напряжений на рабочих поверхностях режущего инструмента является сложной задачей. Поэтому нами были проведены исследования по определению закономерностей изменения основных параметров эпюр контактных напряжений на передней поверхности, которые позволят при обработке стали построить эпюры контактных напряжений по величине толщины среза $a = s \cdot \sin \varphi$ (мм), где s – подача (мм/об), φ – главный угол в плане ($^\circ$).

Анализ эпюр, построенных на основе экспериментов с использованием метода разрезного резца [1, 2, 3, 4], показал, что можно выделить ограниченное количество параметров, которые позволят однозначно построить графики распределения контактных напряжений на передней поверхности резца (рис. 1).

Длина контакта стружки с передней поверхностью c (мм) может быть измерена или рассчитана по формулам в зависимости от толщины среза a и переднего угла γ ($^\circ$).

Длина пластического контакта стружки с передней поверхностью c_1 (мм) при обработке стали средней твёрдости обычно равна $0,5 \cdot c$.

При построении эпюр касательных контактных напряжений τ необходимо знание положения только двух точек: в конце контакта стружки с передней поверхностью $\tau = 0$ МПа, вторая – величина τ на участке от нуля до c_1 (расстоянии l) (рис. 1). На этом участке величина $\tau = \text{const}$, при этом $\tau = \tau_{\text{max}}$. В дальнейшем она будет обозначаться как τ_{const} . Такой характер эпюры τ позволяет определить τ_{const} по силе трения на передней поверхности F (Н): $\tau_{\text{const}} = F / (c \cdot 0,75 \cdot b_c)$ (Н/мм²) или (МПа), где b_c – ширины контакта стружки с передней поверхностью резца, зависящая от глубины резания t (мм): $b_c \approx t / \sin \varphi$ (мм).

При построении эпюр нормальных контактных напряжений σ (МПа) необходимо знание положения шести характерных точек, отстоящих от режущей кромки на расстояниях $l = 0$ мм; l_1 ; $l = 0,4 \cdot c$; l_2 ; $l = c_1$; $l = c$ (в последней точке $\sigma = 0$ МПа, т.к. стружка отходит от передней поверхности).

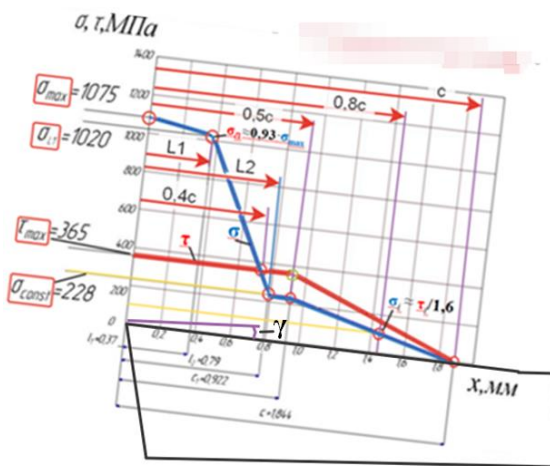


Рис. 1. Эпюры нормальных σ и касательных τ контактных напряжений (МПа) при обработке стали 40Х. Сталь 40Х – Т15К6, $\gamma=7^\circ$, $v=2$ м/с, $t = 2$ мм, $a = 0,368$ мм.

на

и

Расстояние l_1 зависит от толщины среза a , поскольку в этой области идёт давление от заготовки, а не от формирующейся стружки. Поэтому принимаем $l_1 \approx a$ (мм). Нормальное контактное напряжение в конце этого участка $\sigma_{l1} \approx 0,93 \cdot \sigma_{max}$ (МПа).

На расстоянии $l_{пересеч} = 0,4 \cdot c$ (мм) от режущей кромки имеется пересечение эпюры нормальных контактных напряжений σ с эпюрой касательных τ , т.е. в этом месте $\sigma = \tau$ (рис. 1).

На расстоянии l_2 от режущей кромки начинается переход ниспадающего участка эпюры нормальных контактных напряжений σ в небольшой по протяжённости участок, где эпюра σ параллельна передней поверхности (рис. 1). На этом участке $\sigma = \sigma_{const}$ (МПа).

На расстоянии $l = c_1$ от режущей кромки начинается переход участка эпюры $\sigma = \sigma_{const}$ в ниспадающий до нуля в точке отрыва стружки от передней поверхности. В этой точке, т.е. при $l = c_1$, также $\sigma = \sigma_{const}$ (МПа).

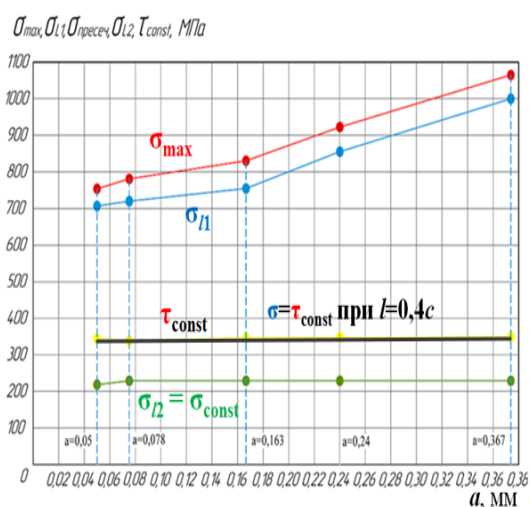


Рис. 2. Влияние толщины среза a (мм) на основные параметры эпюр контактных напряжений (МПа) при обработке стали 40Х. Сталь 40Х – Т15К6, $\gamma=7^\circ$, $v=2$ м/с.

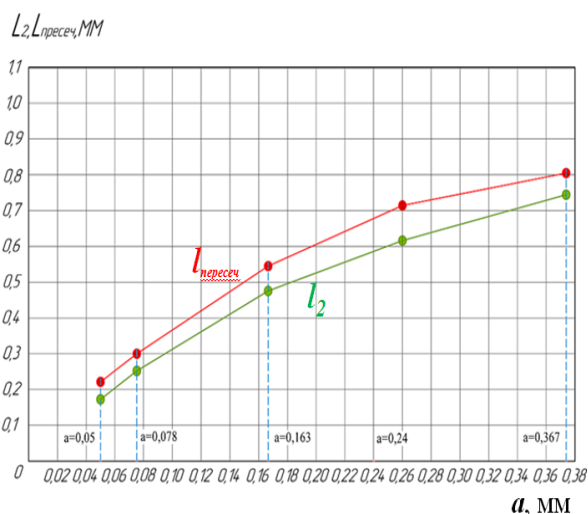


Рис. 3. Влияние толщины среза a (мм) на расстояние от режущей кромки основных параметров эпюр контактных напряжений. Сталь 40Х – Т15К6, $\gamma=7^\circ$, $v=2$ м/с.

После построения эпюр касательных и нормальных контактных напряжений для нескольких толщин среза a в диапазоне от 0,05 до 0,368 мм были построены графики (рис. 2 и 3), по которым можно определить величины основных параметров эпюр для любой подачи в изученном диапазоне толщин среза.

Список литературы:

1. Козлов В. Н., Цуй Ц., Чжан Ц., Хуан Ч. Методика измерения контактных напряжений на поверхностях режущего инструмента / В. Н. Козлов, Ц. Цуй, Ц. Чжан, Ч. Хуан // Наука и образование: Материалы XX Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых (18-22 апреля 2016 г.). Томск: Изд-во. ТГПУ, 2016. С. 97-105.
2. Kozlov V., Zhang J., Cui J., Bogolyubova M. Split Cutter Method for Contact Stresses Research over Flank Surface of a Cutter // Key Engineering Materials. Trans Tech Publications, Switzerland. – 2017. v. 73, pp. 252-257.
3. Развитие науки о резании металлов /В.Ф. Бобров, Г.И. Грановский, Н.Н. Зорев и др. – Москва: Машиностроение, 1967. – 416 с.
4. Контактные нагрузки на режущих поверхностях инструмента/Полетика М.Ф. – Москва: Машиностроение, 1969. – 148 с.

СЕКЦИЯ 4

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И НАНОТЕХНОЛОГИИ В МАШИНОСТРОЕНИИ

**ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКАЕМОСТИ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННЫХ
КОБАЛЬТОХРОМОВЫХ ПОРОШКОВ, ИЗГОТАВЛИВАЕМЫХ ДЛЯ АДДИТИВНЫХ
ИЗДЕЛИЙ**

*Е.В. Агеев, д.т.н., проф.,
А.Ю. Алтухов, к.т.н., доц.,
Е.В. Агеева, к.т.н., доц.*

*Юго-Западный государственный университет, 305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94,
тел. (4712)32-68-79*

E-mail: ageev_ev@mail.ru

Исходя из особенностей методов получения сферических порошков с целью получения сферических гранул регламентированной зернистости предлагается технология электродиспергирования, отличающийся относительно невысокими энергетическими затратами и экологической чистотой. Одним из преимуществ предложенной технологии является применение в качестве исходных материалов отходов, которое значительно дешевле чистых компонентов, используемых в традиционных технологиях. Кроме того, данная технология позволяет, за счет возможности регулирования в широких пределах энергетических параметров процесса, управлять распределением размеров и формы получаемых порошков [1-5]. Целью настоящей работы являлось исследование спекаемости электроэрозионных кобальтохромовых порошков, изготавливаемых для аддитивных изделий.

Кобальтохромовые порошки получали электродиспергированием отходов сплава КХМС в спирте. Средний размер полученных частиц составил 52,5 мкм, арифметическое значение – 52,496 мкм. Параметры формы полученных микрочастиц кобальтохромовых порошков представлены на рисунке 1.

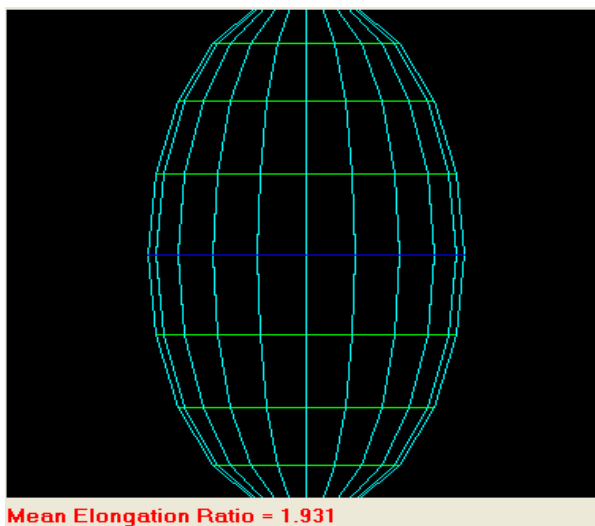


Рис. 1. Параметры формы микрочастиц кобальтохромовых порошков

Экспериментально установлено, что коэффициент элонгации (удлинения) частиц размером 44,128 мкм составляет 1,931. Спекание кобальтохромовых порошков проведено методом искрового плазменного спекания с использованием системы искрового плазменного спекания SPS 25-10 (Thermal Technology, США). Исходный материал размещали в матрице из графита, помещаемой под пресс в вакуумной камере. Электроды, интегрированные в механическую часть прессы, подводят электрический ток к матрице и создают искровые разряды между спекаемыми частицами материала, обеспечивая интенсивное взаимодействие.

Растровое электронно-микроскопическое изображение спеченного образца из электроэрозионных кобальтохромовых порошков представлено на рисунке 2.

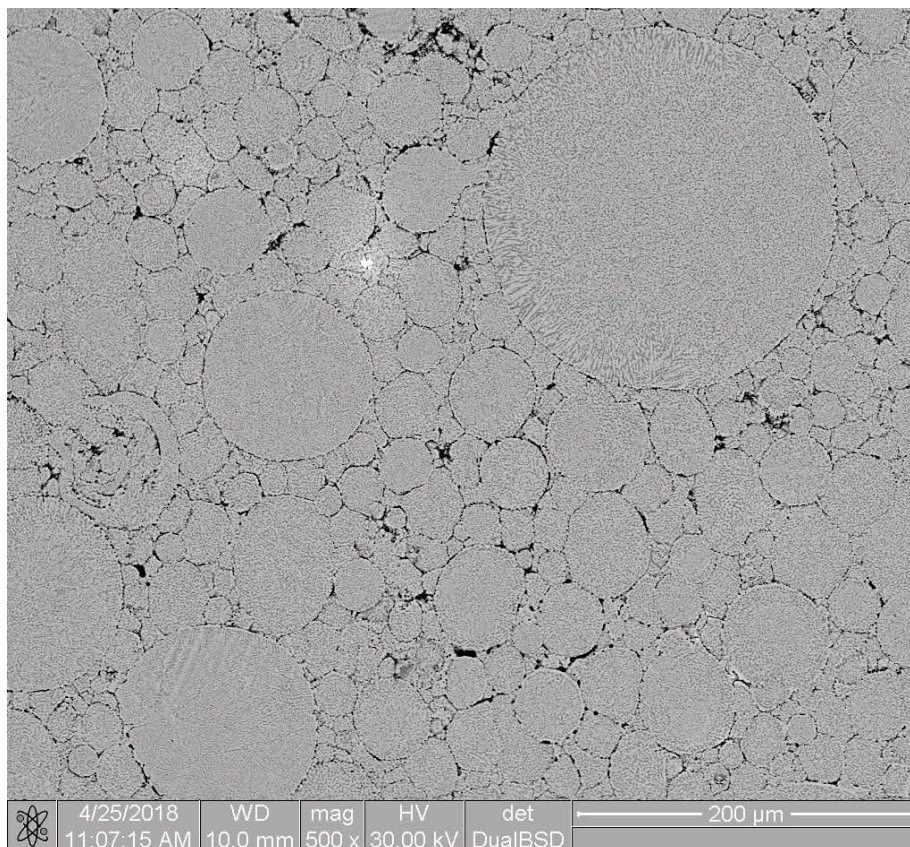


Рис. 2. Растровое электронно-микроскопическое изображение спеченного образца

На основании проведенных исследований, направленных на исследование спекаемости электроэрозионных кобальтохромовых порошков, изготавливаемых для аддитивных изделий, показали высокую эффективность их применения в технологиях искрового плазменного спекания, поскольку обеспечивается практически беспористая равновесная структура материала.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда. Номер проекта 17-79-20336-П.

Список литературы:

1. Размерный анализ порошков, полученных электроэрозионным диспергированием сплава ВК8 / Е. В. Агеева, В. Л. Селютин, Г. Р. Латыпова, А. С. Осьминина // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. 2018. Т. 8, № 2 (27). С. 20–31.

2. Ageev E. V., Latypov R. A. Fabrication and investigation of carbide billets from powders prepared by electroerosive dispersion of tungsten-containing wastes // Russian Journal of Non-Ferrous Metals. 2014. Vol. 55, is. 6. P. 577–580.

3. Elemental composition of the powder particles produced by electric discharge dispersion of the wastes of a VK8 hard alloy / R. A. Latypov, G. R. Latypova, E. V. Ageev, A. Y. Altukhov, E. V. Ageeva // Russian metallurgy (Metally). 2017. is. 12. P. 1083-1085.

4. Properties of the coatings fabricated by plasma-jet hard-facing by dispersed mechanical engineering wastes / R. A. Latypov, G. R. Latypova, E. V. Ageev, A. Y. Altukhov, E. V. Ageeva // Russian metallurgy (Metally). 2018. no. 6. P. 573-575.

5. Фазовый состав частиц порошка, полученного электроэрозионным диспергированием сплава ВК8 в бутиловом спирте / Е. В. Агеева, А. Ю. Алтухов, С. С. Гулидин, Е. В. Агеев, А. А. Горохов // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. 2016. № 1 (18). С. 20–25.

РЕНТГЕНСПЕКТРАЛЬНЫЙ МИКРОАНАЛИЗ ТЯЖЕЛЫХ ВОЛЬФРАМОВЫХ ПСЕВДОСПЛАВОВ НА ОСНОВЕ ДИСПЕРГИРОВАННЫХ ЭЛЕКТРОЭРОЗИЕЙ ЧАСТИЦ СПЛАВА ВНЖ, ПОЛУЧЕННЫХ В ВОДЕ

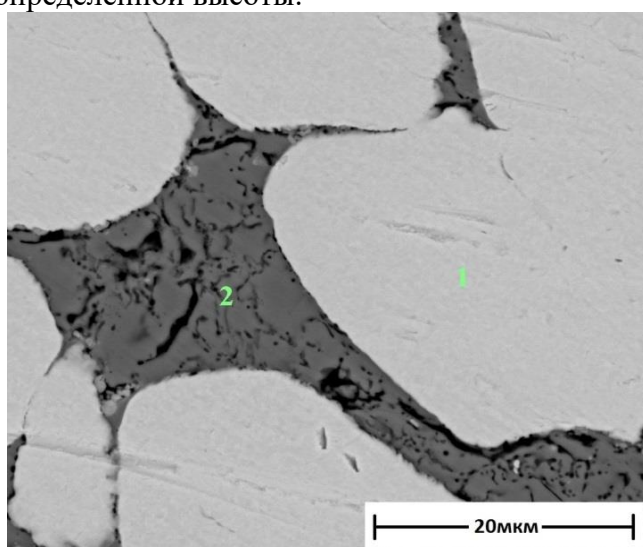
*Е.В. Агеева, к.т.н., доц.,
Е.В. Агеев, д.т.н., проф.,
С.В. Пикалов, к.т.н., доц.*

*Юго-Западный государственный университет, 305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94,
тел. (4712)32-68-79*

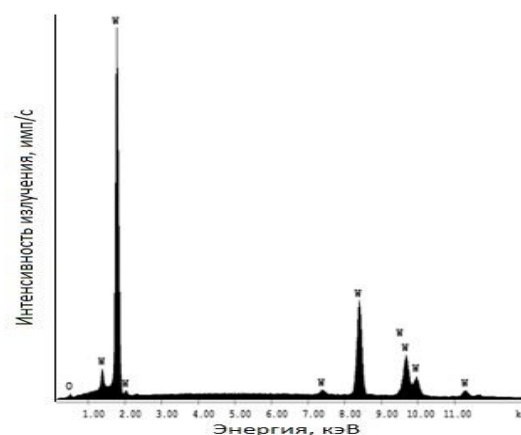
E-mail: ageev_ev@mail.ru

Тяжелые сплавы на основе вольфрама из-за уникальных свойств нашли широкое распространение во многих областях промышленности, в том числе оборонной. В настоящее время одной из основных проблем использования этих сплавов является переработка их отходов и повторное использование [1-3]. Существующие промышленные технологии измельчения таких сплавов отличаются крупнотоннажностью, высокими затратами энергии и экологическими проблемами. Поиск новых экологически чистых технологий переработки отходов тяжелых сплавов вольфрама, в т.ч. сплавов ВНЖ, является актуальным и необходимым [4, 5]. Одним из перспективных и промышленно неприменяемых способов измельчения любого электропроводного материала является электроэрозионный способ [6, 7]. К настоящему времени отсутствуют научно-технические разработки по использованию диспергированных электроэрозией частиц сплава ВНЖ в качестве шихты для производства тяжелых вольфрамовых псевдосплавов и изделий из них. Для этих целей требуется проведение комплексных теоретических и экспериментальных исследований. Проведение намеченных мероприятий позволит решить проблему переработки отходов тяжелых вольфрамовых сплавов, экономию дорогостоящего вольфрама и повторное его использование. Целью работы являлось проведение рентгеноспектрального микроанализа тяжелых вольфрамовых псевдосплавов на основе диспергированных электроэрозией частиц сплава ВНЖ, полученных в воде.

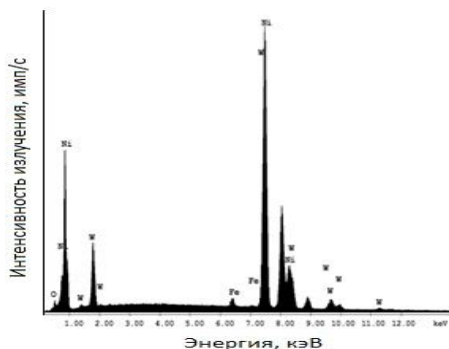
Обобщенные данные по результатам исследования микроструктуры и рентгеноспектрального микроанализа тяжелых вольфрамовых псевдосплавов из диспергированных электроэрозией частиц сплава ВНЖ 95 в воде дистиллированной представлены на рисунке 2. Точкам 1 и 2 на рисунке соответствуют спектры характеристического рентгеновского излучения. На спектрах каждому химическому элементу соответствует пик определенной высоты.



а)



б)



в)

Рис. 1. Тяжелые вольфрамовые псевдосплавы из диспергированных электроэрозией частиц в воде дистиллированной: а) микроструктура; б) элементный состав в точке 1; в) элементный состав в точке 2

Экспериментально установлено, что в тяжелом вольфрамовом сплаве из диспергированных электроэрозией частиц сплава ВНЖ 95 в воде дистиллированной присутствует часть кислорода, а все остальные элементы распределены по объему частиц относительно равномерно. Показано, что основными элементами в тяжелом вольфрамовом сплаве из диспергированных электроэрозией частиц сплава ВНЖ 95 в воде дистиллированной, являются W, Ni и Fe.

Работа выполнена при поддержке гранта Президента РФ (НШ-2564.2020.8).

Список литературы:

1. Динамическая прочность тяжелого сплава ВНЖ-90, полученного методом электроимпульсного плазменного спекания / А. М. Брагов, В. Н. Чувильдеев, Н. В. Мелёхин, А. Р. Филиппов, А. Ю. Константинов, Н. В. Сахаров // Физическая мезомеханика. 2018. Т. 21, № 2. С. 96–102.
2. Особенности диффузионной сварки вольфрамового сплава ВНЖ 95 / А. В. Люшинский, В. И. Малинов, Н. И. Качалин, Г. В. Баранов // Сварочное производство. 2008. № 8. С. 26–28.
3. Электрохимическое окисление тяжелого вольфрамосодержащего сплава типа ВНЖ и его компонентов в аммиачно-щелочных электролитах / О. Г. Кузнецова, А. М. Левин, М. А. Севостьянов, О. И. Цыбин, А. О. Больших // Металлы. 2019. № 3. С. 26–30.
4. Исследование структуры и механических свойств нано- и ультрадисперсных механоактивированных вольфрамовых псевдосплавов / В. Н. Чувильдеев, А. В. Нохрин, Г. В. Баранов, А. В. Москвичева, Ю. Г. Лопатин, Д. Н. Котков, Ю. В. Благовещенский, Н. А. Козлова, С. В. Шотин, Д. А. Конычев, А. В. Пискунов // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. 2010. № 2-1. С. 47–59.
5. Исследование процессов спекания нано- и ультрадисперсных механоактивированных порошков системы W-Ni-Fe и получение сверхпрочных тяжелых вольфрамовых сплавов / В. Н. Чувильдеев, А. В. Нохрин, Г. В. Баранов, М. С. Болдин, А. В. Москвичева, Н. В. Сахаров, Д. Н. Котков, Ю. Г. Лопатин, В. Ю. Белов, Ю. В. Благовещенский, Н. А. Козлова, Д. А. Конычев, Н. В. Исаева // Металлы. 2014. № 2. С. 51–66.
6. Рентгеноструктурный анализ порошков, полученных электроэрозионным диспергированием сплава ВНЖ / Е. В. Агеева, В. Л. Селютин, А. А. Горохов, В. В. Куц // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. 2017. № 3 (24). С. 60–68.
7. Размерный анализ порошков, полученных электроэрозионным диспергированием сплава ВНЖ / Е. В. Агеева, В. Л. Селютин, Г. Р. Латыпова, А. С. Осьмина // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. 2018. Т. 8, № 2 (27). С. 20–31.

ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ УГЛЕПЛАСТИКА К ДЕЙСТВИЮ ПОПЕРЕЧНЫХ НАГРУЗОК ПОСЛЕ ПРОВЕДЕНИЯ НАТУРНЫХ ИСПЫТАНИЙ

*Н.В. Бекренев, д.т.н., проф., И.В. Злобина, к.т.н., доц.,
И.С. Кацуба, магистрант гр. мМНСТ-11
СГТУ имени Гагарина Ю.А., 410054, г. Саратов, ул. Политехническая, 77,
тел. (8452)- 99-86-35
E-mail: irinka_7@mail.ru*

Постоянное увеличение использования полимерных композиционных материалов (ПКМ) в реальных условиях эксплуатации применительно к различным отраслям промышленности обуславливает интерес к изменению их механических свойств. Важным в связи с этим является вопрос эксплуатационной стойкости и стойкости к климатическим воздействиям таких материалов [1-3]. Данному направлению посвящен ряд работ.

В рамках исследования, проводимого нашим научным коллективом, было изучено возможность повышения стойкости ПКМ, в частности, углепластика, к влиянию климатических факторов, путем экспозиции в натуральных условиях на территории Саратовской области (область континентального климата, II климатический пояс России) в период с ноября 2019 г. по июль 2020 г. (табл. 1). Повышение стойкости образцов достигалось путем их электрофизической обработки в отвержденном состоянии [4].

В экспериментах использовали образцы углепластика производства ООО «Еврокомплект», г. Калуга в виде плоскопараллельных пластин размерами 70x(10,0-10,2)x(4,9-5,1) мм. В качестве матрицы в материалах использована эпоксидная смола ЭД-20. Образцы разделяли на контрольную и опытную группы.

СВЧ обработку одновременно по три образца осуществляли на экспериментальном оборудовании, созданном на базе установки «Жук-2-02» (ООО НПП «АгроЭкоТех», г. Обнинск, Калужской обл.) с камерой лучевого типа с неограниченным объемом (излучение в открытое пространство) при частоте 2450 МГц и плотности потока энергии $(17-18) \times 10^4$ мкВт/см² в течение 2 минут.

Таблица 1. Климатические параметры периода экспозиции.

| Период экспозиции | Месяц | $t_{cp}, ^\circ C$ | $t_{min}, ^\circ C$ | $t_{max}, ^\circ C$ | $\phi_{cp}, \%$ | Кол-во осадков, мм |
|--------------------------|---------|--------------------|---------------------|---------------------|-----------------|--------------------|
| 8 мес 02.11.2019 г. - | Ноябрь | -1,5 | -10 | +5 | 85 | 42 |
| | Декабрь | -3 | -10 | 0 | 87 | 45 |
| 02.07.2020 г. | Январь | -7 | -13 | -3 | 88 | 48 |
| | Февраль | -8 | -13 | -2 | 89 | 43 |
| | Март | -1 | -4 | +16 | 88 | 44 |
| | Апрель | +8 | +1 | +20 | 72 | 42 |
| | Май | +18 | +6 | +22 | 62 | 58 |

Обе партии контрольных и опытных образцов испытывали по схеме трехточечного изгиба в соответствии с ГОСТ Р 56805-2015 на специальной компьютерной установке с тензометрическими датчиками усилий с программным обеспечением LabWiew (ИП «Майоров», г. Орел). По полученным результатам испытаний в виде графиков кинетики нагружения вычисляли поперечную нагрузку и изгибающий момент.

Полученные графики, как контрольных, так и опытных образцов имеют сходный характер. Экспозиция в условиях внешней среды также не вносит существенных изменений в форму зависимости нагружающего момента от времени. Отмечен несколько более плавный вид графика нагружения опытных образцов в верхней области (перед началом разрушения).

Основное отличие заключается в продолжительности периода времени от начала нагружения до разрушения (табл. 2). Видно, что экспозиция в условиях внешней среды контрольных и опытных образцов приводит к увеличению времени до разрушения, которое возрастает с увеличением экспозиции, однако влияние экспозиции проявляется не стабильно. Предварительное модифицирование образцов в СВЧ электромагнитном поле способствует значительному увеличению периода до разрушения как образцов в исходном состоянии, так и находившихся в натуральных условиях воздействия внешней среды.

Таблица 2. Динамика основных параметров нагружения – времени нагружения до разрушения, τ , мс и максимально достигнутой нагрузки, F , Н.

| Период экспозиции | Вид образцов | | Изменение, % |
|-------------------|---|---------|--------------|
| | Контрольные | Опытные | |
| | Время нагружения до разрушения, τ , мс | | |
| Отсутствует | 134 | 283 | 111 |
| 3 месяца | 67 | 253 | 278 |
| 6 месяцев | 356 | 562 | 58 |
| | Максимально достигнутая нагрузка, F , Н | | |
| Отсутствует | 8,64 | 10,0 | 15,7 |
| 3 месяца | 8,71 | 10,25 | 17,7 |
| 6 месяцев | 7,95 | 10,46 | 31,6 |

Установлено, что воздействие факторов внешней среды приводит к снижению предельных напряжений изгиба углепластика на (3,7-10,4) % в зависимости от экспозиции.

Модифицирование углепластика в отвержденном состоянии в СВЧ электромагнитном поле уменьшает отрицательное влияние внешней среды по снижению прочности на (44,3-73) %. Установлено, что упрочняющий эффект СВЧ модифицирования возрастает с увеличением экспозиции с 6 % до 11,5 % в принятых условиях эксперимента, при этом существенно возрастает равномерность значений изгибной прочности в партии, проявляющаяся в уменьшении коэффициента вариации предельных напряжений на (70,2-77,8) %.

Исследования выполнены при поддержке гранта Президента РФ для молодых ученых МК-2692.2019.8 «Выявление влияния климатических и временного факторов на проявление и сохранение эффектов микроволнового модифицирующего квазиструктурирования отвержденных полимерных композиционных материалов на примере угле- и стеклопластиков».

Список литературы:

1. Каблов Е. Н., Старцев В. О. Системный анализ влияния климата на механические свойства полимерных композиционных материалов по данным отечественных и зарубежных источников (обзор) // *Авиационные материалы и технологии*. – № 2. – С. 47-57.
2. Long-term durability of polymeric matrix composites / ed. Pochiraju K.V., Tandon G.A., Schoepner G.A. Springer, 2012. – 677 p.
3. O.A. Yalovoy, O.V. Zakharov, and A.V. Kochetkov. The Centerless Measurement of Roundness with Optimal Adjustment. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. 2015. Vol. 93. Pp. 012024.
4. Злобина И.В. Новые конструкторско-технологические методы повышения прочности конструктивных элементов из неметаллических композиционных материалов: монография / И.В. Злобина, Н.В. Бекренев. Саратов: Саратов. гос. техн. ун-т, 2017. – 164 с.

ОСОБЕННОСТИ РАЗРУШЕНИЯ АНТИФРИКЦИОННОЙ БРОНЗЫ С ЛЕГКОПЛАВКОЙ ФАЗОЙ

П.В. Бурков, д.т.н, проф. ОНД ТПУ, проф. МТФ ТГАСУ

Ю.А. Никулина, студент гр. А9-77

Томский политехнический университет, 634050, г.Томск, пр.Ленина,30,

E-mail: yan22@tpu.ru

Значительный потенциал энергетических ресурсов России сосредоточен в Охотском море на востоке страны. Всего на шельфе Сахалина открыто 16 месторождений, в разработке находятся 6 (Одопту, Чайво, Аркутун–Даги, Пильтун–Астохское, Лунское, Киринское).[3] Использование подводных добычных комплексов является одной из перспективных технологий добычи углеводородов на морских месторождениях нефти и газа. ПДК позволяют осваивать глубоководные и круглогодично разрабатывать арктические месторождения, значительно быстрее, по сравнению с морскими платформами, выводить месторождения на проектную мощность и повышать безопасность (в том числе экологическую) проектов.[1] По средствам автономных подводных обитаемых аппаратов (АНПА) возможен непрерывный мониторинг нефтяных месторождений, что повысит надежность данных систем добычи нефти.[2] АНПА будет передавать данные о комплексном состоянии оборудования подводных нефтяных и газовых месторождений в режиме онлайн трансляции. В случае разного рода повреждений будет возможность оперативно ликвидировать отказ с минимальными потерями продукта, а также минимизировать ущерб окружающей среде.

В данной статье предложен метод ультразвуковой передачи данных под водой на основе технологии МИМП (Множество излучателей, множество приёмников или МИМО – Multiple Input-Multiple Output). Такой подход позволит реализовать многоканальную передачу данных в воде и существенно увеличить скорость передачи информации.

Приёмник получает сумму сигналов с разными фазовыми набегам. Сигналы суммируются с весовыми коэффициентами.

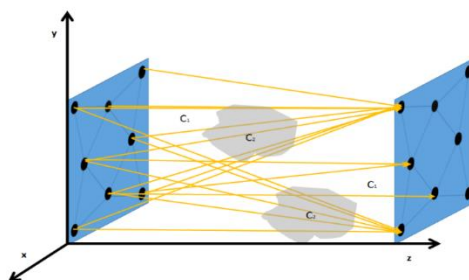


Рис. 1. Геометрия задачи

Данное моделирование проводилось в среде Mathcad. Предлагается использовать матрицу из 8-ми ультразвуковых излучателей, а для приёма матрицу из 8-ми приёмников. Выбрано эквидистантное размещение на плоскости 8-ми элементов, так как такое расположение микрофонов оптимальное для того, чтобы сигналы меньше друг с другом сливались. Использование матриц микрофонов и излучателей дает множество каналов передачи информации на более дальние расстояния с минимизацией уровня шумов. В отличие от одноканальных акустических систем связи под водой, данное решение позволит увеличить в десятки раз пропускную способность каналов передачи данных в воде из-за использования многоканальности. Также новая система автоматически адаптирована к взаимному перемещению источника и приёмника, изменениям в среде распространения (течения, турбулентные потоки, контрасты солёности...) за счет применения определённых калибровочных сигналов. Матрица излучателей крепиться на борт АНПА, при этом матрица

приемников находится на буйке. В свою очередь буй имеет связь с отделом мониторинга ПДК.

Каждый излучатель работает на одинаковых частотах, но у всех есть своя амплитуда и фаза (8 возможных вариантов). Полоса пропускания датчиков 37 – 40 кГц. Канал связи – однородная среда с рассчитанным поведением. Предлагается использовать амплитудно-фазовую модуляцию с восемью возможными комбинациями амплитуды и фазы (рисунок 2). Численное моделирование передачи и приёма сигналов в воде на расстояние 5 метров при центральной частоте 200 кГц с полосой пропускания 25 кГц. Был достигнут битрейт 500 кБит/с.

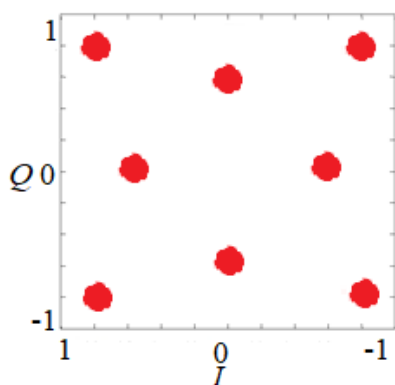


Рис. 2. Амплитудно-фазовые значения восьми различных кодов на комплексной плоскости.

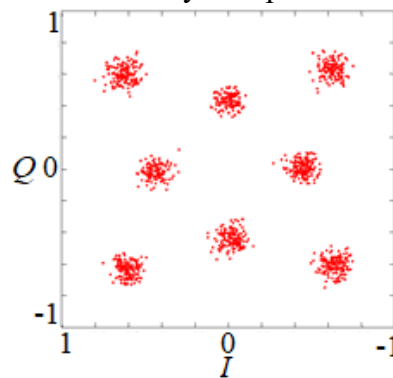


Рис. 3. Восстановленные амплитудно-фазовые значения восьми различных кодов на комплексной плоскости с учетом неоднородности среды.

На рисунке 3 представлен результат численного моделирования передачи и приёма сигналов в воде на расстояние 5 метров с учётом неоднородности среды. Облаком, в нашем случае, будем называть все возможные варианты восстановления исходного сообщения. Так как границы каждого облака различимы, можем говорить о хорошей точности восстановления и о правильности данного метода. По результатам моделирования выявили, что связь под водой при учете неоднородности будет более стабильна и точна. Без сомнения, развитие морской добычи углеводородов есть важнейший фактор развития отечественной нефтегазодобывающей отрасли и гарантия энергетической безопасности страны. Также одной из актуальных задач является передача данных под водой. Главный параметр при добыче нефти и газа является надежность, которая напрямую зависит от мониторинга подводных добычных комплексов. При уменьшении времени на ликвидацию отказов будет уменьшен вред, нанесенный окружающей среде и снижены потери на производстве. При должном мониторинге, состояние трубопроводов и подводных добычных комплексов будут находиться в пределах допустимых норм.

Список литературы:

- 1 Кроха, В. Эксплуатация Киринского газоконденсатного месторождения / В. Кроха, С. Шibaкин // Газовая промышленность. – 2016. – № 1. – С. 93-95.
2. Петренко, В. Подводно-технические работы при освоении морских месторождений / В. Петренко, А. Новиков, С. Курилец // Offshore Russia. – 2017. – № 3. – С. 56-63.
3. Петренко, В. Ресурсы углеводородов шельфа Охотского моря и результаты их освоения ОАО «Газпром» / В. Петренко, С. Чигай, Б. Никитин, А. Дзюбло // Газовая промышленность. – 2014. – № 716. – С. 16-21.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НАНОПЛАСТИН ГРАФЕНА НА
ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ И ТВЁРДОСТЬ МЕТАЛЛОКОМПОЗИТОВ С МАТРИЦЕЙ
АЛЮМИНИЯ**

*А.А. Возняковский, м. н. с.,
В.И. Заваринский, студент магистр гр. 197м
Санкт-Петербургский государственный технологический институт
(технический университет), 190013, г. Санкт-Петербург, пр.Московский,26,
тел.+79111740927
E-mail: zavarinskiivladimir@gmail.com*

В материаловедении современности большинство сплавов изучено досконально, методы их получения, состав и свойства, но быстроразвивающийся мир ставит новые задачи, с какими сплавы не могут справиться в полной мере, поэтому встаёт необходимость в создании новых материалов. Так в мире всё больше и больше внимания исследователей притягивают наноматериалы с их уникальными свойствами. Например, нанопластины графена с высокой теплопроводностью в 5000 Вт/(м*К) и пределом прочности до 5 ГПа при условии параллельного расположения к поверхности, но перпендикулярно к слоям теплопроводность составляет 5 Вт/(м*К) [1]. Что дает большое поле возможностей для получения необходимых значений.

Настоящая работа посвящена исследованию влияния (ГНП) на теплопроводность и твёрдость металлокомпозигов на основе алюминия.

В качестве исходного сырья для получения композиционных материалов состава алюминий/нанопластины графена, использовали порошок алюминия марки ПА-4 (ГОСТ 6058-73) и нанопластины графена полученные методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) из крахмала. Подробно методика синтеза ГНП методом СВС была описана в работе [2].

Для изготовления образцов композиционного материала алюминий/нанопластины графена использовали метод прессования при высоком давлении и температуре. Заранее подготовленные смеси порошка алюминия и ГНП, с массовой долей ГНП от 0,5% до 8%, компактировали в таблетки диаметром 10мм и толщиной 3мм методом холодного прессования на ручном гидравлическом прессе. Затем полученные таблетки помещали в камеры высокого давления типа “усеченная полусфера”. Горячее прессование проводили при помощи гидравлического пресса ДА0040 усилием 9,8МН при давлении 1 GPa при температурах (550, 750 и 850°С) с 15 секундной выдержкой.

Для исследования теплопроводности полученных композиционных образцов использовали установку DXF200, производящей измерение методом вспышки. Исследование твёрдости образцов было проведено по методу Бринелля (НВ) твердосплавным шариком диаметром 2,5 мм при нагрузке 62,5кг при помощи твердомера ИТБ-3000-АМ. Результаты измерений представлены на рис.1.

Данные представленные на рис.1, а) показывают существенное снижение теплопроводности (до 1 порядка) по сравнению с чистым алюминием, полученным тем же способом даже уже при концентрации ГНП, в 0,5 масс. %. Данный результат может быть объяснён тем, что из-за хаотичного распределения ГНП по объёму алюминиевой матрицы на границе раздела частиц алюминия и ГНП происходит рассеивание тепла. Также следует учитывать, что в виде порошка ГНП распределяются по объёму матрицы не в виде отдельных частиц, а в виде устойчивых агломератов, которые можно представить в виде высокопористых частиц с большим количеством границ раздела. Также на графике отражена зависимость от температуры горячего прессования, которая показывает, что при повышении температуры спекания теплопроводность композитов растёт, что может быть связано с деградацией

структуры ГНП и образованием новой фазы карбида алюминия, обладающего более высокой теплопроводностью чем агломераты ГНП.

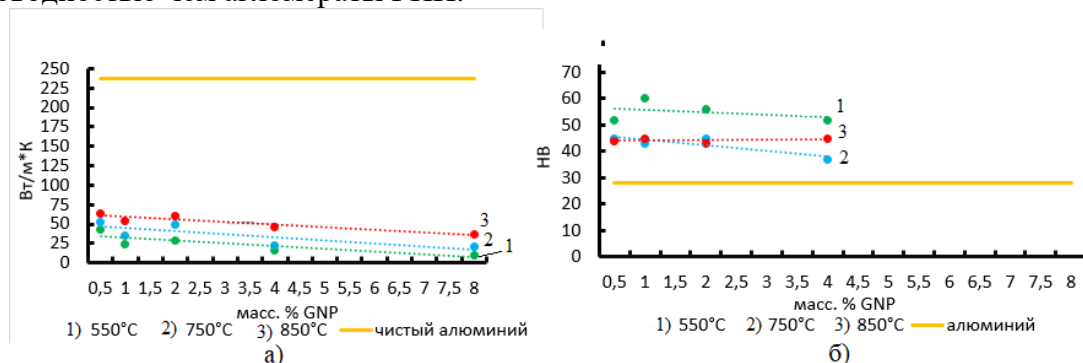


Рис.1. Зависимость от массовой доли ГНП в составе композиционного материала алюминий/ГНП, а) теплопроводности б) твёрдости

Из графика на рис.1 б) видно, что происходит рост твердости композиционного материала алюминий/ГНП в сравнении с чистым алюминием, полученным тем же способом до двух раз. Следует отметить, что температура спекания не влияет на твердость образцов, а также можно сделать вывод, что использование больше четырех массовых процентов нанопластинок графена не целесообразно так, как приводит к разрушению образцов во время измерения, это говорит об их низкой твёрдости. Повышение твердости связано с тем фактом, что нанопластины графена выступают в роли армирующего агента и приводят к лучшему распределению нагрузки на весь объём образца.

Следует отметить, что плотность полученных композитов была сопоставима с плотностью чистого алюминия ($2,7 \pm 0,2$ г/см³)

За счет сочетания высокой твердости и низкой теплопроводности, а также низкой плотности данный материал может найти применение в качестве конструкционного материала при создании корпусов электроприборов с целью защиты электронных компонентов как от механических повреждений, так и от пагубного воздействия низких температур без использования дополнительных теплоизоляционных материалов и не увеличивая габаритные размеры устройств.

Список литературы:

1. Balandin A. A. Thermal properties of graphene and nanostructured carbon materials //Nature materials. – 2011. – Т. 10. – №. 8. – С. 569-581.
2. Vozniakovskii A. A. et al. Structure and Paramagnetic Properties of Graphene Nanoplatelets Prepared from Biopolymers Using Self-Propagating High-Temperature Synthesis //Journal of Structural Chemistry. – 2020. – Т. 61. – №. 5. – С. 826-834.

**ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ И ТЕПЛОЕМКОСТЬ НАНОЖИДКОСТИ НА ОСНОВЕ
ВОДЫ, МОДИФИЦИРОВАННОЙ ГИБРИДНЫМ МАТЕРИАЛОМ СОСТАВА
ДЕТОНАЦИОННЫЕ НАНОАЛМАЗЫ-УГЛЕРОДНЫЕ НАНОТРУБКИ**

*А.П. Возняковский, д. х. н.,
ФГУП “НИИСК”, 198035, г. Санкт-Петербург, ул. Гапсальская, д. 1
тел. +7(905)-220-35-09
А.А. Возняковский, м.н.с.,
С.В. Кидалов, к. ф.-м. н.,
Е.И. Калашникова,
ФТИ им. А.Ф. Иоффе, 194021, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 28
тел. +7(905)-220-35-09
E-mail: alexey_inform@mail.ru*

Охлаждающие жидкости (ОЖ) до сих пор активно используются в качестве теплоносителей в системах охлаждения различных устройств, от двигателей внутреннего сгорания до систем охлаждения электронных систем компьютеров. Одной из самых активно используемых ОЖ до сих пор остается вода. Такое распространение в качестве ОЖ вода получила за счет своих характеристик. Так, теплопроводность воды при 20°C составляет 0,6 Вт/(м*К); удельная теплоемкость 4180 Дж/(кг*°C), в то время как динамическая вязкость составляет 1004 мПа*с. Однако, с развитием техники, объемы тепла, которые необходимо отводить с помощью ОЖ постоянно возрастает, что приводит к невозможности эффективного отвода тепла с помощью воды без увеличения используемого объема теплоносителя. Кроме того, из-за сравнительно низкой теплопроводности воды, для эффективного рассеяния тепла приходится увеличивать площади радиаторов, что также не всегда возможно. Поэтому множество научных групп работают над созданием новых ОЖ на базе воды с целью повышения её теплофизических свойств. В качестве модифицирующих добавок активно используются углеродные материалы (УНМ), такие как детонационные наноалмазы (ДНА) и углеродные нанотрубки (УНТ) и графеновые наноструктуры. Устойчивые суспензии УНМ в различных жидких средах в литературе получили название наножидкостей (НЖ) от английского nanofluid. Выбор именно УНМ как добавок при создании НЖ обусловлен их высокими теплофизическими свойствами. Так, теплопроводность ДНА может быть оценена как типичная для монокристаллического алмаза (тип IIa) 2000 Вт/(м К) при комнатной температуре, теплопроводность одностенной УНТ (ОУНТ) вдоль трубки оценивается в 3000 Вт/(м*К), а теплопроводность однослойного графена составляет 5000 Вт/(м*К). Также исследователи пытаются получить новые гибридные материалы состава ДНА-УНТ и графеновые наноструктуры-УНТ. Мотивацией синтеза и использования гибридных материалов является исчезновение присущих одному из материалов недостатков (например, сложность стабилизации УНТ в воде без использования ПАВ), а также проявление синергетического эффекта [1].

В данной работе для повышения теплофизических свойств воды в качестве модифицирующей добавки использовался гибридный материал состава детонационный наноалмаз-многослойные углеродные нанотрубки (ДНА-УНТ). Гибридный материал синтезировался с помощью CCVD роста УНТ на поверхности агломератов ДНА. Подробно методика синтеза описана в [2]. Дисперсность частиц гибридного материала по данным DLS метода составляла 60-70 нм. Для получения устойчивой суспензии гибридного материала в воде использовался метод ультразвуковой (УЗ) обработки в УЗ ванне в течение 10 минут. Концентрация гибридного материала в суспензии составляла 0,2 масс. %. В качестве образцов сравнения были взяты суспензия ДНА (производства СКТБ “Технолог”, РФ) в воде со средним размером частиц 200 нм и суспензия химически модифицированных ОУНТ (марки Tuball производства компании OCSiAl, РФ, длиной до 10 мкм) при такой же концентрации.

Теплопроводность и теплоемкость полученных суспензий измерялась методом лазерной вспышки при 60°C (при усредненной рабочей температуре ОЖ). Погрешность измерения теплопроводности составляла 5%, а погрешность измерения теплоемкости составляла 3%.

На рисунке 1 представлены результаты измерений теплопроводности и теплоемкости НЖ на базе фильтрованной воды с ДНА, ОУНТ и ДНА-УНТ.

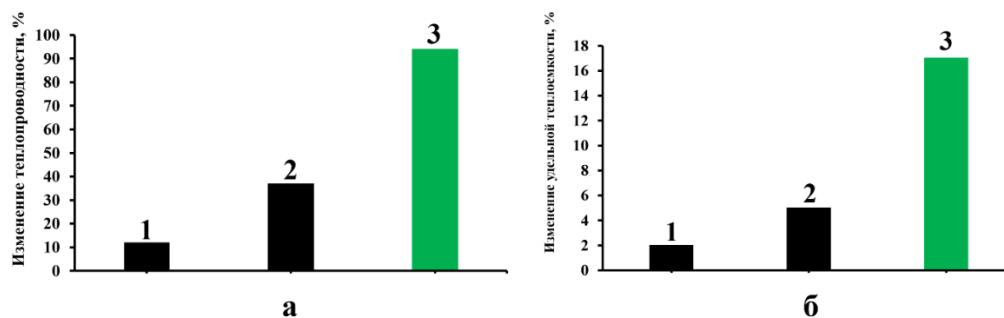


Рис. 1. Изменение в теплопроводности (а) и теплоемкости (б) для устойчивых наножидкостей на водной основе с ДНА (1), ОУНТ (2) и ДНА-УНТ (3) по сравнению с исходной фильтрованной водой

Как видно из рисунка 1 использование в качестве добавки гибридного материала состава ДНА-УНТ позволило достичь роста теплопроводности на 94% и на роста удельной теплоемкости на 17% по сравнению с исходной фильтрованной водой, что является лучшим результатом среди испытанных углеродных материалов. Следует отметить, что добавление УНМ не привело к росту динамической вязкости жидкости.

Рассматривая основные возможные механизмы влияния углеродных наноматериалов на теплофизические свойства жидкости (броуновское движение, вклад интерфейсного наноразмерного слоя образованного базовой жидкостью вокруг наночастиц и вклада кластеризации (агрегации) частиц [3]) с учетом полученных экспериментальных данных по изменению теплофизических свойств, а также учитывая дисперсность используемых добавок можно предположить, что в случае гибридного материала ДНА-УНТ наиболее сильно проявляется вклад интерфейсного наноразмерного слоя.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и БРФФИ в рамках научного проекта № 20-58-00056.

Список литературы:

1. Naddaf A., Heris S. Z. Experimental study on thermal conductivity and electrical conductivity of diesel oil-based nanofluids of graphene nanoplatelets and carbon nanotubes // *International Communications in Heat and Mass Transfer*. – 2018. – Т. 95. – С. 116-122.

2. Vozniakovskii A.A., Kol'tsova T.S., Voznyakovskii A.P., Kumskov A.L., Kidalov S.V. Powder hybrid nanomaterial: detonation nanodiamonds-carbon nanotubes and its stable reversible water nanofluids // *J. Colloid Interface Sci.* – 2020. – Т. 565. – С. 305-314. DOI:10.1016/j.jcis.2020.01.034

3. Pinto R. V., Fiorelli F. A. S. Review of the mechanisms responsible for heat transfer enhancement using nanofluids // *Applied Thermal Engineering*. – 2016. – Т. 108. – С. 720-739.

ВЫСОКОСКОРОСТНОЕ МАГНЕТРОННОЕ ОСАЖДЕНИЕ ПОКРЫТИЙ НИТРИДА ХРОМА

В.А. Грудинин, аспирант гр. А8-08,

Д.В. Сиделёв, к.т.н., доцент,

Г.А. Блейхер, д.ф.-м.н., профессор.

*Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30,
тел.(3822)-701-777 доб. 5413*

E-mail: vladergru@mail.ru

Техника магнетронного распыления широко распространена в промышленности и используется для получения широкого спектра различных функциональных покрытий: износостойких, антикоррозионных, фотокаталитических и др. [1]. Однако существует ряд весомых недостатков, в том числе относительно низкая скорость осаждения [2]. Данный аспект наиболее сильно выражен при реактивном магнетронном распылении, когда поверхность распыляемой мишени магнетронного диода активно взаимодействует с напускаемым в вакуумную камеру реактивным газом, например, азотом или кислородом. При «отравлении» поверхности мишени реактивным газом скорость осаждения покрытий может снижаться в несколько раз по сравнению с распылением в инертной среде. Для решения этой проблемы предлагается использовать несколько приёмов. Во-первых, использовать пространственное разделение объёмов, в которые производится подача реактивного (азот) и рабочего (аргон) газов. Во-вторых, использовать ассистирующий ВЧ источник индуктивно-связанной плазмы (RF-ICP), который обеспечит диссоциацию и ионизацию реактивного газа для образования стехиометричного соединения на поверхности изделия (подложки). В-третьих, использовать конструкцию магнетрона с частично теплоизолированной мишенью, которая позволит увеличить производительность процесса осаждения за счёт использования дополнительного к распылению механизма эрозии мишени (сублимации).

В настоящей работе показана работоспособность магнетронной распылительной системы (МРС) с горячей мишенью и ассистированием ВЧ источником индуктивно-связанной плазмы в условиях раздельной газовой подачи. На рис. 1 показаны зависимости давления, тока и напряжения разряда в зависимости от потока реактивного газа в камеру.

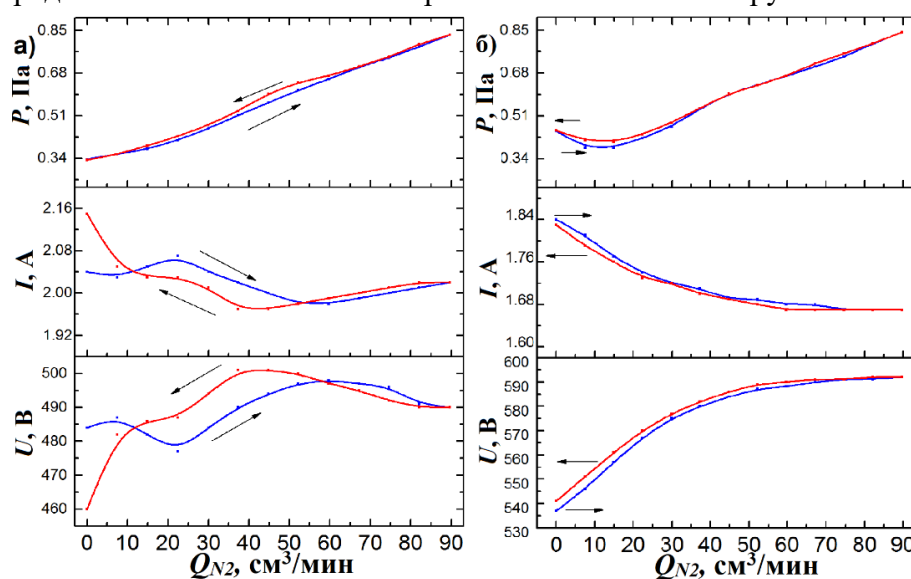


Рис. 1. Электрические параметры разряда в зависимости от потока азота при классическом распылении (а) и в случае распыления горячей мишени (б).

По поведению параметров напылительной системы и величине площадей между кривыми видно, что раздельная газовая подача позволяет минимизировать эффект гистерезиса

реактивного разряда по сравнению с классическим реактивным распылением охлаждаемой мишени.

Были получены покрытия со стехиометрией от Cr_2N до CrN с использованием предложенной схемы напыления. В экспериментах были установлены следующие параметры: мощность разряда – 1 кВт, мощность RF-ICP источника - 500 Вт, поток аргона - $45 \text{ см}^3/\text{мин}$, потенциал смещения на подложке – (-50) В. Остаточное давление в рабочей камере составляло не более $2 \cdot 10^{-3}$ Па. Рабочее давление было равно 0,4 Па.

На рис.2 представлены дифрактограммы полученных покрытий (а) и скорость их осаждения (б) в зависимости от потока реактивного газа в рабочую камеру.

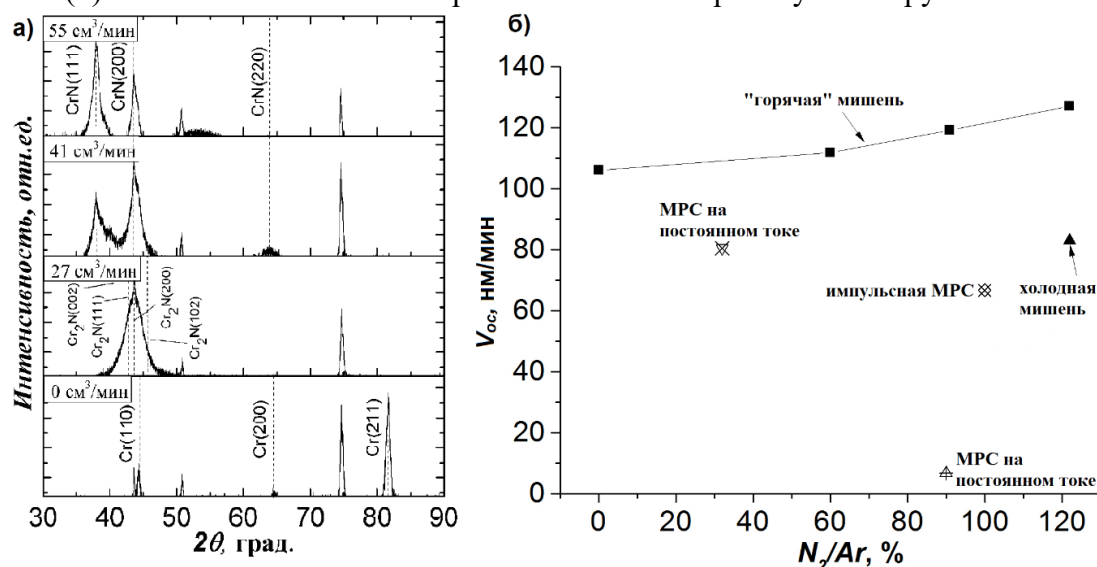


Рис. 2. Дифрактограммы CrN_x покрытий (а) и скорость их осаждения (б) в зависимости от потока реактивного газа в вакуумную камеру.

На рис. 2,б показано, что добавление в вакуумную камеру реактивного газа не приводит к снижению производительности процесса осаждения покрытий, а напротив, показывает более высокие значения скорости осаждения (вплоть до 127 нм/мин неподвижно). При потоке азота $55 \text{ см}^3/\text{мин}$ на подложку осаждается покрытие стехиометричного CrN с кубической кристаллической структурой с преимущественной (111) ориентацией.

Таким образом, при использовании магнетронного распыления частично теплоизолированной мишени с ассистированием ВЧ источником индуктивно-связанной плазмы и отдельной газовой подачей возможно минимизировать отравление поверхности мишени в реактивном процессе, повысить стабильность работы магнетрона, увеличить скорость осаждения покрытий и получить при этом покрытия стехиометричного состава.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-38-90134.

Список литературы:

1. Bräuer G., Szyszka B., Vergöhl M, Bandorf R. Magnetron sputtering – Milestones of 30 years // Vacuum. – 2010. - vol.84, iss.12. – p. 1354-1359.
2. Westwood W. D. Sputter Deposition Processes // MRS Bulletin. – 1988. – vol.13, iss.12. – p. 46-51.

**О ВКЛАДЕ РАДИАЦИОННОГО ТОРМОЖЕНИЯ ВО ВНУТРЕННЕЕ ТРЕНИЕ ПРИ
ИЗГИБНЫХ КОЛЕБАНИЯХ БЕСКОНЕЧНОЙ КРАЕВОЙ ДИСЛОКАЦИИ**

В.В. Дежин, к.ф.-м.н., доц.

*Воронежский государственный технический университет, 394026, г.Воронеж, Московский
пр., 14,
тел. (8473)2464222*

E-mail: viktor.dezhin@mail.ru

При работе машин, которые выполняют технологические операции в стационарном положении или при перемещении, возникает вибрация, которая приводит к знакопеременным напряжениям в материале. Эти напряжения в свою очередь вызывают колебания дислокаций в кристаллической структуре. Настоящая работа посвящена изучению одного из каналов диссипации энергии – радиационному трению (акустической эмиссии) при изгибных колебаниях бесконечной краевой дислокации.

Рассмотрим малые изгибные колебания краевой дислокации, расположенной вдоль оси Oz . Используя результаты работ [1-3], запишем обратную обобщенную восприимчивость такой дислокации:

$$\alpha^{-1}(k_z, \omega) = \pi\sigma_P - \frac{\mu b^2}{8\pi} \left[-(1+\gamma)k_z^2 + \frac{\omega^2}{c_t^2} \ln \frac{k_m^2}{k_z^2 - \omega^2/c_t^2} + \gamma \left(\frac{\omega^2}{c_l^2} - 2k_z^2 \right) \ln \frac{k_m^2}{k_z^2 - \omega^2/c_l^2} + \frac{k_z^4 c_t^2}{\omega^2} \ln \frac{k_z^2 - \omega^2/c_t^2}{k_z^2 - \omega^2/c_l^2} \right]. \quad (1)$$

Здесь k_z – компонента волнового вектора вдоль линии дислокации, ω – частота колебаний дислокации, σ_P – напряжение Пайерлса, μ – модуль сдвига, b – длина вектора Бюргерса дислокации, $\gamma = c_t^2/c_l^2$, c_t и c_l – скорости поперечных и продольных звуковых волн, k_m – максимальное волновое число. При $|k_z| < \omega/c_l < \omega/c_t$ в выражении (1) появляется мнимая часть, соответствующая излучению упругих волн дислокацией.

$$\alpha^{-1}(k_z, \omega) = \pi\sigma_P - \frac{\mu b^2}{8\pi} \left[-(1+\gamma)k_z^2 + \frac{\omega^2}{c_t^2} \ln \frac{k_m^2}{\omega^2/c_t^2 - k_z^2} + \gamma \left(\frac{\omega^2}{c_l^2} - 2k_z^2 \right) \ln \frac{k_m^2}{\omega^2/c_l^2 - k_z^2} + \frac{k_z^4 c_t^2}{\omega^2} \ln \frac{\omega^2/c_t^2 - k_z^2}{\omega^2/c_l^2 - k_z^2} \right] - i\pi \frac{\mu b^2}{8\pi} \left[\frac{|\omega|}{c_t^2} + \gamma \left(\frac{|\omega|}{c_l^2} - 2k_z^2 \right) \right]. \quad (2)$$

Для нахождения величины излучаемой энергии воспользуемся обобщением формулы из [4] аналогично работе [3]. Получим для средней величины энергии излучаемой единицей длины дислокации за период колебаний

$$\Delta W = \pi \operatorname{Im} \alpha(k_z, \omega) (\sigma b)^2 = 8\pi^3 \frac{\sigma^2}{\mu} \left[\frac{\omega^2}{c_t^2} + \gamma \left(\frac{\omega^2}{c_l^2} - 2k_z^2 \right) \right] / \varphi(k_z, \omega), \quad (3)$$

где σ – амплитуда переменного внешнего напряжения, действующего на дислокацию,

$$\varphi(k_z, \omega) = \left[-\frac{8\pi^2 \sigma_P}{\mu b^2} - (1+\gamma)k_z^2 + \frac{\omega^2}{c_t^2} \ln \frac{k_m^2}{\omega^2/c_t^2 - k_z^2} + \gamma \left(\frac{\omega^2}{c_l^2} - 2k_z^2 \right) \ln \frac{k_m^2}{\omega^2/c_l^2 - k_z^2} + \frac{k_z^4 c_t^2}{\omega^2} \ln \frac{\omega^2/c_t^2 - k_z^2}{\omega^2/c_l^2 - k_z^2} \right]^2 + \pi^2 \left[\frac{\omega^2}{c_t^2} + \gamma \left(\frac{\omega^2}{c_l^2} - 2k_z^2 \right) \right]^2.$$

Общая колебательная энергия единицы объема кристалла

$$W = \sigma_0^2 / 2\mu, \quad (4)$$

где σ_0 – амплитуда переменного внешнего напряжения в кристалле. Используя выражения (3) и (4), для внутреннего трения получим

$$Q^{-1} = \frac{\Delta W}{2\pi W} \rho_d = 8\pi^2 \rho_d \theta \left[\frac{\omega^2}{c_t^2} + \gamma \left(\frac{\omega^2}{c_l^2} - 2k_z^2 \right) \right] / \varphi(k_z, \omega). \quad (5)$$

Здесь ρ_d – плотность дислокаций, $\theta = \sigma^2 / \sigma_0^2$ – фактор ориентировки. На рис. 1 изображена зависимость внутреннего трения, определяемая формулой (5), от частоты изгибных колебаний дислокации. Используются следующие значения для алюминия: $c_t = 3130$ м/с, $c_l = 6400$ м/с, $\sigma_p \sim 5 \cdot 10^{-6} \mu$, $b = 2.86 \cdot 10^{-10}$ м. Для остальных величин взяты следующие значения: $\rho_d = 10^{10}$ м⁻², $\theta = 0.5$, $k_m = 10^{10}$ м⁻¹, $k_z = 10^5$ м⁻¹. Из рис. 1 видно наличие пика внутреннего трения резонансного типа.

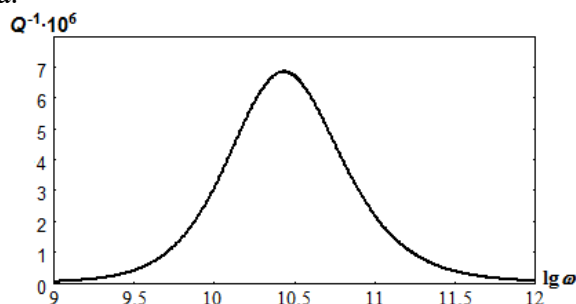


Рис. 1. Частотная зависимость внутреннего трения, обусловленного радиационным торможением изгибных колебаний бесконечной краевой дислокации.

Заметим, что при $\omega/c_l < |k_z| < \omega/c_t$ в формуле (1) также появляется мнимая часть, соответствующая излучению упругих волн дислокацией. Расчет внутреннего трения в этом случае подобен вышеизложенному.

Список литературы:

1. Батаронов И.Л., Дежин В.В., Рошупкин А.М. Влияние центров пиннинга и рельефа Пайерлса на обобщенную восприимчивость дислокаций в реальных кристаллах // Известия РАН. Серия физическая. – 1993. – Т. 53, № 11. – С. 97-105.
2. Батаронов И.Л., Дежин В.В. Моделирование колебаний дислокаций под влиянием внешних энергетических воздействий // Влияние электромагнитных полей на пластичность и прочность материалов: сб. науч. тр. под ред. В.Е. Громова. – Новокузнецк: СибГИУ, 2011. – С. 171-177.
3. Батаронов И.Л., Дежин В.В. Обобщенная восприимчивость и колебания дислокации в рельефе Пайерлса // Фундаментальные проблемы современного материаловедения. – 2018. – Т. 15, № 4. – С. 500-505.
4. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. – Т. V. – Статистическая физика. – Ч. 1. – М.: Физматлит, 2002. – 616 с.

О ВКЛАДЕ РАДИАЦИОННОГО ТОРМОЖЕНИЯ ВО ВНУТРЕННЕЕ ТРЕНИЕ ПРИ КОЛЕБАНИЯХ СЕГМЕНТА КРАЕВОЙ ДИСЛОКАЦИИ

В.В. Дежин, к.ф.-м.н., доц.

Воронежский государственный технический университет, 394026, г. Воронеж, Московский пр., 14,

тел. (8473)2464222

E-mail: viktor.dezhin@mail.ru

В настоящей работе проведено исследование радиационного торможения и соответствующего внутреннего трения при колебаниях сегмента краевой дислокации под действием переменных внешних сил. Такие колебания возникают в реальных кристаллах, содержащих точечные дефекты, эти точечные дефекты являются точками закрепления дислокационных сегментов. В качестве основного материала изделий машиностроения используются металлы и их сплавы, имеющие кристаллическую структуру. Поэтому в процессе эксплуатации машин и механизмов происходят колебания дислокационных сегментов.

Рассмотрим сегмент краевой дислокации, расположенный вдоль оси Oz и совершающий малые колебания вблизи положения равновесия. Сопротивление среды не учитывалось, поэтому торможение колебаний дислокационного сегмента было вызвано только излучением упругих волн. Из результатов работ [1, 2] получим элементы обратной матрицы обобщенной восприимчивости для сегмента краевой дислокации в бездиссипативном кристалле. Численные расчеты [3] показали, что диагональные элементы матрицы по абсолютной величине значительно превосходят недиагональные. Запишем полученные выражения для диагональных элементов обратной матрицы:

$$\begin{aligned}
 B_{nn} = (\alpha^{-1})_{nn} = \frac{\pi n^2 \mu b^2}{4L^2} & \left\{ 2\gamma L_{nn}^{l1} - q_t^2 L_{nn}^{l0} - \gamma q_l^2 L_{nn}^{l0} \frac{1}{q_t^2} L_{nn}^{(2)} + \frac{\gamma}{2q_n} \operatorname{arctg} \frac{2q_n}{k_m L} + \right. \\
 & \left. + (1 + \gamma^2) \frac{q_t^2}{4q_n^3} \operatorname{arctg} \frac{2q_n}{k_m L} + \left[\gamma - (1 + \gamma^2) \frac{q_t^2}{q_n^2} \right] \frac{k_m L}{(k_m L)^2 + q_n^2} \right\} + \\
 & + \frac{\mu b^2}{16\pi L^2} \left\{ (1 - \gamma) q_n^2 - (1 - \gamma^2) q_t^2 / 2 \right\}. \quad (1)
 \end{aligned}$$

Здесь μ – модуль сдвига, b – длина вектора Бюргерса краевой дислокации, L – длина дислокационного сегмента, $\gamma = c_t^2 / c_l^2$, c_t и c_l – скорости поперечных и продольных звуковых волн, $q_t = \omega L / c_t$, $q_l = \omega L / c_l$, ω – частота колебаний дислокационного сегмента, $q_n = \pi n$, k_m – максимальное волновое число, L_{nn}^{l1} , L_{nn}^{l0} , L_{nn}^{l0} и $L_{nn}^{(2)}$ выражаются через интегральную показательную функцию. Для расчета энергии излучаемой дислокационным сегментом в единицу времени воспользуемся формулой $W = \frac{\omega}{2} \operatorname{Im} \alpha(\omega) |f_0|^2$ [4], где f_0 – амплитуда внешней переменной силы, действующей на дислокационный сегмент. Эта же формула использовалась в работе [5] для расчета энергии излучаемой прямолинейной бесконечной дислокацией при колебаниях в рельефе Пайерлса. Представление обобщенной восприимчивости дислокационного сегмента в виде матрицы соответствует разложению колебаний дислокационного сегмента на колебания дислокационных осцилляторов. Энергия, излучаемая дислокационным осциллятором в единицу времени на единицу длины дислокации, равна $W_{mn} = \frac{\omega}{2} \operatorname{Im} \alpha_{mn}(\omega) |f_0|^2$. Для оценки излучаемой энергии воспользуемся численными расчетами элементов матрицы обобщенной восприимчивости (рис. 1). На

рисунке отсчет номеров элементов ведется от 0, на вертикальной оси единицы измерения $4L^2/(\pi\mu b^2)$.

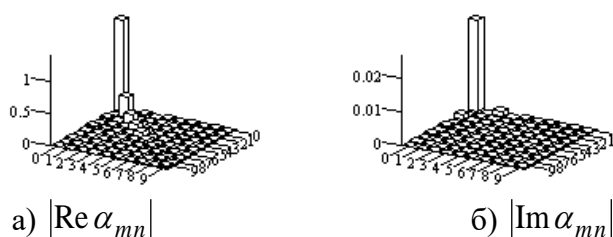


Рис. 1. Модули матричных элементов обобщенной восприимчивости дислокационных осцилляторов для краевой дислокации, $k_m L = 100$, $q_t = 1$.

Замечаем, что элемент α_{11} по абсолютной величине преобладает над остальными элементами до частот 10^{11} Гц, поэтому излучаемая энергия $w(\omega) \approx \frac{\omega}{2} \text{Im} \alpha_{11}(\omega) |F_1|^2$, где α_{11} определяется формулой (1), F_1 – амплитуда внешней силы. Для внутреннего трения получим выражение $Q^{-1} = 2\pi \text{Im} \alpha_{11} |F_1|^2 \mu \rho_d \theta / \sigma_0^2$. Здесь ρ_d – плотность дислокаций, θ – фактор ориентировки, σ_0 – амплитуда переменного напряжения в кристалле.

Разложением по q_t и q_l в работе [1] получена низкочастотная асимптотика элементов обратной матрицы обобщенной восприимчивости дислокационного сегмента:

$$B_{mn} = (-1)^{[m/2]+[n/2]} \frac{\mu}{4\pi L^2} (C_{mn} - M_{mn} q_t^2 - i \Gamma_{mn} q_t^3), \quad (2)$$

где C_{mn} – эффективные жесткости, M_{mn} – эффективные массы и Γ_{mn} – коэффициенты затухания дислокационных осцилляторов. Используя формулу (2), находим

$$\text{Im} \alpha_{mn} = (-1)^{[m/2]+[n/2]} \frac{4\pi L^2}{\mu} \frac{\Gamma_{mn} q_t^3}{(C_{mn} - M_{mn} q_t^2)^2 + \Gamma_{mn}^2 q_t^6}.$$

Видно, что в низкочастотном случае выражение для внутреннего трения становится более простым для анализа.

Список литературы:

1. Bataronov I.L., Dezhin V.V. The generalized susceptibility of dislocation segment in nondissipative crystal // J. of Physics: Conf. Ser. – 2016. – V. 738. – 012108.
2. Батаронов И.Л., Дежин В.В. О колебаниях дислокационного сегмента // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. – 2013. – Т. 18, вып. 4, ч. 2. – С. 1566-1567.
3. Bataronov I.L., Dezhin V.V. Numerical and approximate calculation of the generalized susceptibility matrix elements of dislocation segment in nondissipative crystal // J. of Physics: Conf. Ser. – 2017. – V. 936. – 012036.
4. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. – Т. V. – Статистическая физика. – Ч. 1. – М.: Физматлит, 2002. – 616 с.
5. Батаронов И.Л., Дежин В.В. Обобщенная восприимчивость и колебания дислокации в рельефе Пайерлса // Фундаментальные проблемы современного материаловедения. – 2018. – Т. 15, № 4. – С. 500-505.

ФОРМИРОВАНИЕ СВОЙСТВ ВОЛЬФРАМОВЫХ ПОКРЫТИЙ СПОСОБОМ ЭЛЕКТРОКОНТАКТНОГО СПЕКАНИЯ

Ш.А.Каримов к.т.н., проф.

*Г.Т.Пардаева ст. пр., И.Хабибуллаева асс., Абдукаримова С. асс., Муратова Г. асс.
Ташкентский государственный технический университет им. Ислама Каримова,
100095, г. Ташкент, ул. Университетская, 2.*

Тел. (71) 2271518

E-mail: karimovsh@mail.ru

Износостойкие покрытия широко используются в машиностроении как средство повышения эксплуатационной надежности пар трения и работоспособности металлорежущего инструмента. Роль износостойких покрытий в триботехнических процессах объясняется экранирующей способностью, блокирующей прямой фрикционный контакт материалов; высокой степенью стехиометрии, обеспечивающей слабое адгезионное взаимодействие и низкий коэффициент трения; высокой твердостью и прочностью самого материала покрытия [1. 2]. Положительная роль износостойкого покрытия проявляется не только в период его существования как физического самостоятельного объекта, но и после его разрушения. Известно, что при эксплуатации режущего инструмента износостойкие покрытия на рабочих поверхностях исчезают после 5... 10 мин резания, а стойкость инструмента при этом повышается более чем в два раза и по времени составляет 1,5...3,0 ч.

Большинство технологий нанесения износостойких покрытий создает на поверхности композиционную структуру с высокими антифрикционными или прочностными свойствами [5]. Развитие покрытия начинается с активных зон осаждения материала, в которых образуются «островки», а затем по мере их роста формируется сплошной слой. При нанесении покрытий электроискровым легированием и электроимпульсным припеканием порошковых материалов нарушение сплошности возникает за счет дискретности самих физических процессов массопереноса и импульсного воздействия, лежащих в основе этих технологий [4].

Электроконтактное спекание вольфрамо-кобальтовой смеси порошка происходит при стимулировании процесса термической реакцией, что позволяет значительно повысить температуру в зоне реакции не пользуясь газовыми средами, такими например как водород.

Формирование покрытий осуществляется в несколько стадий. Первоначальное производится электроконтактный локальный разогрев поверхности образца. В процессе подачи порошка происходит частичное расплавление связки карбида вольфрама в изделие. На этой стадии частично формируется адгезионной слой, определяющий в дальнейшем прочность сцепления покрытия с поверхностью детали или инструмента. Прочность на отрыв при токе 20 кА составляет 30...112 МПа в направлении перпендикулярном к поверхности покрытия. Дальнейшее наращивание слоя осуществляется по схеме "покрытие - покрытие" и зависит уже от теплофизических свойств материала покрытия. Исследования показывают, что даже при значительных значениях токов /100...200 кА/ процесс наращивания покрытия практически прекращается при достижении толщины 1.5...1.8 мм.

Результаты определения комплекса механических свойств твердосплавных покрытий (табл. 1) позволяют отметить, что многослойные промежуточные покрытия, полученные электроконтактным спеканием, повышают одновременно их прочность и вязкость: предел прочности при изгибе – до 15 %, ударную вязкость – до 30 % предел прочности при сжатии и твердость – до 5 %.

Теплофизический анализ системы образец–покрытие при применении электроконтактного нагрева позволяет предположить, что в отличии, например, от плазменного метода или сварки поверхность изделия нагревается сильнее, чем материал

**XIII Международная научно-техническая конференция
«Современные проблемы машиностроения»**

покрытия. Теплота выделяется главным образом в местах контакта зерен карбида вольфрама с поверхностью образца.

Таблица 1. Физико-механические свойства твердосплавных покрытий.

| Марка сплава покрытия | Предел прочности при изгибе $\sigma_{изг}$ МПа | Предел прочности при сжатии $\sigma_{сж}$ МПа | Твердость HV, Мпа. |
|-----------------------|--|---|--------------------|
| ВК6 | 1250/1600 | 4800/5500 | 11600/14300 |
| ВК15 | 1370/1800 | 3200/3625 | 9010/11280 |
| ТН20 | 1230/1875 | 3470/3640 | 8730/9120 |

В знаменателе – данные для сплавов с промежуточными покрытиями.

Для надежного протекания процесса в этом случае требуется определенный зазор между электродом и деталью, который обеспечивается практически шероховатой поверхностью ролика. Таким образом, первоначально эффект от введения тока в систему состоит в резком, скачкообразном повышении температуры поверхностного слоя детали и одновременном механическом внедрении частиц карбида вольфрама. Анализ диффузионной зоны показывает, что ярко выраженная текстура наблюдается только со стороны покрытия. На поверхности образца не обнаружено заметных зон деформации, а следовательно тепловой режим позволяет формировать покрытие на готовых к работе сложно профильных деталях и инструментах без дальнейшей их дополнительной механической обработки.

Разрыв адгезионных связей за счет касательных напряжений, параллельных вектору скорости скольжения, способствует образованию поверхностных микротрещин впереди и позади зоны схватывания. Микротрещины, образованные позади зоны схватывания, ориентируются преимущественно перпендикулярно скорости скольжения, так как формируются за счет растяжения верхних уровней. Микротрещины, возникающие впереди зоны схватывания, ориентируются преимущественно под углом $\pi/4$ к вектору скорости скольжения, так как причиной их появления является сжатие поверхностных слоев. Если граница расслоения близка к поверхности трения, то могут образовываться микротрещины под поверхностью трения за счет наползания одного слоя на другой. Развитию микротрещин способствуют также концентраторы напряжений, плотность которых на поверхности значительно выше, чем в глубине. Поверхность трения, покрытая микротрещинами, представляет самостоятельную диссипативную структуру трибологического характера, которая может играть активную роль в рассеивании механической энергии.

Список литературы:

1. Дорожкин Н.Н. Упрочнение и восстановление деталей машин металлическими порошками.-Мн.: Наука и техника, 1995.-152 с.
2. Raichenko A.I, Burenkov G.L, Leschinskiy V.I. Theoretical Analycis of The Elementar Act of Electric Discharge Sintering- Phys. Of Sint., 2003. 5 N 2/2.P.215-225.
3. Кальчинский М.З.,РайченкоА.И. Модельное исследование спекания металлических порошков с интенсивным энерговыделением в межчастичном контакте// Порошковая металлургия, 1999. №8. С. 15-18.
4. Ярошевич. В.К. Классификация методов активирования процессов получения покрытий применением металлических порошков / В.К.Ярошевич, Т.М.Абрамович// Математические модели физических процессов: Материалы 11-ой междунар. науч. конф.- Таганрог: изд-во ТГПИ, 2005. С.44-50.

**ФОРМИРОВАНИЕ НАПЛАВЛЕННЫХ СЛОЕВ ВЫСОКОЭНТРОПИЙНОГО
СПЛАВА СОСТАВА CoCrFeNiMn НА ПОВЕРХНОСТИ КОНСТРУКЦИОННОЙ
СТАЛИ**

Н.А. Киселева, студент гр. ММ-701

И.Ю. Петров, студент гр. НТ-701

А.А. Руктуев, к.т.н., доц.,

Новосибирский государственный технический университет, 630073, г. Новосибирск, пр.

К.Маркса 20, тел. (383)-346-06-12

E-mail: janny_xg9@mail.ru

Высокоэнтропийные сплавы – это сплавы, содержащие не менее 5 элементов. Количество каждого элемента колеблется от 5 ат. % до 35 ат. % [1]. Исследования в области многокомпонентных сплавов на данный момент являются актуальными, ведь традиционные сплавы обычно, имеют в составе один основной компонент (стали, медные сплавы и т.д.). Многочисленные исследования высокоэнтропийных сплавов доказывают, что данный класс материалов может обладать уникальным рядом свойств и может найти свое применение в областях, где необходима высокая прочность, твердость, износостойкость или жаропрочность. Данные особенности позволяют рассматривать высокоэнтропийные сплавы как материалы, перспективные для создания защитных функциональных покрытий. К методам формирования таких покрытий можно отнести различные виды термического напыления, лазерную наплавку, дуговую наплавку и электроннолучевую наплавку. Таким образом, целью данной работы являлось изучение закономерностей формирования методом вневакуумной электронно-лучевой обработки материалов с защитными слоями на основе высокоэнтропийных сплавов. В данной работе были получены слои системы CoCrMnFeNi на поверхности стали 20. В литературе отмечается [2], что сплав подобного состава имеет ГЦК структуру, и является перспективным для применения при повышенных температурах.

Формирование слоев проводили в Институте ядерной физики им Г.И. Будкера СО РАН на ускорителе ЭЛВ-6, модифицированном для возможности вывода электронного пучка в атмосферу. Энергия электронов в пучке составляла 1,4 МэВ. Максимальный ток пучка электронов в ходе экспериментов достигал 27 мА. Для получения слоев использовали смесь, состоящую из технически чистых порошков Co, Cr, Mn, Ni. Порошковую смесь соединяли с порошком CaF₂, использованным в качестве флюса, в пропорции 70:30 по массе (CoCrMnNi:CaF₂), и наносили на предварительно очищенную поверхность заготовки из стали 20 толщиной 12 мм. Далее порошок на поверхности заготовки подпрессовывался с усилием 20...50 кПа. Затем заготовки с порошковой насыпкой устанавливались на стол, где поступательно перемещались под сканирующим электронным пучком. Пятым компонентом, необходимым для формирования наплавленного слоя требуемого элементного состава высокоэнтропийного сплава, является железо, которое поступало в ванну расплава за счет плавления материала основы. В ходе экспериментов варьировали количеством порошка, наносимого на заготовку, током пучка электронов, скоростью движения заготовки под пучком. Ток пучка и скорость движения заготовки непосредственно влияют на количество вводимой энергии. Количество порошка, наносимое на заготовку, влияет на соотношении энергии выделяющейся в порошковой насыпке и материале основы. В таблице 1 представлены экспериментальные режимы наплавки.

Качество полученных образцов оценивалось визуально, а также измерялась толщина сформированного слоя и его состав. Методом энергодисперсионного анализа на растровом электронном микроскопе выявлено, что наиболее близкий к требуемому эквивалентному составу оказался наплавленный слой, полученный по режиму 1 и 2. Режим 3 обеспечивает чрезмерное плавление материала основы, что приводит к формированию слоя с содержанием

**XIII Международная научно-техническая конференция
«Современные проблемы машиностроения»**

железа 30 – 75 ат. %. Элементный состав и толщина наплавленных слоев, полученных по всем режимам представлены в таблице 2.

| № режима | Порошки металлов | Флюс | Плотность насыпки, г/см ² | Ток пучка, мА | Скорость движения заготовки |
|----------|------------------|----------------------|--------------------------------------|---------------|-----------------------------|
| 1 | CoCrMnNi 70 % | CaF ₂ 30% | 0,45 | 20 | 15 |
| 2 | CoCrMnNi 70 % | CaF ₂ 30% | 0,8 | 25 | 15 |
| 3 | CoCrMnNi 70 % | CaF ₂ 30% | 0,45 | 27 | 20 |

| № режима | Co, ат. % | Cr, ат. % | Mn, ат. % | Fe, ат. % | Ni, ат. % | Толщина, мм |
|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------------|
| 1 | 18,08 | 19,46 | 17,77 | 26,07 | 18,62 | 0,99 |
| 2 | 16,83 | 18,22 | 16,63 | 31,27 | 17,05 | 1,35 |
| 3 | 12,74 | 13,98 | 12,65 | 47,61 | 13,02 | 1,21 |

Структура наплавленных слоев представлена на рисунках 1 а,б. Выявляется дендритное строение наплавленных слоев. С помощью элементного анализа установлено, что междендритное пространство обогащено марганцем и никелем. Рентгенофазовый анализ показал, что структура покрытий представлена ГЦК твердым раствором (рисунок 1 в).



Рис. 1. Строение наплавленных слоев. а,б – микроструктура наплавленных слоев. в – рентгенограмма образца полученного по режиму 2.

ДюрOMETрические исследования показали, что твердость наплавленных слоев полученных по режимам 1, 2 и 3 составляет 188 HV, 186 HV и 174 HV соответственно, что несколько ниже твердости материала основы, которая составила 220 HV. Следует отметить, что не смотря на сложный элементный состав наплавленных слоев, не наблюдается повышения твердости, ожидаемого по модели твердорастворного упрочнения. Данный факт можно объяснить тем, что радиус атомов элементов, входящих в наплавленный слой достаточно близок.

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (Грант Президента МК-2226.2020.8, соглашение № 075-15-2020-110).

Список литературы:

1. W. Steurer, Single-phase high-entropy alloys – A critical update // Materials Characterization, 2020. – 162 с.
2. Laplanche G. et al. Oxidation behavior of the CrMnFeCoNi high-entropy alloy //Oxidation of Metals. – 2016. – Т. 85. – №. 5-6. – С. 629-645.

ПРИМЕНЕНИЕ СПЛАВОВ С ЭФФЕКТАМИ ПАМЯТИ ФОРМЫ ДЛЯ РАБОТЫ ТАРЕЛЬЧАТЫХ ПРУЖИН

*А.А. Клопотов^{1,2}, д.ф.-м.н., профессор,
А. А. Шишелова¹, студентка гр. 0517.12
О. А. Куниц², студентка гр. 3127.1*

¹*Национальный исследовательский Томский государственный университет, 634050, г.Томск,
пр.Ленина,36,*

²*Томский государственный архитектурно-строительный университет, Томск
634003. Томск, пл. Соляная 2*

E-mail: kunts.98@mail.ru, kirill_dubovikov@mail.ru

Для решения практических задач по использованию сплавов с эффектами памяти формы (ЭПФ) в технике очень востребованными являются сплавы на основе TiNi. В этих сплавах проявление не обычных физико-механические свойства обусловлено проявлением структурно-фазовых переходов (СФП) в разных температурных интервалах от – 200 °С до 300 °С. Использование функциональных свойств в сплавах на основе никелида титана позволяет их использовать в разнообразных технических устройствах [1].

В данном исследовании представлены результаты расчетов для описания работы по применению сплавов с ЭПФ на основе никелида титана в тарельчатых пружинах.

Сплавы, обладающие ЭПФ, относятся к классу материалов с не относятся к классу материалов с псевдоупругостью [2]. На этом классе материалов может не наблюдаться линейного участка при деформировании. Особенности проявления этого явления приведены

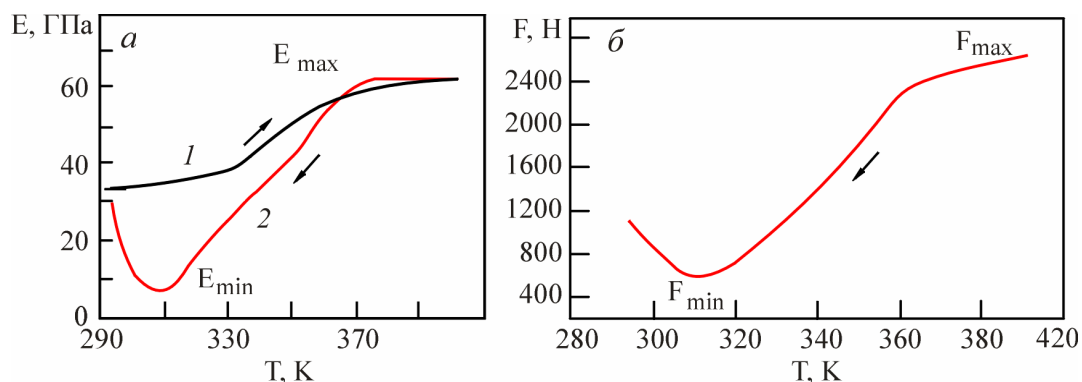


Рис. 1. Зависимости модуля Юнга (а) [2] и силы F (б), вызываемой действием тарельчатой пружины, определяемых при нагрузке от температуры в полном интервале МП

в [2] на температурных зависимостях модулей Юнга в сплавах на основе никелида титана (рис. 1, а).

Для расчетов была выбрана тарельчатая пружина по исполнению с параллельными кромками по наружному и внутреннему диаметрам (ГОСТ 3057-90). В качестве материала, на основе которого проводился расчет свойств тарельчатой пружины был выбран сплав на основе никелида титана с температурной зависимостью модуля Юнга, приведенной на рис. 1. Расчет силы F, вызываемой действием тарельчатой пружины проводился по формулам [3]:

$$F = \frac{4Est^3}{(1-\mu^2)YD_1^2}, \quad Y = \frac{1}{\pi} \frac{6}{\ln A} \left[\frac{A-1}{A} \right]^2 \quad A = \frac{D_1}{D_2}.$$

На рис. 2 приведен внешний вид тарельчатой пружины и сечение пружины и ее параметры. Для расчета были использованы параметры для номера 100 тарельчатой пружины по ГОСТ 3057-90 [3]: $D_1=100$ мм, $D_2=500$ мм, $t=2.5$ мм, $s=3.5$ мм, $l_0=6.0$ мм, $\mu=0.5$ (коэффициент Пуассона для TiNi [4])

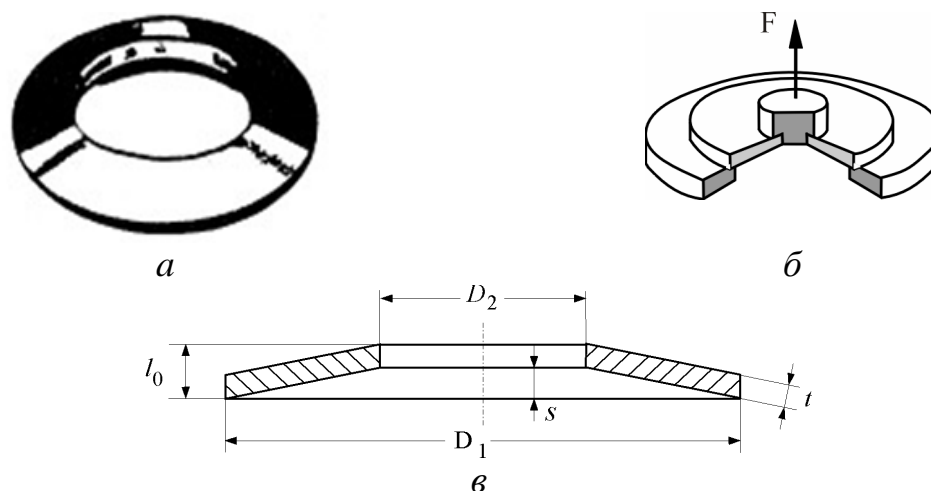


Рис. 2. Тарельчатая пружина по исполнению с параллельными кромками по наружному и внутреннему диаметрам: *a* – внешний вид; *б* – схема, показывающая реакцию пружины на внешнее воздействие; *в* – сечение пружины и ее параметры: l_0 – высота пружины; D_1 и D_2 – наружный и внутренний диаметр пружины соответственно; S – деформация пружины; t – толщина пружины [3]

Расчет силы F , вызываемой действием тарельчатой пружины проводился с использованием данных модуля Юнга, определяемый при нагрузке от температуры в полном интервале МП (рис. 1, *a*, кривая 2). Для частного случая результаты расчетов силы F тарельчатой пружины представлены на рис 1, *б*. Видно, что для данного сплава на основе никелида титан нужны не высокие значения силы F , чтобы сжать пружину при температуре 310 К ($T \sim 40$ °С). Затем при переходе в область более высоких температур, упругая сила, которая действует со стороны пружины, значительно возрастает.

Сплавы на основе никелида титана, в зависимости от химического состава, проявляют свойства ЭПФ как при низких, так и при высоких температурах. Тогда используя это свойство, можно подобрать соответствующие сплавы на основе никелида титана в нужных температурных интервалах, где можно оптимально применять проявление ЭПФ в работе элементов различных конструкций, как это наглядно показано на примере тарельчатой пружины.

Работа выполнена при поддержке государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ FEMN-2020-0004.

Список литературы:

1. Потекаев А.И., Клопотов А.А., Козлов Э.В., Кулагина В.В. Слабоустойчивые предпереходные структуры в никелиде титана. – Томск: НТЛ. – 2004. – 296 с.
2. Андронов И.Н., Богданов Н.П., Тарсин А.В. Влияние фактора термоциклирования и знака нагружения на величину фазовых модулей никелида титана//Заводская лаборатория. Диагностика материалов. – 2009. – Т.75, №4. – С.42-44.
3. Тарельчатые пружины. ГОСТ 3057-90.
4. Гюнтер В.Э., Дамбаев Г.Ц., Сысолятин П.Г. и др. Медицинские материалы и имплантаты с памятью формы. –Томск: ТГУ. – 1998. – 486 с.

ВЛИЯНИЕ КОБАЛЬТА НА ЭФФЕКТЫ ПАМЯТИ ФОРМЫ И ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СПЛАВА ТН-10

А.А. Клопотов^{1,2}, д.ф.-м.н., профессор,

К.Ю. Дубовиков¹, студент гр. 0516.12

О. А. Куниц², студентка гр. 3127.1

¹*Национальный исследовательский Томский государственный университет, 634050, г.Томск, пр.Ленина,36,*

²*Томский государственный архитектурно-строительный университет, Томск 634003. Томск, пл. Соляная 2*

E-mail: kunts.98@mail.ru, kirill_dubovikov@mail.ru,

Изучение особенностей развития структурных фазовых переходов (СФП) в сплавах на основе TiNi, проявляющих эффекты памяти формы (ЭПФ), имеющих длительную историю (более 70 лет), но интерес материаловедов, технологов и инженеров к ним остается достаточно высоким. Это обусловлено, как фундаментальными проблемами, которые надо решать, так и большими практическими возможностями при создании современных машин и конструкций. Для решения практических задач по применению сплавов с ЭПФ в конкретных технических устройствах требуются сплавы с контролируруемыми свойствами [1,2]. Для этого необходима информация об особенностях СФП в сплавах с функциональными свойствами.

В данной работе представлены результаты исследований влияния легирования Co на структурные фазовые переходы в сплаве ТН-20 (ТН-10).

Многокомпонентные сплавы $Ti_{49,84}Ni_{49,84-x}Mo_{0,32}Co_x$ были получены в индукционной печи ИСВ-0,004 ПИ М1 в атмосфере инертного газа, путем переплава губчатого титана, никеля марки Н1 и легирующих добавок.

Образцы для исследований вырезались из сплавов на электроэрозионной установке А20786 из слитков. Образцы для измерения температурных зависимостей электросопротивления $\rho(T)$ имели размер $1.5 \times 1.5 \times 37$ мм. Механические свойства для определения параметров ЭПФ определяли на установках типа «ПОЛЯНИ» на образцах размерами $1.5 \times 1.5 \times 80$ мм. Методики определения физических и механических свойств подробно описаны в [1].

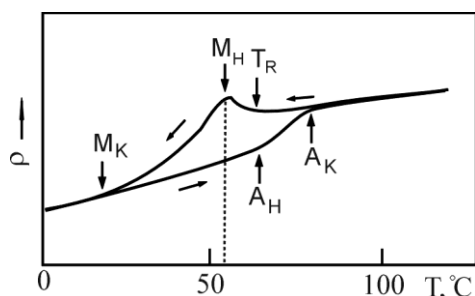


Рис. 1. Температурная зависимость электросопротивления в сплаве $Ti_{50}Ni_{49}Co_1$ [2]. M_H и M_K – температуры начала и конца прямого МП $R \rightarrow B19'$; A_H и A_K – температуры начала и конца обратного МП $B19' \rightarrow R \rightarrow B2$; T_R – температура МП $B2 \rightarrow R$

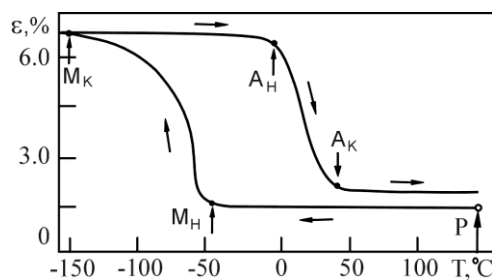


Рис. 2. Температурная зависимость возврата деформации при многократном ЭПФ в сплаве $Ti_{49,84}Ni_{48,75}Mo_{0,31}Co_1$. P – приложенная нагрузка

На рис. 1 и 2 приведены характерные температурные зависимости исследований физических и механических свойств, иллюстрирующих особенности определений характеристических температур интервалов МП в сплавах на основе никелида титана, легированных Co [3].

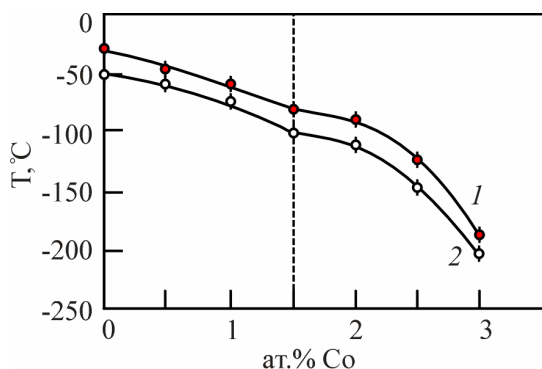


Рис. 3. Зависимость температур начала M_n (1) и конца M_k (2) прямого МП от концентрации атомов кобальта

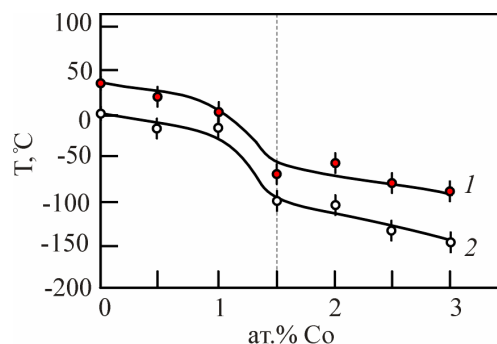


Рис. 4. Зависимость начала прямого M_n (1) и обратного A_n (2) МП под нагрузкой от концентрации кобальта

В результате исследований были определены характеристические температуры мартенситных превращений (M_n , A_n , M_k , A_k) в сплаве на основе никелида титана от концентрации легирующего элемента без нагрузки под нагрузкой (рис. 3 и 4). Установлено, что с ростом концентрации легирующего элемента происходит понижение температурного интервала мартенситных превращений (МП). Анализ полученных данных позволил установить, что легирование до 1,5 ат.% Co монотонно понижает температурный интервал МП. При достижении концентрации 1,5 ат.% Co легирующего элемента в сплаве ТН-10 происходит смена функциональных зависимостей $M_n=f(C)$ и $M_k=f(C)$ начала и конца МП (рис. 3).

Совершенно по другому происходит изменение температурных интервалов МП в сплаве ТН-10 от концентрации легирующего элемента под действием внешней механической нагрузки. Легирование кобальтом менее интенсивно понижает температурный интервал МП под нагрузкой, чем без нагрузки до 1,5 ат.% Co. При достижении концентрации легирующего элемента 1,5 ат.% Co происходит интенсивное понижение температурного интервала МП.

Такой характер влияния легирования Co на температурный интервал МП обусловлен увеличением сопротивления движению межфазных границ раздела при концентрации легирующего элемента меньше значений 1,5 ат.% Co. При достижении концентрации легирующего элемента 1,5 ат.% Co в характер изменения межатомного взаимодействия меняется таким образом, что на изменение температурного интервала МП начинает оказывать двухступенчатый характер МП $B2 \rightarrow R \rightarrow B19'$.

Работа выполнена при поддержке государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ FEMN-2020-0004/

Список литературы:

1. Потекаев А.И., Клопотов А.А., Козлов Э.В., Кулагина В.В. Слабоустойчивые предпереходные структуры в никелиде титана. – Томск: НТЛ. – 2004. – 296 с.
2. Пушин В.Г. Прокошкин С.Д. и др. Сплавы никелида титана с памятью формы. Часть 1. – Екатеринбург УРО РАН. 2006. – 438 с.
3. Матюнин А.Н., Клопотов А.А., Гюнтер В.Э. Влияние легирования кобальтом на характеристические температуры и параметры эффекта памяти формы в сплаве ТН-10 //Материалы с памятью формы и новые технологии в медицине. – МИЦ: – Томск. – 2010. – С.319-321.

**ВЛИЯНИЕ ТИПА ХИМИЧЕСКОЙ СВЯЗИ КОМПОНЕНТОВ ФЛЮС-ПАСТ НА
ФОРМИРОВАНИЕ КОРНЕВОГО СЛОЯ ШВА**

*П.П. Красиков, зав. лабораторией, А.В. Савинов, д.т.н., проф.
А.А. Чудин, к.т.н., ст. преподаватель, О.А. Полесский, к.т.н., доц.
Л.С. Красикова, студентка, В.В Филиппов, студент, И.А. Полунин, аспирант,
Волгоградский Государственный Технический Университет,
400005, г. Волгоград, пр.Ленина,28, тел.(8442)-24-80-18
E-mail: svaka-nv@vstu.ru*

Исследование индивидуальных оксидных расплавов является сложной экспериментальной задачей из-за высоких температур плавления.

В настоящее время не существует теории, которая позволила бы однозначно объяснить все свойства оксидных расплавов [1].

Основные физико-химические процессы при сварке плавлением связаны с жидким состоянием металлической и шлаковой фаз. Для правильного понимания сущности этих процессов необходимо знать строение и состав жидких металла и шлака. Для сварки преимущественное значение имеет строение расплавленных металла и шлака вблизи их температуры плавления [2].

Оксиды металлов и неметаллов в жидком и пограничном состоянии являются ионными жидкостями, вследствие того, что у них высокая электропроводность и она растет с повышением температуры, соответственно основными частями этих расплавов являются ионы, которые, применительно к сварке, могут взаимодействовать не только на границе с жидким металлом, но и на границе оксид – воздух.

Строение шлака зависит от типа связей, действующих между составляющими его частицами. В сварочных шлаках главное значение имеют ионные (гетерополярные) и ковалентные (гомеополярные) химические связи. Ионная связь обуславливается электростатическим взаимодействием между анионами и катионами. Она возникает при сближении атомов, существенно различающихся сродством к электрону. При этом валентные электроны атома с меньшим сродством к электрону переходят к другому атому, а образовавшиеся ионы притягиваются друг к другу вследствие противоположного знака их заряда [3].

Ковалентная связь образуется в результате передачи каждым из взаимодействующих атомов одного или нескольких электронов, участвующих в образовании одной или нескольких общих для обоих атомов электронных пар (с противоположными спинами). Типичная ковалентная связь образуется, когда взаимодействующие атомы имеют одинаковую или почти одинаковую электроотрицательность. В отдельных случаях связывающая атомы общая электронная пара принадлежит им в неравной степени, т.е. смещена к одному из атомов. Такая связи между атомами называется полярной. Следовательно, в зависимости от электроотрицательности элементов общая электронная пара может полностью находиться у одного из атомов (ионная связь), принадлежать обоим атомам в одинаковой степени (ковалентная связь) или находиться в промежуточном состоянии (полярная связь) [1].

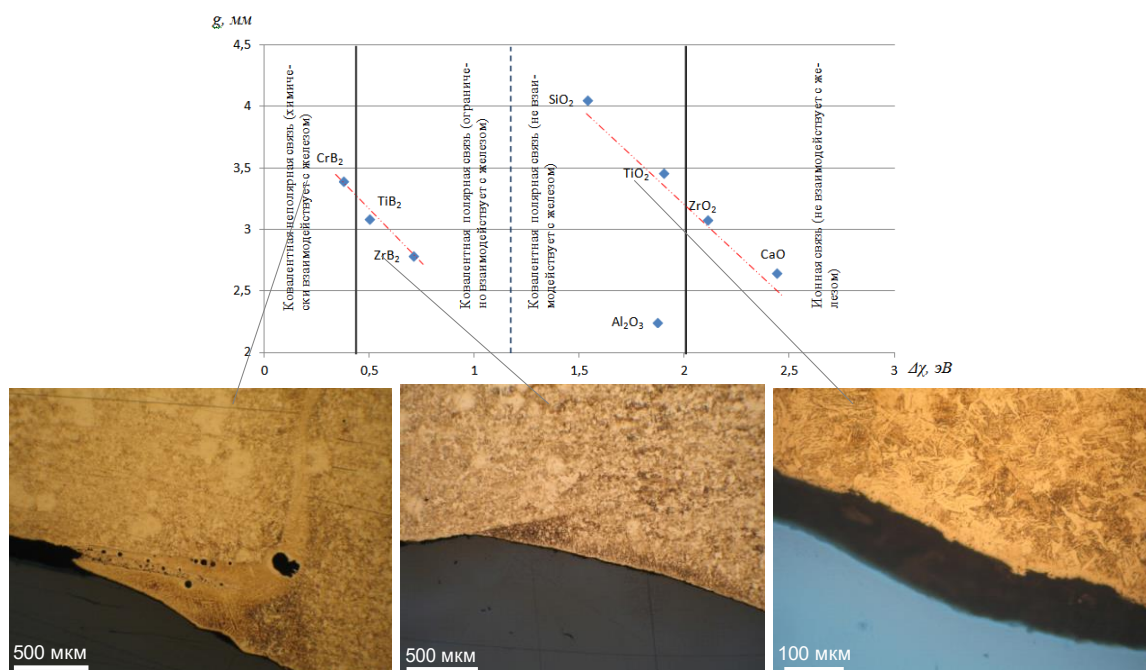


Рис. 1. Влияние типа связи в активном веществе на его взаимодействие с расплавом сварочной ванны: $\Delta\chi$ – разность электроотрицательностей элементов активного вещества; g – величина прогиба сварочной ванны

На рис. 1 показано, что при выборе компонентов флюс-паст для односторонней сварки с полным проплавлением для качественного формирования обратного валика с минимальными геометрическими параметрами нужно отдавать предпочтение оксидным веществам с преобладанием ионных химических связей, которые способствуют получению минимальных размеров обратного валика при отсутствии нежелательных фазовых превращений в сварном соединении, которые могут ухудшить его механические свойства.

Список литературы:

1. Электрохимия / Б. Б. Дамаскин, О. А. Петрий, Г. А. Цирлина. – 2-е изд., испр. и перераб. – М.: Химия, КолосС, 2006. – 672 с.
2. Пацкевич И. Р. Поверхностные явления при сварке металлов / И. Р. Пацкевич, В. Р. Рябов, Г. Ф. Деев; АН Украины, Ин-т электросварки им. Е. О. Патона. – Киев: Наук. думка, 1991. – 240 с.
3. Методы практических расчетов в термодинамике химических реакций / В. А. Киреев. – М.: Химия, - 1975. – 536 с.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № 0637-2020-0006)

ВЛИЯНИЕ СПОСОБОВ ПОЛУЧЕНИЯ ГРАНУЛИРОВАННОГО ПРЕСС-ПОРОШКА НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА СПЕЧЕННОЙ КЕРАМИКИ

*Р.И. Кузьмин, аспирант,
А.В. Фелюфьянова, аспирант,
К.А. Антропова, студент*

*Новосибирский государственный технический университет, 630073, г. Новосибирск,
пр.К.Маркса,20,*

E-mail: kuzmin.2010@corp.nstu.ru

Общеизвестно, что прочность изделий из спеченных керамических материалов напрямую связана с геометрическими размерами и характером распределения структурных макродефектов. Одним из основных способов снижения количества и размера макродефектов без снижения прочности является спекание под давлением (горячее прессование и горячее изостатическое прессование). В то же время необходимость применения термомеханической обработки существенно увеличивает себестоимость производства (дорогостоящее оборудование, длительный технологический процесс) и конечную цену изделия. Экономически выгодным является производство керамических изделий методом свободного спекания. Для успешного использования этого метода спекания максимальное количество макродефектов должно быть устранено на этапе формообразования изделия. Наиболее часто источником разрушения спеченного изделия являются макродефекты в виде границ бывших гранул. Сохранение границ гранул в структуре материала, в свою очередь, связано с методом получения гранулированных пресс-порошков.

Традиционно применяемая в промышленности распылительная сушка в потоке теплоносителя приводит к формированию прочной оболочки на поверхности гранулы, которая не может быть целиком разрушена при прессовании [1]. В то же время в современной литературе отмечена возможность получения «мягких гранул» методом распыления суспензии керамических порошков в хладогент с последующей сублимационной сушкой («spray freeze drying») [2]. Снижение количества макродефектов в структуре керамики за счет применения «мягких гранул» позволит получать конечные изделия с высоким уровнем прочности простым методом свободного спекания. Таким образом, целью данной работы является исследование влияния методов получения гранулированных пресс-порошков на структуру и свойства керамики.

Гранулированию подвергались водные суспензии субмикронных порошков Al_2O_3 α -модификации (Almatis CT 3000 SG, с размером частиц $d_{50} = 0,5$ мкм). Получение пресс-порошков методом распылительной сушки проводилось на распылительном сушиле MobileMinor 0,8 (GEA Process Engineering A/S) с применением пневматической форсунки внешнего смешения. Режимы работы: $T_{вх.} - 260$ °С, $T_{вых.} - 110$ °С, давление сжатого воздуха варьировали от 0,5 до 1 бара. Получение пресс-порошка методом «spray freeze drying» проводили путем распыления керамической суспензии с помощью пневматической форсунки в емкость с жидким азотом. Сублимационную сушку замороженных гранул проводили на аппарате лиофильной сушки Scientz 10 ND. Пресс-порошки формовали одноосным прессованием в стальной пресс-форме при давлении 100 МПа. Свободное спекание проводили при температуре 1520 °С и выдержкой 5 часов.

Методом растровой электронной микроскопии установлено, что гранулы, полученные методом распылительной сушки, обладают преимущественно торической морфологией. Формирование центрального отверстия в гранулах, полученных этим методом, хорошо согласуется с представленными в литературе данными [3]. При этом гранулы характеризуются высокой плотностью и вероятно высокой прочностью. Высокая прочность гранул, полученных методом распылительной сушки, с одной стороны может способствовать лучшему перераспределению гранул в пресс-форме на начальном этапе уплотнения, но с

другой стороны может приводить к их не полному разрушению. Гранулы, сформированные методом «spray freeze drying», имеют преимущественно сферическую форму с развитой пористой структурой. Средний размер пор в приповерхностных слоях гранулы составляет ~ 3,2 мкм. Внутренняя структура гранул наследует морфологические признаки дендритного строения, сформировавшегося при кристаллизации дисперсионной среды. Независимо от метода грануляции фракционный состав пресс-порошков преимущественно зависит от соотношения давления сжатого воздуха и количества суспензии, подаваемой в форсунку, что согласуется с общепринятыми представлениями процесса распыления пневматическими форсунками [4]. Так, увеличение давления сжатого воздуха с 0.5 до 1 бара способствует снижению среднего размера гранул в два раза. Необходимо отметить, что на конечный размер гранул, полученных методом распылительной сушки, оказывает влияние усадка капли в процессе удаления дисперсионной среды. В то время как при распылении суспензии в жидкий азот с последующей сублимационной сушкой размер капель, формирующихся форсункой, практически совпадает с размером высушенных гранул.

Анализ результатов структурных исследований свидетельствует о прямой зависимости между характером макродефектов, сохранившихся в спеченной керамике, и методом грануляции пресс-порошка. Применение пресс-порошка, полученного методом распылительной сушки, приводит к формированию в структуре керамики протяженных дефектов в виде границ бывших гранул (длиной до 30 мкм). Сохранение крупных сферических пор (до 20 мкм) вероятно также связано с неполным разрушением гранул, имевших центральное отверстие. Использование гранул, полученных методом «spray freeze drying», способствует получению керамики, не содержащей в своей структуре крупных макродефектов. Экспериментально установлено, что размеры макродефектов в структуре такой керамики не превышают 5 мкм.

Средняя относительная плотность спеченных образцов, изготовленных из пресс-порошков, полученных методом распылительной сушки, составляет 98 % от теоретич. В то время как применение пресс-порошков, полученных методом «spray freeze drying», приводит к снижению относительной плотности спеченной керамики до 97 % от теоретич. При этом применение «мягких гранул» способствует получению алюмооксидной керамики с высокой механической прочностью на изгиб 410 ± 20 МПа. Применение более «прочных гранул» полученных методом распылительной сушки приводит к снижению прочности спеченной керамики до 350 ± 40 МПа.

Исследование выполнено при финансовой поддержке в рамках реализации программы развития НГТУ, научный проект №С20-12. Исследования выполнены в ЦКП «Структура, механические и физические свойства материалов» НГТУ.

Список литературы:

1. Boch P., Niepce J. C. Ceramic Materials: Processes, Properties, and Applications. – John Wiley & Sons. – 2010. – V. 98. – 592 p.
- 2 Zhang Y. et al. Comparison of spray freeze dried nanozirconia granules using ultrasonication and twin-fluid atomisation //Journal of the European Ceramic Society. – 2014. – V. 34. – №. 4. – P. 1001-1008.
3. Bertrand G. et al. Spray-dried ceramic powders: A quantitative correlation between slurry characteristics and shapes of the granules //Chemical Engineering Science. – 2005. – V. 60. – №. 1. – P. 95-102.
4. Lukaszewicz S. J. Spray-drying ceramic powders //Journal of the American Ceramic Society. – 1989. – V. 72. – №. 4. – P. 617-624.

**ДЕТОНАЦИОННЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ ПОКРЫТИЯ ИЗ
МНОГОКОМПОНЕНТНОГО СПЛАВА НА ОСНОВЕ ЖЕЛЕЗА С АРМИРУЮЩИМИ
ВКЛЮЧЕНИЯМИ ПОРОШКА ОКСИДА АЛЮМИНИЯ**

*И.Д. Кучумова^{1,2}, аспирант
Ю.Ю. Эмурлаева¹, аспирант*

*¹Новосибирский государственный технический университет, 630073, Российская
Федерация, г. Новосибирск, пр. К.Маркса, 20
тел. (383)-346-02-31*

*²Институт гидродинамики им. М.А. Лаврентьева СО РАН, 630090, Российская Федерация,
г. Новосибирск, просп. акад. Лаврентьева, 15
тел. (383)-333-16-12
E-mail: ivannakz@mail.ru*

Эксплуатационные характеристики деталей, работающих в условиях износа, напрямую зависят от структуры и свойств рабочей поверхности. Изнашивание рабочих поверхностей деталей способствует снижению их работоспособности и надежности. Износостойкие газотермические покрытия, содержащие упрочняющие частицы, способствует повышению стойкости к износу и увеличению срока эксплуатации изделий без значительного увеличения стоимости. В литературе встречаются работы, в которых аморфные сплавы на основе железа используют в качестве пластичной матрицы для формирования композиционных покрытий методами газотермического напыления с добавлением аморфного углерода, твердых сплавов, нитридов, карбидов и других армирующих элементов [1]. При этом аморфная матрица способствует сохранению высоких показателей коррозионной стойкости, а твердые армирующие частицы улучшению трибологических свойств покрытий.

Целью данной работы является исследование влияния армирующей добавки порошка оксида алюминия на структуру, фазовый состав и свойства покрытий из сплава $\text{Fe}_{66}\text{Cr}_{10}\text{Nb}_5\text{B}_{19}$.

Порошок многокомпонентного сплава $\text{Fe}_{66}\text{Cr}_{10}\text{Nb}_5\text{B}_{19}$, полученный методом газового распыления на установке HERMIGA 75/5VI (Phoenix Scientific Industries Ltd., Великобритания), фракции 20-40 мкм и порошок оксида алюминия с размером частиц 20-45 мкм использовались для формирования покрытий. Керамический порошок, используемый в качестве армирующей добавки, вводился в исходную порошковую смесь в соотношении 20 масс. %, 40 масс. % и 60 масс. % от массы порошка сплава на основе железа. Напыление покрытий проводили на детонационном комплексе CCDS2000, разработанном в ИГиЛ СО РАН, с использованием ствола переменного сечения [2]. При напылении использовали ацетиленокислородную взрывчатую смесь эквимольного состава ($\text{O/C} \approx 1$). Объем взрывчатой смеси составлял 50 % от общего объема ствола установки.

На рис. 1, а представлены рентгенограммы исходных механических порошковых смесей, используемых для детонационного напыления, и детонационных покрытий (рис. 1, б). На рентгенограммах исходных порошковых смесей явно видны пики от кристаллической фазы Al_2O_3 . Стоит отметить, что содержание кристаллической фазы в исходном порошке $\text{Fe}_{66}\text{Cr}_{10}\text{Nb}_5\text{B}_{19}$ составляет около 2%. На рентгенограммах детонационных покрытий отсутствуют пики порошка Al_2O_3 . Детонационное напыление механической смеси порошков при заданных условиях способствует ускорению и нагреву металлических частиц до температуры плавления. При этом частицы керамического порошка нагреваются и ускоряются. В результате столкновения с подложкой происходит «обволакивание» частиц порошка Al_2O_3 металлическим расплавом, поэтому на рентгенограммах покрытий видно широкое дифракционное гало на углах $2\theta = 40\text{--}50^\circ$, свидетельствующее о наличии аморфной фазы. В структуре детонационных покрытий сохраняется тенденция по увеличению содержания керамического порошка (рис. 2).

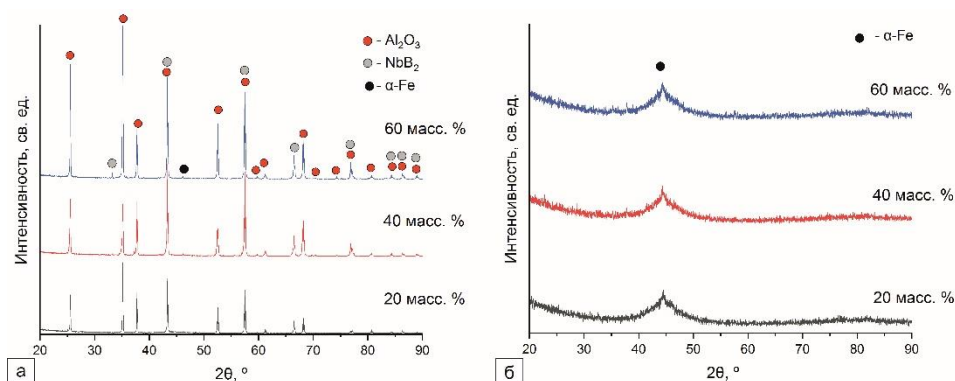


Рис. 1. Фазовый состав напыляемых порошковых смесей (а) и детонационных покрытий.

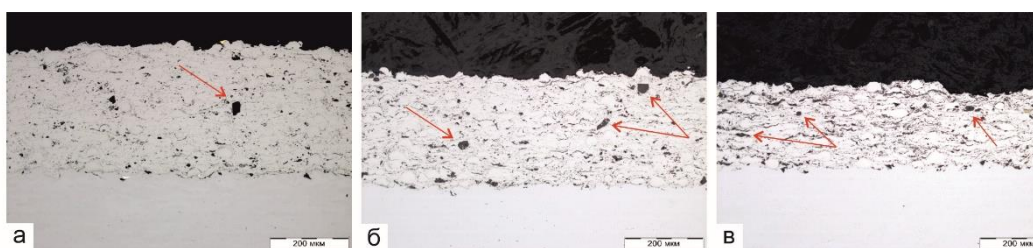


Рис. 2. Структура детонационных композиционных покрытий с различным содержанием порошка оксида алюминия: а – 20 масс. %; б – 40 масс.%; в – 60 масс. % (стрелками обозначены частицы порошка оксида алюминия).

Микротвердость покрытий, полученных при 20 масс. %, 40 масс. % и 60 масс. % керамического порошка равна $750 \pm 80 \text{ HV}_{100}$, $770 \pm 105 \text{ HV}_{100}$, $571 \pm 140 \text{ HV}_{100}$. С увеличением содержания керамического порошка наблюдается незначительное увеличение пористости покрытий от 1 до 3 %.

В работе показано, что детонационное напыление позволяет формировать качественные композиционные покрытия из многокомпонентного сплава на основе железа с армирующими включениями порошка оксида алюминия. Увеличение содержания порошка Al_2O_3 в исходной порошковой смеси способствует снижению твердости и увеличению пористости покрытий. Снижение качества покрытий связано с тем, что частицы оксида алюминия выступают в роли центров кристаллизации расплавленных частиц $\text{Fe}_{66}\text{Cr}_{10}\text{Nb}_5\text{B}_{19}$.

Исследование выполнено при финансовой поддержке в рамках реализации программы развития НГТУ, научный проект №С20-22.

Список литературы:

1. Zhang C., Zhou H., Liu L. Laminar Fe-based amorphous composite coatings with enhanced bonding strength and impact resistance // Acta Materialia. – 2014. – № 72. – P. 239–251.
2. Ulianitsky V., Shtertser A., Zlobin S., Smurov I. Computer-Controlled Detonation Spraying: From Process Fundamentals Toward Advanced Applications // Journal of Thermal Spray Technology. – 2011. – № 20. – P. 791–801.

**ЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ЗАГОТОВОК И ИЗДЕЛИЙ ИЗ
ЧУГУНОВ С ЗАДАНЫМИ СВОЙСТВАМИ И МИКРОСТРУКТУРОЙ**

*Д.А. Лубяной, к.т.н., доц.,
А.В. Маркидонов, д.ф-м.н., доц.,
Е.Ю. Пудов, к.т.н., доц.,
В.Н. Шахманов, к.т.н., доц.,
Е.Г. Кузин, доцент,*

О.С. Семенова, ст. преподаватель

*Филиал Кузбасского государственного технического университета
имени Т.Ф. Горбачева в г. Прокопьевске, 653033 г. Прокопьевск, ул. Ноградская, 19А,
тел. (3846)-620-016*

E-mail: lubjanoy@yandex.ru

В промышленности чугуны нашли широкое применение для изготовления деталей, работающих на износ [1, 2]. Всего на предприятиях Кемеровской области изготавливают: серые чугуны общего назначения марок СЧ-10 - СЧ-30, серые чугуны литья сменного сталеразливочного оборудования и изложниц для ферросплавов, серый половинчатый чугун специального назначения, белый легированный чугун специального назначения. Микроструктура серых и половинчатых чугунов представлена на рис. 1 а, б.

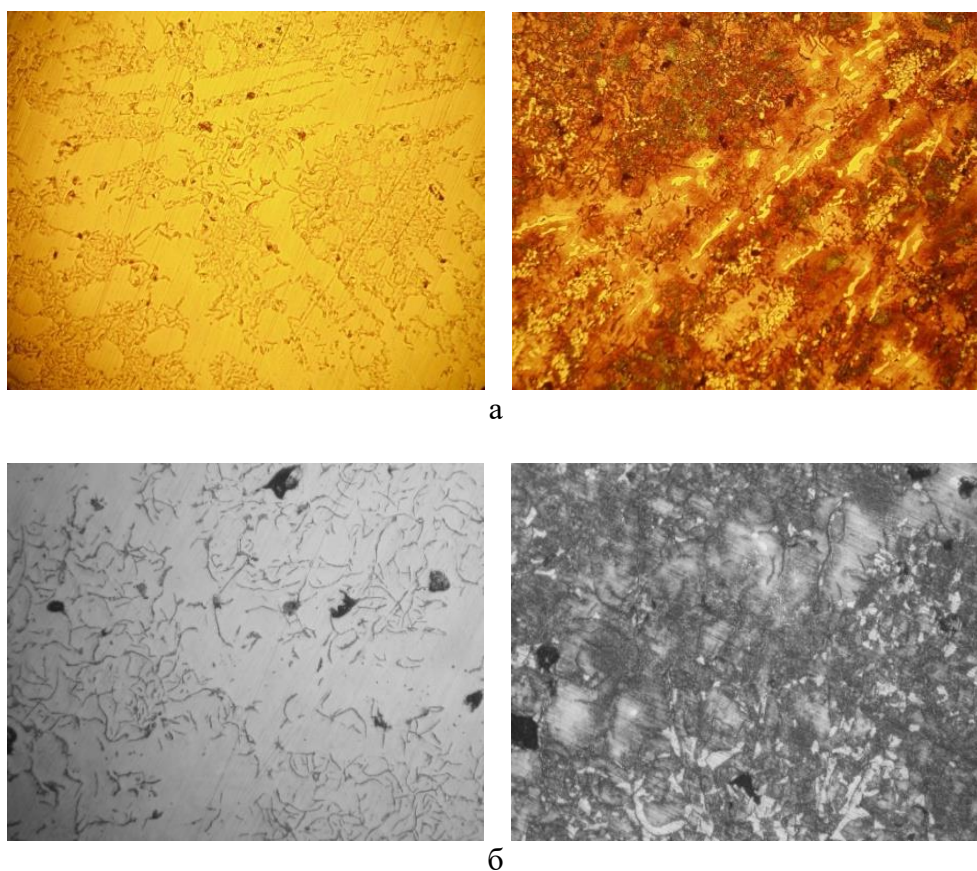


Рис. 1. Влияние содержания кремния на металлическую основу и графитную фазу поддонов ($\times 100$)

а) – Si-0,97%, V-0,04%, $M_{\text{ЭКВ.}}$ - 0,72%; б) – Si-1,02%, V-0,04%, $M_{\text{ЭКВ.}}$ - 0,59%

Необходимо отметить, что на микроструктуру чугуна большое внимание оказывает и режимы термовременной обработки расплава. Так например при термовременной выдержке

10 минут при перегреве до температуры 1520-1550 °С образуется преимущественно половинчатый чугун (рис. 1, а) Нагрев металла при той же выдержке до температур 1480-1520 °С способствует образованию преимущественно серого чугуна, обладающего высокими прочностными характеристиками и высокой термической стойкостью, соответствующей лучшим мировым показателям [3]. На микроструктуру чугуна значительное влияние оказывает и содержание ванадия. В чугунах Кемеровской области содержание ванадия, как правило, находится в интервале 0,04-0,07%. Для выбора оптимальной микроструктуры и химического состава чугуна при содержании ванадия в чугуне 0,04-0,05% была разработана структурная диаграмма, позволяющая выбирать оптимальный химический состав чугунов при соответствующих режимах термовременной обработки расплава (рис. 2).

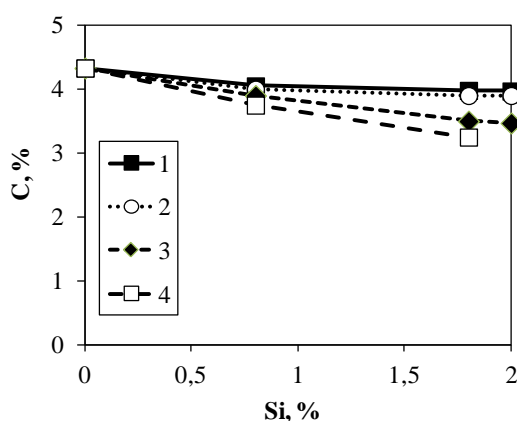


Рис. 2. Структурная диаграмма серого природнолегированного чугуна.
Ряды ограничивают области: 4-белых чугунов, 3-половинчатых,
2-перлитных серых, 1-перлитно-ферритных чугунов (V- 0,04-0,05%)

Белые и половинчатые чугуны применяются для изготовления валков и других износостойких изделий. Перлитные серые чугуны применяются для изготовления машиностроительных изделий имеющих повышенную конструкционную прочность (балки, кронштейны). Перлитоферритные чугуны применяются для изготовления термостойких изделий, в машиностроении и металлургии (изложницы, поддоны, крышки промежуточных ковшей машин непрерывного литья заготовок (МНЛЗ), станины станков).

Таким образом, задание микроструктуры чугунов на основании применения методов термовременной обработки расплава, позволяет получать чугуны специального назначения с заданными свойствами. Применение современных технологий производства чугуна, позволяет существенно снизить металлоемкость изделий, повысить их эксплуатационную стойкость и снизить себестоимость продукции.

Список литературы:

1. Цепелев В.С., Селянин И.Ф., Лубяной Д.А., Баум Б.А. Термовременная обработка расплава чугуна // *Сталь*. – 1995. – №5. – С.42-45.
2. Valeev D.V., Zinoveev D.V., Kondratiev A.V., Lubyanoi D.A., Pankratov D.A. Reductive smelting of neutralized red mud for iron recovery and produced pig iron for heat-resistant castings // *Metals*. – 2020. – №10. – P.1-20.
3. Лубяной Д.А. Научные и технологические основы внепечной обработки методом резонансно-пульсирующего рафинирования // *Известия высших учебных заведений. Черная металлургия*. – 2020. – Т.63. – №3-4. – С.218-224.

ПОЛУЧЕНИЕ АНОРТИТОВОЙ КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ НЕКОНДИЦИОННОГО СЫРЬЯ

М.А. Семеновых, аспирант

Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск,

Соляная пл., 2, к. 2

тел. (999)-499-81-46

E-mail: semenovykhmark@gmail.com

Увеличение темпов строительства и новые, всё возрастающие требования к строительным материалам и изделиям являются основной движущей силой модернизации промышленности строительных материалов. В число главных задач модернизации производств входит: получение высококачественной продукции; разработка модернизированных или новых строительных материалов, отвечающих необходимым требованиям. При этом рекомендуется использование экологически чистых материалов и технологий производства [1].

Поставленные задачи могут быть решены путем вовлечения некондиционного сырья в составы керамической шихты. Использование такого сырья в производстве керамических материалов позволяет добиться различного результата. Таким образом у полученного изделия приобретаются новые или улучшаются уже имеющиеся свойства [2]. Интерес представляет строительная керамика с повышенным содержанием анортитовой фазы. Такая керамика отличается повышенной прочностью, так как анортит, входящий в состав керамики, – алюмосиликат, атомы в котором расположены по тетраэдрам, составляющим каркас. Структура получается рыхлой, поэтому в нее легко вклиниваются сторонние примеси. Согласно химическому составу и фазовому составу некондиционного сырья, содержащий полевые шпаты, оксиды щелочных и щелочноземельных металлов, которые являются плавнями. Эти соединения легко вклиниваются в каркасную структуру анортита [3].

Целью данного исследования является выявление возможности получения анортитовой керамики при условии использования некондиционных частиц.

Некондиционным сырьем в данном исследовании представлен отход металлургических производств. В табл. 1 представлен химический состав используемого сырья. Из табл. 1 следует, что преобладающим компонентом в сырье П–1 и П–3 является углерод. Такое сырье в производстве строительной керамики рекомендуется использовать в качестве выгорающих добавок уменьшения средней плотности и увеличения пористости. П–2 в основном представлена кремнеземистой составляющей. Такое сырье используется для снижения пластичности и усадки сырца в процессе сушки и обжига

Таблица 1. Химический состав некондиционного сырья

| Сырье | Количество, масс. % | | | | | | |
|-----------|---------------------|------------------|--------------------------------|------|------|-------|--------------------------------|
| | C | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | CaO | MgO | FeO | Fe ₂ O ₃ |
| П – 1 | 30,63 | 3,99 | 2,54 | 3,92 | 1,45 | 13,18 | – |
| П – 2 | – | 78,89 | 3 | 1,49 | 3,45 | 0 | – |
| П – 3 | 30,45 | 34,54 | 14,05 | 6,29 | 2,02 | 6,47 | – |
| Глинистое | | 64,05 | 12,10 | 3,08 | 2,97 | – | 4,53 |

Представленные в табл. 1 пробы использовались для составления композиций с содержанием некондиционного сырья до 20 масс. % в связи с потерей пластичности сырьевой массы при превышении заданного количества.

Изделия изготавливались методом полусухого прессования при следующих технологических параметрах: давления формования – 20 МПа, влажности шихты – 10%, температуре обжига сырцов – 950 °С.

XIII Международная научно-техническая конференция «Современные проблемы машиностроения»

В процессе изучения полученных керамических образцов были изучены показатели прочностных свойств, плотности, водопоглощения и морозостойкости. Опираясь на полученные данные, можно констатировать, что образцы керамического кирпича, полученные с использованием в составе некондиционного сырья в количестве до 20 масс.%, обладают необходимыми эксплуатационными свойствами для применения в строительной индустрии в соответствии с нормативными документами. А именно: прочность при сжатии достигает 43,1 МПа, что на 15% больше, чем прочность контрольного глиняного; плотность снижается до 10%; а водопоглощение снижается с 12% до 7%. Улучшение эксплуатационных характеристик полученных изделий, обеспечивается за счет повышенного содержания анортитовой фазы, образующейся при обжиге. Наиболее точно это прослеживается на примере образцов с использованием в составах пробы 1 и пробы 3. Их технологические свойства относительно контрольного образца имеют более высокие показания.

Проведенные исследования методом рентгеновской дифракции показали, что фазовым составом изделий, полученных с использованием некондиционного сырья, является анортит, кварцит, фаялит и аморфная фаза. Эти образцы имеют повышенное количество анортитовой фазы в сравнении с контрольными образцами. Как было отмечено в ранее приведенных исследованиях [3–4], анортитовые зерна при обжиге упрочняют структуру изделия, увеличивая прочность сцепления соседствующих зерен.

Эти исследования хорошо коррелируются с уже известными исследованиями ученых в этой области, а именно: наличие анортитовой фазы улучшает свойства керамических изделий за счет структурных особенностей.

Таким образом, проведенные в работе исследования подтверждают актуальность исследования анортита в составах строительных материалов в связи с тем, что он обеспечивает улучшение технологических свойств полученных изделий. Использование некондиционного сырья в виде металлургических отходов при их определенных соотношениях с глинистыми позволяет получать анортитовую керамику, которая может быть использована как конструкционный строительный материал.

Исследование выполнено за счет гранта РФФИ проект № 20-79-10102.

Список литературы:

1. Тихонова Т.В. Анализ рынка строительных материалов и особенности оценки качества строительных материалов // В сборнике: Наука, образование, инновации: апробация результатов исследований Материалы Международной научно-практической конференции под общей редакцией А.И. Вострецова. – 2020. – С. 359-364.
2. Манакова Н.К., Суворова О.В. Снижение нагрузки на окружающую среду за счет вовлечения техногенных отходов в получение теплоизоляционных материалов // Труды Ферсмановской научной сессии ГИ КНЦ РАН. – 2019. – № 16. – С. 360-363.
3. Tabit, Kamal; Hajjou, Hanaa; Waqif, Mohamed; с соавторами Effect of CaO/SiO₂ ratio on phase transformation and properties of anorthite-based ceramics from coal fly ash and steel slag // Ceramics international. – 2020. – V. 46. – No 6. – P. 7550-7558.
4. Скрипникова Н.К., Григорьевская Д.К., Семеновых М.А. Исследование влияния зольных микросфер на свойства керамических изделий // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2020. – Т. 22. – № 2. – С. 112-119.
5. Скрипникова Н.К., Власов В.А., Семеновых М.А., Волокитин Г.Г., Шеховцов В.В. Исследование возможности использования углеродсодержащего техногенного сырья при производстве керамических изделий // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2019. – Т. 21. – № 6. – С. 115-121.

ТРАВЛЕНИЕ УГЛЕРОДНЫХ ПОКРЫТИЙ В АРГОН-ВОДОРОДНОЙ ПЛАЗМЕ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО РАЗРЯДА

Д.В. Сиделёв, к.т.н., доц.,

С.Е. Ручкин, студент гр. ОДМ01

Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30,

тел.(3822) -701777 (доп. 2595)

E-mail: ruchkin.2010.2010@mail.ru

Покрывтия на основе углерода обладают уникальными свойствами (высокая износостойкость и твёрдость) [1], благодаря чему они применяются для изменения механических свойств поверхности режущих инструментов, деталей пар-трения, скольжения, качения и пр. В настоящее время актуальными становятся задачи по (1) снижению производственного брака при напылении покрытий и (2) нанесению покрытий на восстановленные детали, т.е. после механической обработки. Следовательно, необходима технология удаления покрытий из углерода с поверхности таких деталей. Данный метод должен обладать высокой скоростью травления (> 1 мкм/час) и селективностью по отношению к материалу подслоя или материала подложки (>40). Помимо этого, снятие (удаление) углеродных покрытий необходимо проводить без физического распыления материала изделия. В противном случае может искажаться морфология поверхности, происходить изменение профиля кромки режущего инструмента и т.д. В связи с этим было использовано реактивное ионное травление, где задействовано как физическое, так и химическое распыление. Обычно вклад физического распыления в данной технологии достаточно высок, однако за счёт изменения потенциала смещения на подложке до минимальных значений (по амплитуде – 5...20 В) можно снизить энергию ионов, бомбардирующих поверхность. Таким образом, роль физического воздействия будет минимальна. Цель настоящей работы состоит в получении данных о травлении углеродных покрытий в Ar-H₂ плазме высокочастотного разряда.

Экспериментальная схема установки показана на рис. 1. Был задействован индуктивно-связанный источник плазмы РПГ-128 (ООО "Лаборатория вакуумных технологий плюс", г. Зеленоград, Россия) с блоком питания COMDEL CX-1250S.

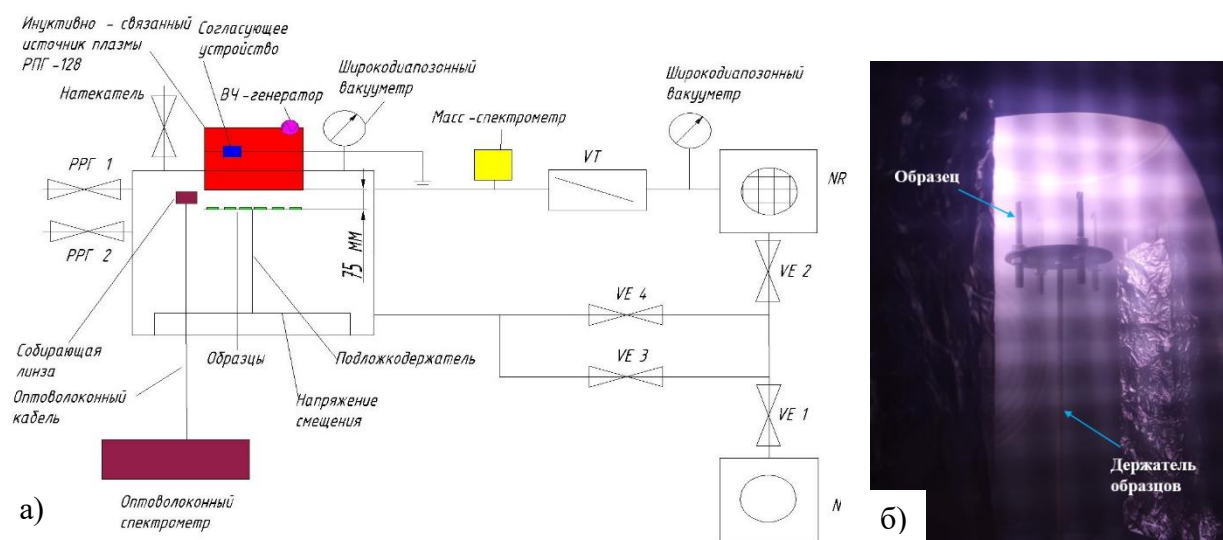


Рис. 1. (а) Схема экспериментальной установки и (б) фотография процесса внутри вакуумной камеры

В эксперименте были постоянными следующие параметры: мощность источника высокочастотной плазмы - 750 Вт, потенциал смещения на подложке - (-20 В), суммарный расход газов (аргона и водорода), поступающий в камеру - 75 см³/мин. Изменялись следующие параметры: поток Ar (от 15 до 35 см³/мин) и H₂ (от 0 до 35 см³/мин). Предварительно были получены модельные образцы покрытий из аморфного углерода на подложках из стали 12х18н10т. В качестве подслоя использовался титан, толщиной ~100 нм.

На рис. 2 показаны данные о скорости и селективности травления для системы «углеродное покрытие – подслоя из титана – подложка 12х18н10т». Видно, что в атмосфере Ar происходит только физическое распыление, скорости травления углерода и титана низкие и сопоставимые между собой. С добавлением водорода в газовую смесь и последующим увеличением его наблюдается значительный рост скорости травления и повышается селективность до 40 и более. Это вызвано переходом процесса травления от физического распыления к реактивному ионному, где удаление углерода происходит преимущественно посредством химического механизма.

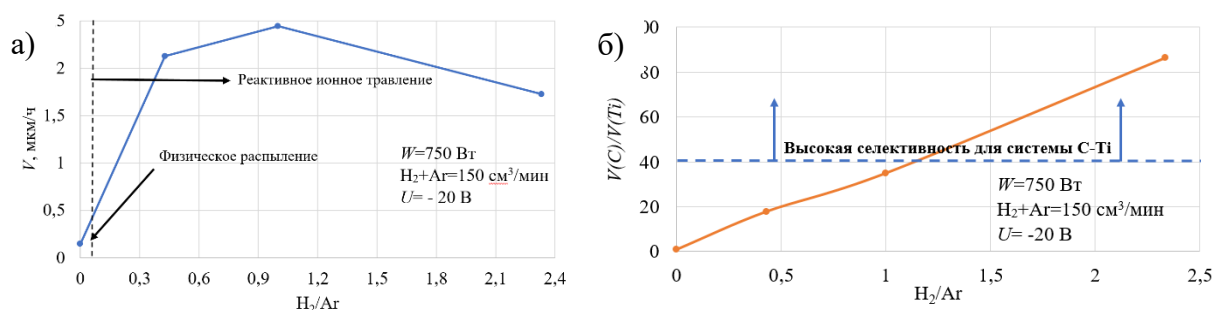


Рис. 2. (а) Скорость травления углерода и (б) селективность его травления по отношению к титану в зависимости от состава газовой смеси

Методом оптической эмиссионной спектроскопии в плазме тлеющего разряда был исследован состав поверхности модельных образцов до и после обработки в аргон-водородной смеси. Показано, что при травлении образцов (сталь 12х18н10т с углеродным покрытием) в течение расчётного времени на их поверхности остаётся только металлический подслоя (титан, толщиной около 50-100 нм). Углеродного покрытия обнаружено не было.

В качестве иллюстрации эффективности данной технологии дополнительно было выполнено несколько серий экспериментов с натурными образцами (концевые фрезы, свёрла, лезвия и пр.), модифицированными углеродными покрытиями в плазме магнетрона и с помощью дуговых испарителей. На рис. 3 показаны результаты обработки поверхности концевой фрезы из стали Р6М5К5 в аргон-водородной плазме при оптимальном режиме. Аналогично модельным образцам на поверхности натуральных изделий остаётся только металлический подслоя, углеродное покрытие удаляется.



Рис. 3. Фотографии концевой фрезы с углеродным покрытием (а) до и (б) после травления покрытия.

Список литературы:

1. Robertson, J. Diamond-like amorphous carbon / J. Robertson // Materials Science and Engineering: R Reports. V.37. N.4. – 2002. – P. 129-281.

**ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ И ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ
ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ С ГРАФЕНОВЫМИ НАНОСТРУКТУРАМИ
ПОЛУЧАЕМЫХ МЕТОДОМ ЛАЗЕРНОЙ СТЕРЕОЛИТОГРАФИИ 3D ПЕЧАТИ**

В.Э. Смирнова¹, студентка

А.А. Возняковский², м. н. с.

¹*Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), 190013, г. Санкт-Петербург, пр. Московский, 26,
тел. (812)-110-13-56*

²*Физико-технический институт им. А.Ф.Иоффе РАН, 194064, г. Санкт-Петербург, ул.
Политехническая, 26,
тел. (812)-297-22-45*

E-mail: vsmirnova13@mail.ru

На сегодняшний день технология 3D печати вызывает огромный интерес благодаря своим уникальным особенностям создания материалов заданных размеров с низкой себестоимостью, а также изделий со сложной геометрией и индивидуальными характеристиками, которые невозможно реализовать с помощью традиционных методов. В качестве сырья для 3D печати могут использоваться различные материалы, включающие металлы, керамику, пластмассы, различные волокна, полимеры, композиты на их основе и другие. Однако, не всегда удается получить изделие с требуемым набором свойств. Для решения данной проблемы одним из перспективных подходов является создание композиционных материалов с графеновыми наноструктурами (ГНС). Это обусловлено тем, что графеновые структуры характеризуются уникальными свойствами такими, как термическая и механическая стабильность, прочность, активная реакционная способность, тепло-, электропроводность и другие. Было установлено, что добавление малых концентраций графена (1% масс.) вызывает увеличение износостойкости, прочности и пластичности изделия [1]. Однако, их практическое применение ограничено ввиду высокой себестоимости, а также сложности в получении исходного материала для печати. В данной работе докладывается об экспериментальном исследовании возможности применения ГНС синтезированных методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) для повышения механических и теплофизических свойств полимерных изделий, получаемых методом лазерной стереолитографии (SLA) 3D печати.

Экспериментальная часть

В качестве базового метода для синтеза графеновых был выбран метод СВС. Используя СВС метод возможно получать большие объемы ГНС (количество слоев в пачке структур не превышает 5) из биополимеров циклического строения. В данной работе в качестве исходного биополимера использовался крахмал (ч.д.а.). Подробно методика синтеза описана в [2].

С целью получения гомогенного распределения ГНС в объеме полимерной матрицы навеска из ГНС (0,1 масс. %), полученная методом СВС из крахмала приводили в контакт с полупрозрачной фотополимерной смолой (марки Anycubic Photon, длина волны отверждения 405 нм, Китай) путем постепенного добавления ГНС при постоянном перемешивании в нагретую до 50°C смолу в поле ультразвука. В результате была получена устойчивая суспензия ГНС в фотополимерной смоле, которая служила материалом для печати конечных изделий SLA методом 3D печати на 3D принтере Anycubic Photon S (Китай). Толщина слоя засветки составляла 50 мкм. Конечные образцы представляли из себя квадраты со стороной 30 мм и толщиной 5 мм (образцы для измерения твердости), а также диски диаметром 10 мм и толщиной 2 мм (образцы для измерения теплопроводности). Твердость образцов измерялась методом Бринелля (шар 5 мм), в то время как теплопроводность измерялась методом лазерной вспышки.

Результаты и обсуждение

На рисунке 1 представлен внешний вид синтезированных образцов.

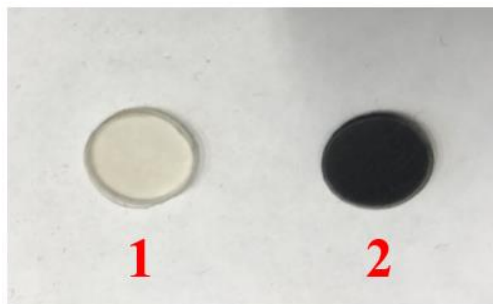


Рис.1. Образцы изделий из чистой смолы (1) и модифицированной графеновыми наноструктурами (2)

Как видно из рисунка 1 образец, модифицированный ГНС, имеет равномерную черную окраску, что может свидетельствовать о равномерности распределения ГНС по объему полимерной матрицы. На рисунке 2 представлены результаты измерений твердости и теплопроводности полученных образцов.

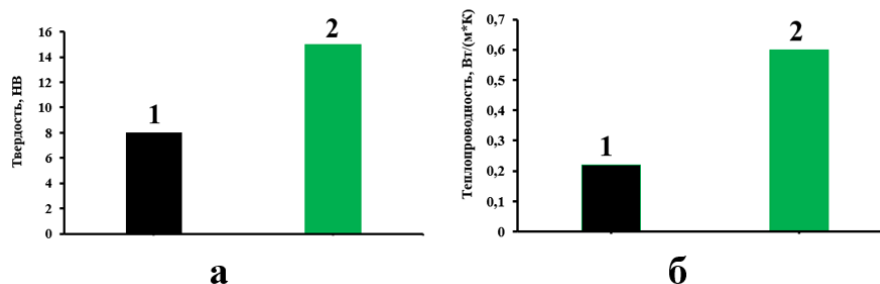


Рис 2. Результаты измерения твердости (а) и теплопроводности (б) образцов из чистой смолы (1) и модифицированной ГНС (б)

Как видно из рисунка 2 добавление 0,2 масс. % ГНС привело к росту твердости образцов на 87% и росту теплопроводности в 2,7 раза по сравнению с исходной смолой. Введение 0,2 масс. % ГНС позволило существенно повысить свойства исходной полимерной матрицы, но исходя из свойств ГНС можно было ожидать более значительного роста свойств. Данное несоответствие ожиданий, обусловленных свойствами ГНС, с экспериментальными данными может быть обусловлено тем, что ГНС распределяются по объему не в виде отдельных частиц, а в виде высокодисперсных агломератов частиц.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и БРФИ в рамках научного проекта № 20-58-00056.

Список литературы:

1. Markandan K., Lai C.Q. Enhanced mechanical properties of 3D printed graphene-polymer composite lattices at very low graphene concentrations // Composites Part A: Applied Science and Manufacturing. – 2020. – Т.129. – С.105726.
2. Vozniakovskii A. A. et al. Structure and Paramagnetic Properties of Graphene Nanoplatelets Prepared from Biopolymers Using Self-Propagating High-Temperature Synthesis // Journal of Structural Chemistry. – 2020. – Т. 61. – №. 5. – С. 826-834.

**ИССЛЕДОВАНИЕ РЕСУРСА УГЛЕПЛАСТИКА С ДЕФЕКТОМ ТИПА
«РАССЛОЕНИЕ»**

*А.А. Стуров, аспирант,
Н.С. Чащин, научный сотрудник,
Ю.Н. Иванов, к.т.н., доцент,
Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск,
Лермонтова 83,
тел. +7(914)-94-19-713
E-mail: hero124@yandex.ru*

С ростом доли композиционных материалов в машиностроении, все сильнее встает вопрос об обслуживании, текущем ремонте [1] и восстановлении повреждённых изделий из композитов, так как их стоимость гораздо выше традиционных материалов. Наиболее перспективным материалом считается углепластик. Он обладает сочетанием высокой прочности, гибкости, коррозионной стойкости, которые не присущи металлическим материалам. Полный переход к композиционным материалам зачастую не возможен или экономически не целесообразен. В изделиях машиностроения композиционные материалы и металлы используются совместно. Для соединения композиционных элементов с металлическими используют болтовые или заклепочные соединения. Формирование отверстий под крепежное соединение является трудоемкой задачей, так как материалы, входящие в состав пакета, имеют противоположные требования к условиям обработки. В результате этого значительно возрастает вероятность дефекта отверстий [2], по сравнению с обработкой однородных материалов. Наиболее часто встречающимся дефектом [3] возникающим при сверлении отверстий являются расслоения со стороны входа в отверстие и выхода из отверстия.

Основными задачами данного исследования являются определение влияния подповерхностных расслоений вокруг отверстия на ресурс изделий из углепластика, исследование применимости технологии ремонта отверстий и изучение целесообразности проведения их ремонта для продления ресурса. Решение поставленных задач планируется путем проведения сравнительных испытаний на повторно-статическое нагружение на сервогидравлической испытательной машине до разрушения образцов.

Объектом исследования является образец из углепластика на основе эпоксидного связующего изготовленный методом вакуумной инфузии. Наполнитель углепластика - высокомодульная углеродная лента, укладка квазиизотропная. В центральной части образца присутствует отверстие с размерами $\varnothing 14H9$. Размеры образца для испытаний выбраны в соответствии с рекомендациями ГОСТ Р 56810-201, с учетом особенностей испытательной машины, и составляют 320x45x16 мм. Наличие в центральной части образца отверстия не позволяет провести испытание трехточечным изгибом, поэтому использовался четырехточечный изгиб.

Всего было изготовлено четыре идентичных образца:

- образец № 1 – бездефектный, для нахождения нагрузки разрушения при статическом нагружении;
- образец № 2 – бездефектный, для повторно-статического нагружения;
- образец № 3 – с дефектом типа «расслоение», для повторно-статического нагружения;
- образец № 4 – с дефектом типа «расслоение» подвергнутый ремонту, для повторно-статического нагружения.

Бездефектный образец №2 выдержал 204 487 циклов, после чего разрушился. Каждые 60 000 циклов образец проходил ультразвуковой контроль для выявления динамики развития дефектов. Первые дефекты были зафиксированы после 120 тысяч циклов, после 180 тысяч циклов зафиксировано их увеличение. Наглядный график развития размеров дефектов в плане,

зафиксированных при ультразвуковом контроле, с верхней и нижней сторон образца показан на рисунке 1.

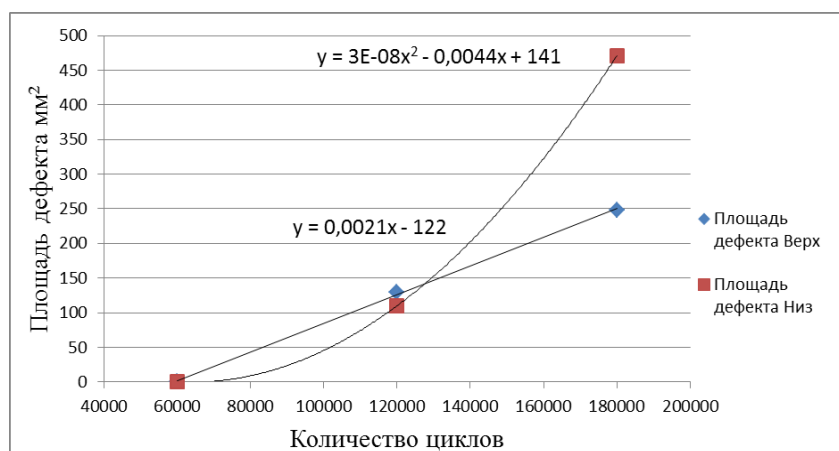


Рис. 1. График зависимости площади дефекта от количества циклов нагружения

Из графика видно, что площади дефектов растут практически линейно с каждой из сторон образца. «Верх» образца, который испытывает сжимающие напряжения, более подвержен образованию расслоений. «Низ» образца испытывает растягивающие напряжения, к которым у углепластиков более высокая стойкость. Площадь расслоений по верхней части образца примерно на 40% больше чем по нижней части. Данная тенденция характерно большинству композиционных слоистых материалов.

Испытание образца №3 с дефектом типа «расслоение» происходило также как и для бездефектного образца. Образец №3 начал разрушаться уже после 9000 циклов, это было зафиксировано визуально. После 19 000 циклов дефект вышел на кромки образца. После 21991 циклов образец разрушился. Разрушение образца произошло до наступления 1-го цикла ультразвукового контроля, поэтому динамика разрушения была зафиксирована только визуально.

Наибольший интерес представляют результаты испытаний образца № 4 после проведения ремонта «расслоения». Первая фиксация начала разрушения образца была произведена после 32 000 циклов, на торце образца появились единичные расслоения. При достижении 35 631 циклов образец полностью разрушился.

Статья подготовлена при финансовой поддержке ФГБОУ ВО ИРНИТУ в рамках гранта преподавателям-исследователям.

Список литературы:

1. Sturov A.A., Chashin N.S. Service life testing of composite material. 2019 IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 632.
2. Чигринец Е.Г. Экспериментальное исследование качества отверстий в слоистом композите стеклопластик-титан, полученных на операциях сверления / Е.Г. Чигринец, В.В. Сибирский, С.Н. Шевцов // Инженерный вестник Дона, №3 (2015) № 3 (37).
3. Колесник В.А. О влиянии ориентации волокон на механизм разрушения волокнистых полимерных композиционных материалов / В.А. Колесник, Д.В. Криворучко, А.И. Мужецкий // Научный Вестник Донбасской государственной машиностроительной академии. 2012. № 2 (27). – С. 55–59.

ВЛИЯНИЕ ОБРАБОТКИ ТЛЕЮЩИМ РАЗРЯДОМ НА ГЛУБИНУ И СТЕПЕНЬ СТРУКТУРНО-ФАЗОВОГО МОДИФИЦИРОВАНИЯ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СТАЛЕЙ

В. М. Шеменков, к.т.н., доц.,

М. А. Рабыко, аспирант.

Белорусско-Российский университет,

212000, Республика Беларусь, г. Могилев, пр. Мира, 43, тел. +375 (44) 740-06-64

E-mail: Vshemenkov@yandex.ru

Как известно поверхностный слой оказывает существенное влияние на работоспособность изделий, в результате чего одной из современных мировых тенденций, особенно в машиностроении, является разработка методов повышения износостойкости поверхностных слоев ответственных деталей, работающих в условиях трибомеханического и трибохимического воздействия.

Проводимые в Белорусско-Российском университете исследования показали, что одним из перспективных методов повышения износостойкости поверхностей изделий из металлов и их сплавов является обработка электрическим разрядом в среде остаточных атмосферных газов [1].

В результате исследовательских работ на инструментальных сталях, проводимых в рамках Государственной программы научных исследований Республики Беларусь «Физическое материаловедение, новые материалы и технологии», удалось установить, что обработка изделий из инструментальных сталей, тлеющим разрядом сопровождается структурными и фазовыми изменениям в поверхностных слоях изделия, что приводит к повышению поверхностной твердости и износостойкости.

В частности, на основании результатов металлографических, рентгеноструктурных и дюрOMETрических исследований установлено, что обработка углеродистых (У8 и У10А), легированных (Х12 и 9ХС) и быстрорежущих (Р6М5 и Р9) инструментальных сталей приводит к измельчению карбидных включений, снижению степени искажений кристаллической решетки матричной фазы (α -Fe), уменьшению остаточного аустенита за счет полиморфного превращения γ -Fe \rightarrow α -Fe в поверхностном слое на глубине до 100 мкм, что приводит к приращению твердости на 16 – 30 % [2]

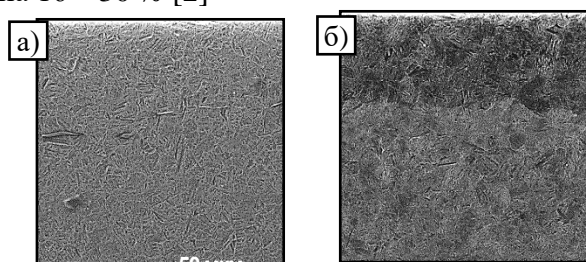


Рис. 1 Структура стали У8: а – до обработки; б – после обработки

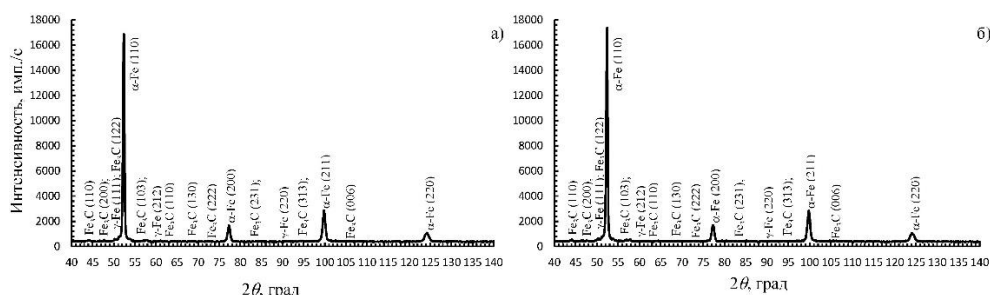


Рис. 2 Фрагменты дифрактограмм стали У8: а – до обработки; б – после обработки

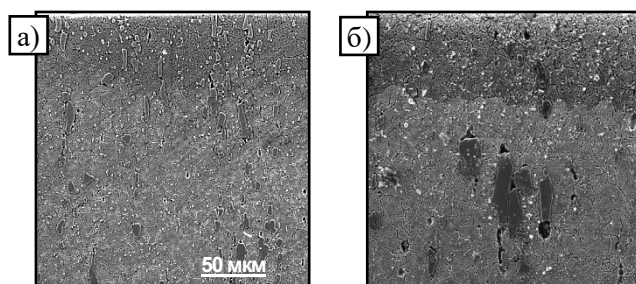


Рис. 3 Структура стали X12: а – до обработки; б – после обработки

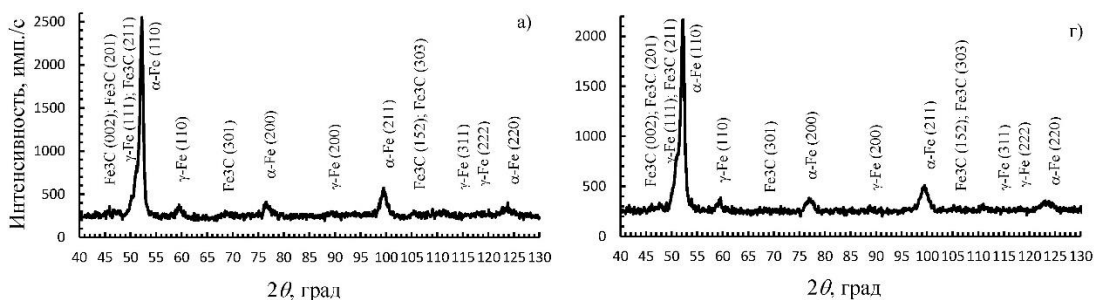


Рис. 4 Фрагменты дифрактограмм стали X12: а – до обработки; б – после обработки

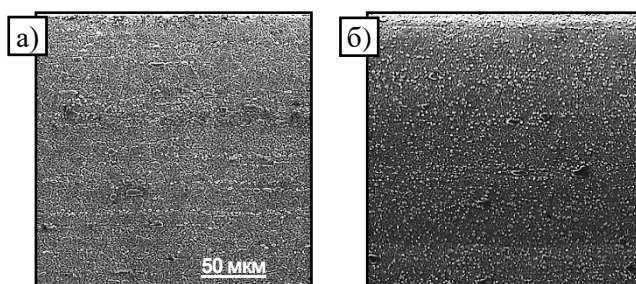


Рис. 5 Структура стали Р6М5: а – до обработки; б – после обработки

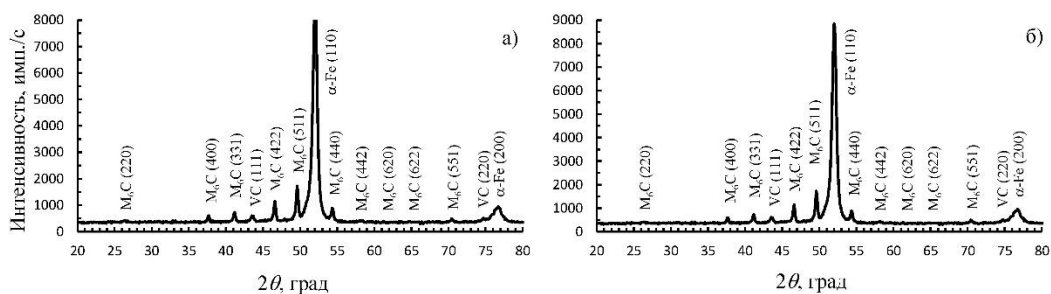


Рис. 6 Фрагменты дифрактограмм стали Р6М5: а – до обработки; б – после обработки

Список литературы:

1. Способ упрочнения изделий из металла или сплава, или сверхтвердого или графитсодержащего материала: Пат. № 22048 ВУ, С1 В. М. Шеменков, Ф. М. Трухачев, О.В. Обидина, М.А. Белая, А.Л. Шеменкова; заявитель и патентообладатель Гос. учреждение высш. проф. образования «Белорусско-Российский университет». – №20160207; заявл. 06.06.2016. опубл. 30.02.2018. – 3 с.
2. Структурно-фазовое модифицирование инструментальных материалов тлеющим разрядом : [монография] / В.М. Шеменков [и др.] ; под общ. ред. канд. техн. наук, доц. В.М. Шеменкова. – Могилев: Беларус.-Рос. Ун-т, 2017. – 270 с. : ил.

ДИНАМИЧЕСКОЕ СТАРЕНИЕ МАРТЕНСИТА В УСЛОВИЯХ ФРИКЦИОННОГО НАГРУЖЕНИЯ

*К.И. Эмурлаев, аспирант,
Новосибирский государственный технический университет, 630073, г. Новосибирск,
пр-т К.Маркса, 20,
тел. (383) 346 08 43
E-mail: emurlaev@corp.nstu.ru*

Трение является одной из наиболее распространенных причин изнашивания. Осложнения в анализе процесса заключаются в большом количестве параметров трения (схема эксперимента, нагрузка, скорость, окружающая среда, свойства материала и т.д.), которые влияют на характер изнашивания. В частности, результатом фрикционного взаимодействия может быть распад твердых растворов и перераспределение примесных атомов в кристаллической решетке [1, 2].

В данной работе рассматривается влияние трения на изменение структурного состояния стали 40X методом *operando* наблюдения с использованием синхротронного излучения (СИ). Сталь предварительно была подвергнута вакуумной закалке от 1000 °С в масло без последующего отпуска. Триботехнический эксперимент выполнялся по схеме «палец-диск», как показано на Рис. 1 в Европейском центре синхротронного излучения (ESRF) г. Гренобль, Франция. Пучок СИ падает на рабочую поверхность стального образца, а дифрагированное излучение регистрировалось двухкоординатным детектором Eiger 4M. Детальное описание испытания представлено в работе, посвященной анализу эволюции структуры стали 45 в условиях трения [3].

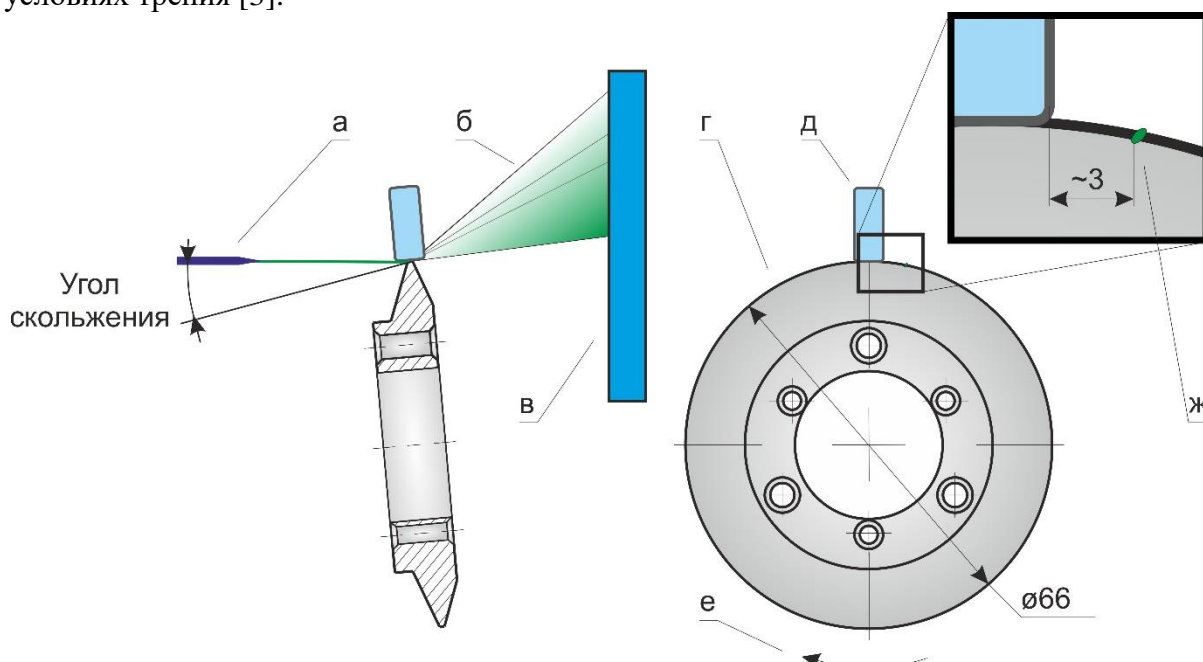


Рис. 1. Схема *operando* эксперимента по схеме «палец-диск»: а) входящий пучок СИ; б) дифрагированное излучение; в) двухкоординатный детектор; г) образец из стали 40X; д) вольфрамкобальтовый индентор; е) направление вращения; ж) изучаемая область

Известно, что, анализируя изменение формы профилей, а именно полной ширины на половине высоты (FWHM) или интегральной ширины, можно судить об изменении дефектного строения материала, в частности о плотности дислокаций. На Рис 2. представлена динамика FWHM в зависимости от количества циклов нагружения. В легенде указаны несколько точек, из которых видно, что вначале испытания уширение рефлексов снижается, а затем возрастает снова и превышает исходное значение. Снижение параметра FWHM, вероятно, связано с динамическим деформационным старением мартенсита вследствие пластической деформации [2], вызванной трением. Циклическое нагружение приводит к

перераспределению атомов углерода и образованию атмосфер Коттрелла, которые приводят к закреплению дислокаций. При этом, судя по всему, зарождение новых дислокаций затруднено, до тех пор, пока внешняя нагрузка не достигнет нового критического значения. Дальнейшее фрикционное нагружение ведет к возрастанию FWHM, что свидетельствует об аккумуляции дефектов кристаллического строения.

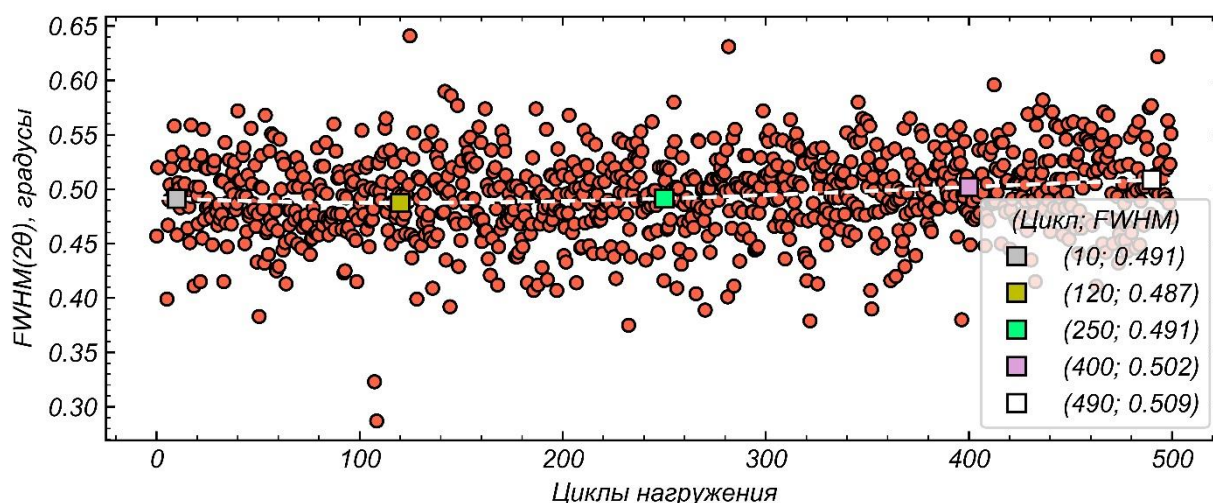


Рис. 2. Изменение FWHM рефлекса (211) мартенсита в условиях трения. Белая пунктирная линия является линией тренда FWHM.

Методом *operando* наблюдения показано, что фрикционное взаимодействие стали, закаленной на мартенсит, приводит к изменению формы дифракционного профиля, обусловленное сочетанием пластической деформации при трении и динамическим деформационным старением.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Новосибирской области в рамках научного проекта № 19-48-543022.

Список литературы:

1. Hsu K.L., Ahn T.M., Rigney D.A., Friction, wear and microstructure of unlubricated austenitic stainless steels // *Wear*. – 1980. – Vol. 60, iss. 1. – P. 13–37. – DOI: 10.1016/0043-1648(80)90247-1.
2. Korshunov L.G., Makarov A.V., Schastlivtsev V.M. et al., Structure and wear-resistance of steel U8 after laser treatment // *The Physics of Metals and Metallography*. – 1988. – Vol. 66, iss. 5. – P. 948–957.
3. Bataev I.A., Lazurenko D.V., Bataev A.A. et al., A novel *operando* approach to analyze the structural evolution of metallic materials during friction with application of synchrotron radiation, *Acta Materialia*. – 2020. – Vol. 196. P. 355–369. DOI: 10.1016/j.actamat.2020.06.049.

ФОРМИРОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИ-ПЕРЕМЕШАННОГО СЛОЯ В УСЛОВИЯХ ТРЕНИЯ СКОЛЬЖЕНИЯ

К.И. Эмурлаев, аспирант,

*Новосибирский государственный технический университет, 630073, г. Новосибирск,
пр-т К.Маркса, 20,
тел. (383) 346 08 43*

E-mail: emurlaev@corp.nstu.ru

Перенос вещества является неотъемлемой частью фрикционного взаимодействия системы особенно в условиях сухого трения. В результате переноса как прямого, так и обратного формируется механически перемешанный слой (МПС) так же известный как «третье тело». Состав слоя определяется не только материалами контактной пары, но и типом окружающей среды. В результате взаимодействия этих элементов при циклическом нагружении на трущейся поверхности образуется слой со свойствами, которые существенно отличаются от исходных материалов [1].

В данной работе представлен триботехнический эксперимент, выполненный по схеме «палец-диск» – вольфрамокобальтовый сплав (ВК20) против стали 40Х. Сталь была подвергнута закалке в вакуумной печи от температуры 1000 °С в масло. Исходная структура образца – мартенсит закалки. Испытание проводилось при контактном давлении 160 МПа и угловой скорости 10 об/мин.

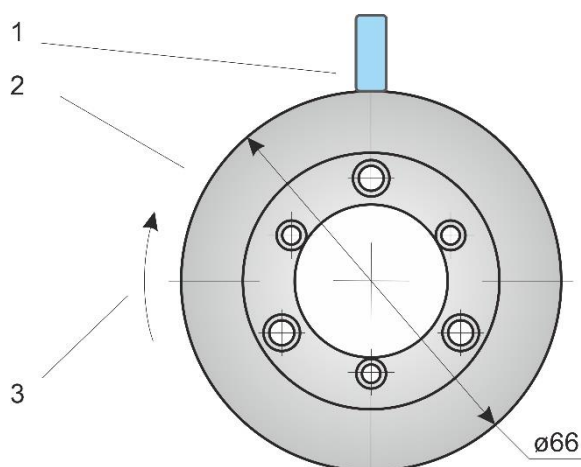


Рис. 1. Схема триботехнического эксперимента: 1) вольфрамокобальтовый индентор; 2) стальной образец; 3) направление вращения.

На Рис. 2а представлено строение поверхности рабочей части стального образца. Можно отметить область с присутствием намазанного слоя. В свою очередь, в поперечном сечении образца (Рис. 2б) можно наблюдать МПС с ярко выраженной границей раздела. Структурные составляющие материала под МПС повернуты вдоль направления вращения. В то же время строение МПС слабо различимое, можно отметить слоистое строение и наличия множественных трещин, очевидно, обусловленных процессами деляминации [2]. Для выявления особенностей МПС потребуются исследование его тонкого строения, хотя при такой толщине слоя (приблизительно 1 мкм) пробоподготовка весьма затруднительна. В ходе исследования методом растровой электронной микроскопии были выявлены частицы карбида вольфрама как, например, показано на Рис. 2в. Микрорентгеноспектральный анализ этой области помимо основного компонента стали (железа) показал содержание вольфрама и кислорода, что говорит не только о переносе вещества от индентора на рабочую поверхность стали, но и о взаимодействии с окружающей средой.

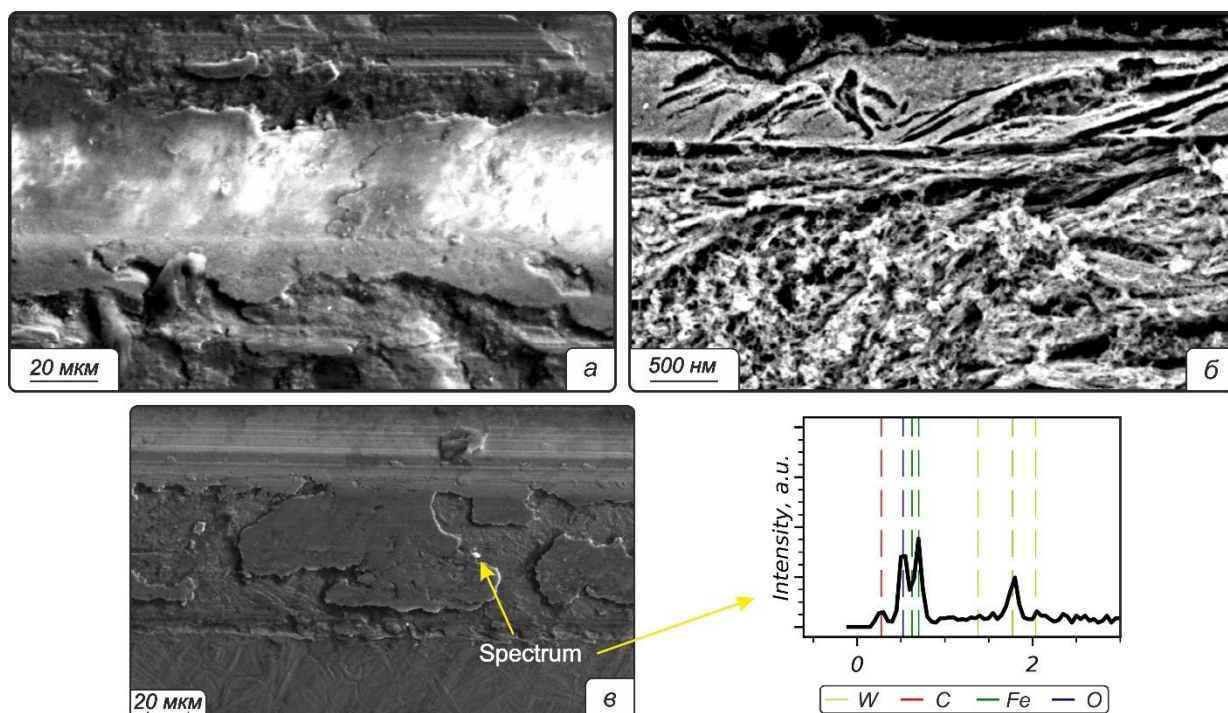


Рис. 2. Изображение механически-перемешанного слоя: а) строение поверхности; б) продольное сечение образца; в) область с частицей индентора и спектр, соответствующий частице.

Показано, что перенос вещества при трении способствует формированию слоистого МПС с множественными трещинами, содержащего элементы контактной пары и воздушной среды. Вероятно, что при дальнейшем трении полученный слой может привести к разрушению вольфрамокобальтового индентора.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-32-90119.

Список литературы:

1. Sliding wear and transfer / P. Heilmann, J. Don, T.C. Sun, D. Rigney, W.A. Glaeser // *Wear*. – 1983. – Vol. 91. – P. 171-190. – DOI: 10.1016/0043-1648(83)90252-1.

2. The delamination theory of wear / N. Suh // *Wear*. – 1973. – Vol. 25. – P. 111-124. – DOI: 10.1016/0043-1648(73)90125-7.

ИССЛЕДОВАНИЕ АЛМАЗОПОДОБНЫХ ПОКРЫТИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ИМПУЛЬСНОГО ОСАЖДЕНИЯ

Ю.Н. Юрьев, к.т.н., зав. лаб. НОЦ Б.П. Вейнберга

А.А. Руниц, студент гр. ОДМ01

Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30

тел. (38220) -701777 (доп. 2595)

E-mail: artemshift1234@gmail.com

В последнее время большое значение приобретают проблемы улучшения надежности отдельных деталей машин, механизмов и повышения износостойкости рабочего оборудования. Модификация поверхности различных деталей, например, путем, обработки ускоренными частицами, а также нанесением тонких защитных покрытий дает возможность существенно улучшить эксплуатационные характеристики, такие как твердость, износоустойчивость, электрические свойства и т.д. [1]. Одним из таких покрытий являются пленки на основе углерода. Известно, что свойства алмазоподобных пленок (АПП) напрямую зависят от метода их получения. В ходе выполнения работы для формирования покрытий была использована модернизированная установка УВНИПА-1-001. Данная установка разработана для нанесения упрочняющих АПП покрытий на поверхности режущих инструментов и изделий, работающих на трение и износ методом импульсного дугового осаждения.

Осаждение покрытий производилось на полированные подложки из нержавеющей стали марки 12Х18Н10Т. Процесс происходил в вакууме (порядка $\sim 5 \cdot 10^{-3}$ Па). Перед нанесением АПП покрытий поверхность подложки подвергалась ионной очистке в плазме аргона и плазме титана при напряжении на подложке -800В. Для увеличения адгезии между поверхностью подложки и покрытием осаждался подслоу титана толщиной 50 нм. Адгезионный подслоу титана формировался методом вакуумно-дугового распыления на постоянном токе. После этого, методом импульсного распыления графитового катода марки МПГ6 формировалось АПП покрытие.

В ходе работы были получены 9 образцов при различных параметрах осаждения, которые показаны в таблице 1.

Таблица 1. Параметры осаждения углеродных покрытий

| Образец № | Частота импульсов, Гц | Напряжение накопителя, В | Напряжение поджига, В | Остаточное давление, Па | Количество импульсов |
|-----------|-----------------------|--------------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------|
| 1 | 2 | 300 | 500 | $1,8 \cdot 10^{-3}$ | 10 000 |
| 2 | 2 | 400 | | | |
| 3 | 2 | 200 | | | |
| 4 | 3 | 200 | | | |
| 5 | 3 | 300 | | | |
| 6 | 3 | 400 | | | |
| 7 | 1 | 200 | | | |
| 8 | 1 | 300 | | | |
| 9 | 1 | 400 | | | |

Для изучения физико-механических свойств покрытий использовался сканирующий зондовый микроскоп НаноСкан-3D. Данная установка предназначена для измерения твердости (до 80 ГПа) и абсолютного модуля упругости (1000 ГПа). В ходе измерений на сканирующем зондовом микроскопе, получены зависимости твердости и модуля упругости от глубины проникновения алмазного индентора. Исходя из полученных данных были построены зависимости твердости и модуля упругости от параметров осаждения (рис. 1).

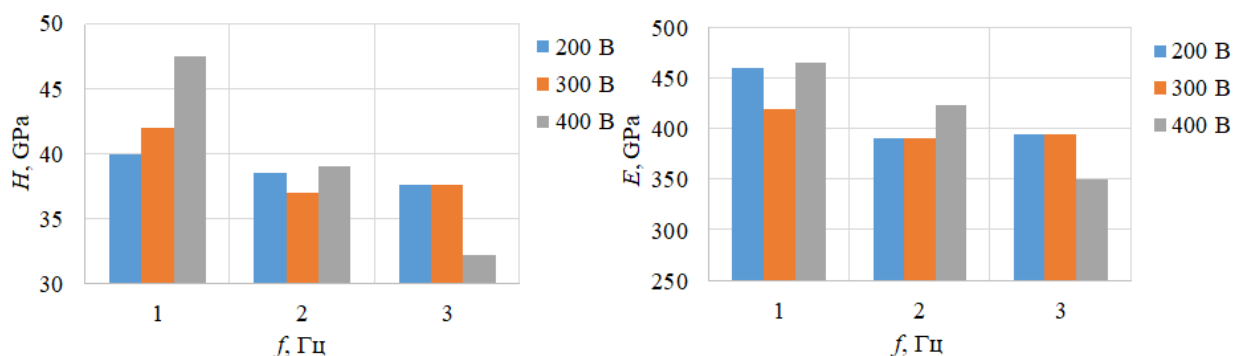


Рис. 1. Зависимость твердости (а) и модуля упругости (б) от параметров осаждения

Проанализировав полученные зависимости можно сделать вывод что твердость и модуль упругости уменьшаются с увеличением частоты процесса. Вероятно, это связано с тем, что при увеличении частоты импульсов, большее число высокоэнергетических частиц осаждается на подложке, что ведет к увеличению ее температуры. Это в свою очередь способствует большей степени графитизации покрытий и образованию дефектов. Наиболее твердые пленки получаются при минимальной частоте распыления.

С помощью высокотемпературного трибометра ТНТ-S-АХ0000 проводилось измерение коэффициента трения. Для анализа покрытий исследовался трек, образованный за счет внедрения неподвижного индентора. Из полученных данных была построена зависимость коэффициента трения и износостойкость от параметров осаждения покрытий.

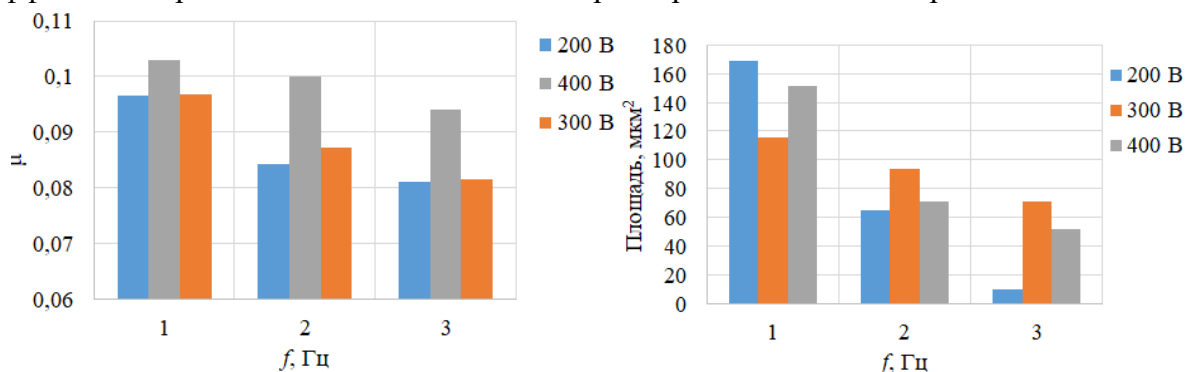


Рис. 2. Зависимость (а) коэффициента трения и (б) площади износа от параметров процесса.

Исходя из данных зависимостей, можно сделать вывод о том, что с ростом частоты следования импульсов значение коэффициента трения и износостойкость покрытий уменьшается, это можно объяснить тем, что формируемые АПП на подложке становятся более графитоподобными.

Список литературы:

1. Robertson, J. Amorphous Carbon / J. Robertson // *Advances in Physics.* – 1986. – Vol. 35, №4 – P. 317-374.
2. Gupta, В.Е. Synthesis, Structure and Properties of Nanolayered DLC/DLC Films // *A Thesis. Panjab University* – 2003. – P.155.
3. Беляев В.С. Алмазоподобные покрытия // *н.-т. ж. Нефть. Газ. Новации.* – 2010 г. – №.6, с. 74-76.

СЕКЦИЯ 5

АВТОМАТИЗАЦИЯ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

КОНВЕКТИВНЫЙ ТЕПЛОПЕРЕНОС В ЗАМКНУТОЙ ПОРИСТОЙ КУБИЧЕСКОЙ ПОЛОСТИ ПРИ НАЛИЧИИ ТЕПЛОВЫДЕЛЯЮЩЕГО ЭЛЕМЕНТА

*М.С. Астанина, аспирант,
М.А. Шеремет, д.ф.-м.н., доц.
Томский государственный университет, 634050, г.Томск, пр.Ленина,36,
E-mail: astanina.marina@bk.ru*

Математическое моделирование процессов теплопереноса в пространственных областях является наиболее востребованным в связи с широким спектром приложений. Перечень задач, входящих в данную сферу исследований, очень широк – разработка систем охлаждения источников тепловыделения разных типов и поиск оптимальных параметров для увеличения срока эксплуатации тепловых систем. В таком контексте решение трёхмерных задач естественной конвекции численными методами является хорошим инструментом для прогнозирования качества и срока службы охлаждающих систем, так как позволяет учитывать большой спектр осложняющих факторов без дополнительных расходов (по сравнению с экспериментами) – источники энергии, пористые вставки, различные виды нагрева, влияние окружающей среды и т.д. [1, 2].

Целью настоящего исследования является численное моделирование естественной конвекции жидкости внутри пористой кубической полости размера L с бесконечно тонкими стенками и источником энергии постоянного объемного тепловыделения Q (рисунок 1). Жидкость, насыщающая пористую полость, считается ньютоновской, теплопроводной и удовлетворяющей приближению Буссинеска. При этом пористая среда – однородна и изотропна. Предполагается, что реализуются условия локального термодинамического равновесия между жидкостью и твердым скелетом. Источник энергии расположен в центральной части основания. Внешняя поверхность нижней стенки ($z = 0$) считается адиабатической. На вертикальных стенках поддерживается постоянная температура охлаждения. Все внутренние поверхности твердых стенок предполагаются непроницаемыми. Считается, что теплофизические характеристики материала источника энергии и жидкости являются постоянными, а режим течения – ламинарный. Для описания транспортных процессов в пористой среде рассматривается нестационарная модель Дарси–Бринкмана. Предполагается, что течение жидкости и теплоперенос внутри пористой полости являются трехмерными, вязкой диссипацией пренебрегаем.

Определяющие дифференциальные уравнения нестационарной сопряженной естественной конвекции внутри пористой полости записывались в безразмерном виде с использованием законов сохранения массы, импульса и энергии [3].

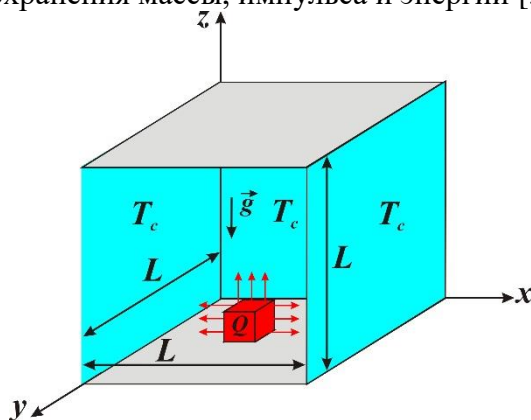


Рис. 1. Физическая постановка задачи

Сформулированная краевая задача решалась методом конечных разностей [3, 4]. Численные исследования поставленной краевой задачи были проведены в широком диапазоне

определяющих безразмерных параметров: $10^3 \leq Ra \leq 10^5$, $10^{-4} \leq Da \leq 10^{-2}$, $Pr = 0.7$. Анализ результатов проводился по распределениям поля вектора x-компоненты и изотерм в разных сечениях кубической полости.

На рисунке 2 представлены распределения изотерм и поля вектора скорости в сечении $X = 0.2$ для $Da = 10^{-3}$ и различных значений числа Рэлея. Пещера прогревается равномерно. Увеличение значения числа Рэлея усиливает течение. Образуются симметричные конвективные потоки. Теплоотвод происходит под влиянием холодной температуры на боковых границах по направлению к верхней адиабатической стенке. Изотермы распределяются вдоль вертикальных граней и отражают воздействие холодной температуры с границ.

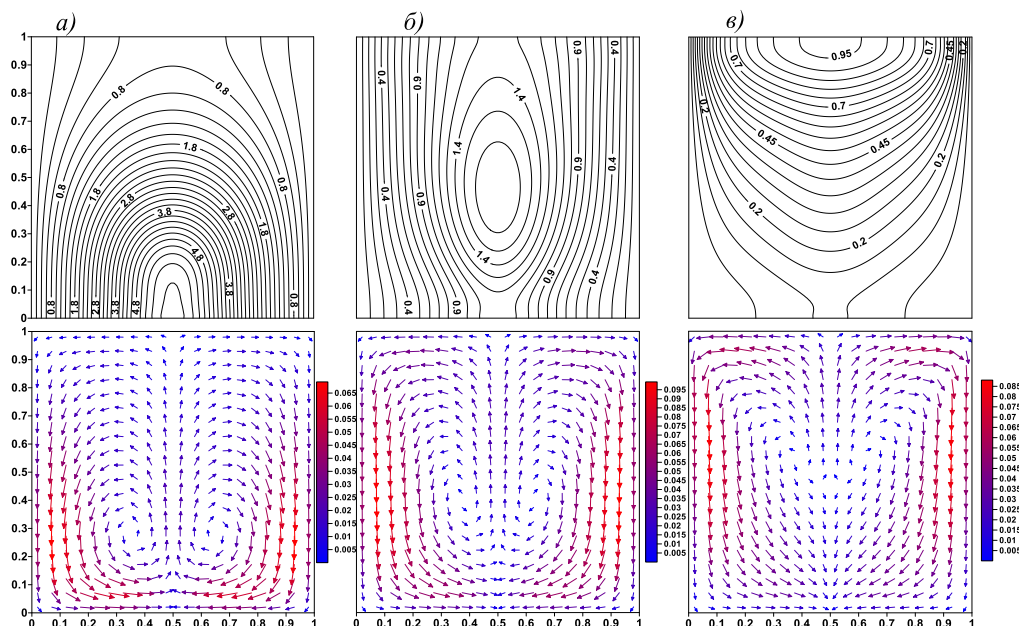


Рис. 2. Распределение поля температуры и вектора скорости в сечении $X=0.2$ при $Da=10^{-3}$: а) $Ra=10^3$, б) $Ra=10^4$, в) $Ra=10^5$.

Работа выполнена в рамках реализации проекта Российского научного фонда (соглашение № 17-79-20141).

Список литературы:

1. Danane F., Boudiaf A., Boutra A., Labsi N., Ouyahia S., Benkahla Y.K. 3D analysis of the combined effects of thermal buoyancy and viscous dissipation on the mixed convection of Bingham plastic fluid in a rectangular channel // Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering. – 2018. – Vol. 40: 126.
2. Liu D., Zheng Y.-L., AMoore A., Ferdows M. Spectral element simulations of three dimensional convective heat transfer// International Journal of Heat and Mass Transfer. – 2017. – Vol. 111. – P. 1023–1038.
3. Sheremet M.A., Trifonova T.A. Unsteady conjugate natural convection in a vertical cylinder containing a horizontal porous layer: Darcy model and Brinkman-extended Darcy model// Transport in Porous Media. – 2014. – Vol. 101. – P. 437–463.
4. Astanina M.S., Sheremet M.A. Transient natural convection with temperature-dependent viscosity in a square partially porous cavity having a heat-generating source// Numerical Heat Transfer A. – 2018. – Vol. 73. – P. 849–862.

ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИИ ТРУБОПРОВОДОВ ПОСРЕДСТВОМ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ УТОНЕНИЯ СТенок ТРУБЫ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА МОНТЕ-КАРЛО

*П.В. Бурков, д.т.н., профессор ОНД ТПУ,
П.В. Бурков, д.т.н., профессор МТФ ТГАСУ,
И.Н. Лютиков, аспирант гр. А9-77*

Томский политехнический университет, 634050, г.Томск, пр.Ленина,30,
E-mail: olimpiadic@mail.ru

Для газо- и нефти-транспортирующих предприятий оценка технического состояния трубопроводов имеет повышенный приоритет и для ее реализации раз в год проводится внутритрубная дефектоскопия, с пропуском очистных устройств, снарядов ВТД и профилемеров. Но чтобы иметь возможность аналитически оценить и дать прогноз состоянию трубопроводов, исключая сложные случайные процессы, удобно использовать метод математического моделирования Монте-Карло способного работать с большими данными. Сущность метода заключается в том, что согласно центральной предельной теореме теории вероятности, суммарное воздействие большого числа незначительных случайных факторов приводит к нормальному распределению результирующей случайной величины [1]. Само моделирование методом Монте-Карло сводится к общей формуле получения необходимого выходного значения, к сумме заданного центра распределения с произведением случайного числа с нормированным распределением на стандартное квадратичное отклонение. В данном случае заданным центром распределения может выступать результаты ранее проведенной внутритрубной диагностики трубопровода.

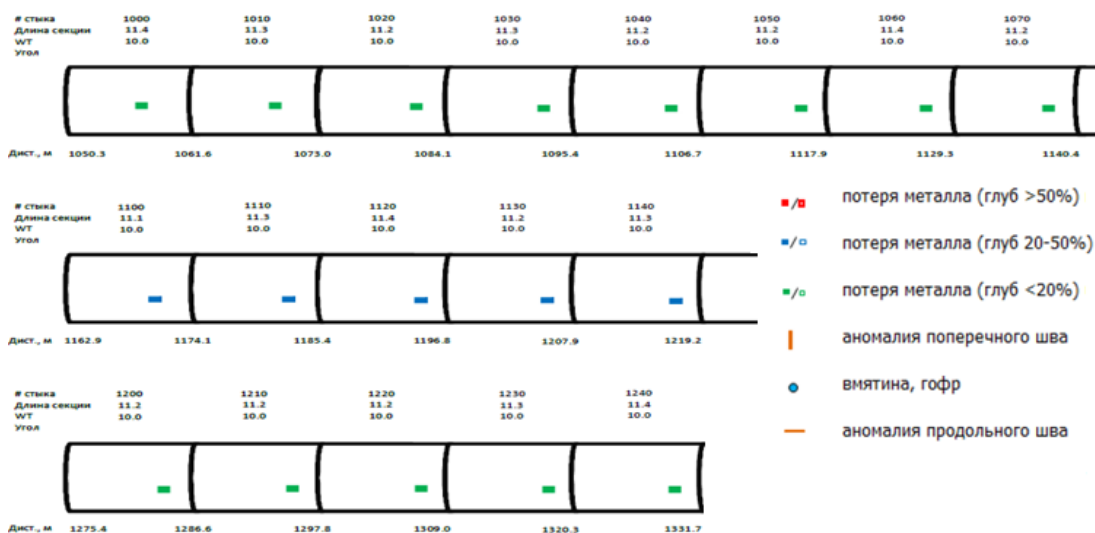


Рис. 1. Результаты внутритрубной инспекции трубопровода профилемером (CLP) и ультразвуковыми дефектоскопами (WM и CD)

**XIII Международная научно-техническая конференция
«Современные проблемы машиностроения»**

Таблица 1. Результаты внутритрубной инспекции трубопровода профилемером (CLP) и ультразвуковыми дефектоскопами (WM и CD).

| Глубина, % от WT | Внутренние потери металла | |
|------------------|---------------------------|------------------------|
| | Количество, шт | % от общего количества |
| 5...10 % | 12 | 29,6 |
| 10...20 % | 18 | 44 |
| 20...30 % | 10 | 24 |
| 30...40 % | 1 | 2,4 |
| Всего | 41 | 100 |

Многokrатно моделируются случайные числа, с советующими корреляционными коэффициентами и распределениями вероятности, с помощью генератора случайных чисел, что приводит к получению достоверных выходных данных для модели [2]. Для метода Монте-Карло чем выше количество расчетов одной и той же выходной величины, тем выше точность метода. Поэтому благодаря многократному расчету выходных величин для модели на ЭВМ (часто до 10000 раз) достигается высокая точность метода. Анализируя полученные модели можно давать оценку технического состояния трубопроводов, совершая расчет остаточного ресурса трубопровода, проводя дополнительные испытания трубопровода, в том же числе определения параметров состояния металла трубопроводов.

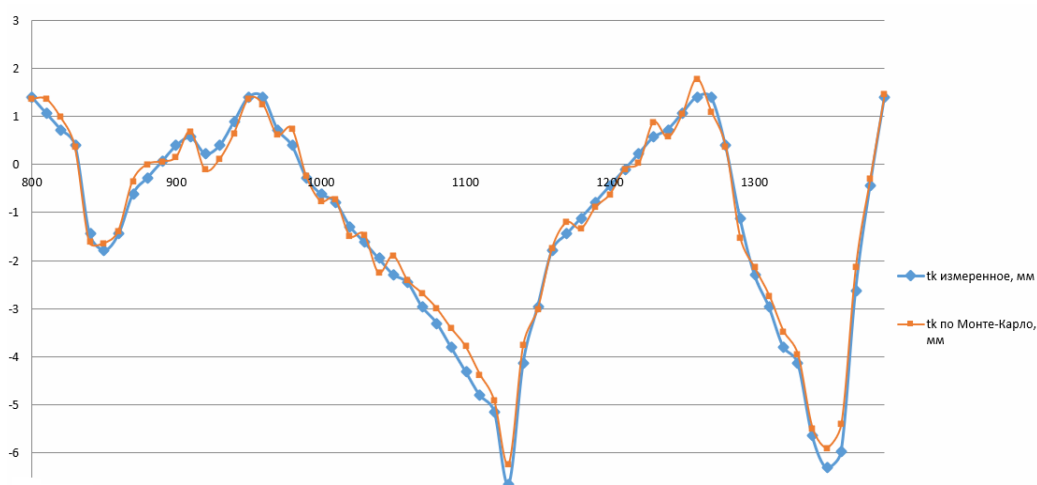


Рис. 2. Совмещенный график толщин стенок труб, полученных с помощью метода Монте-Карло и результатов внутритрубной инспекции.

Список литературы:

1. Б. С. Елепов, А. А. Кронберг, Г. А. Михайлов, К. К. Сабельфельд. Решение краевых задач методом Монте-Карло. — Новосибирск: Наука, 1980. — 174 с.
2. С. М. Ермаков, В. В. Некруткин, А. С. Сипин. Случайные процессы для решения классических уравнений математической физики. — М.: Главная редакция физико-математической литературы издательства «Наука», 1984. — 208 с

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КОНТАКТА ЗУБЬЕВ ВОЛНОВОГО ТОРЦЕВОГО КИНЕМАТИЧЕСКОГО РЕДУКТОРА

Джасем Мохамед

Томский политехнический университет, 634050, г.Томск, пр.Ленина,30,

тел.(983)-233-04-54

E-mail: eng.mjasem85@gmail.com

Вследствие компактности и малой массы представляют интерес кривошипно-конические передачи, в которых шестерня совершает сложное пространственно-сферическое движение. Однако, эти передачи не нашли широкого применения из-за непостоянства передаточной функции, связанного с особенностями пространственно-сферического движения шестерни и технологическими трудностями, в частности с нарезанием зубьев конических колес с внутренним зацеплением. Кроме того, наличие трения скольжения в зацеплении, приводящее к скачкообразности вращения, а также ограниченная многопарность сопряжения зубьев обуславливают их низкую кинематическую точность и надежность[1].

В этой работе, рассматривается разработка волнового торцевого кинематического редуктора с выпукло-вогнутым контактом зубьев. Боковые поверхности зубьев шестерни описываются дугой окружности, а центральные колеса - выпуклыми / вогнутыми профилями.

На рис. 1 представлена принципиальная схема волнового торцевого кинематического редуктора, состоящего из четырех элементов: генератора (входного вала) 1, выполненного в виде кривошипного валика, шестерни в виде двухвенечного блока 3, состоящей из двух конических колес внутреннего зацепления и свободно вращаются на кривошипном валике, неподвижного конического колеса 2 с наружным зацеплением и подвижного конического колеса 4, жестко связанного с выходным валиком 5. Левый зубчатый конический венец 2 блока 3 находится в зацеплении с неподвижным коническим колесом 2, а правый зубчатый венец 3 этого блока – с подвижным коническим колесом 4[2].

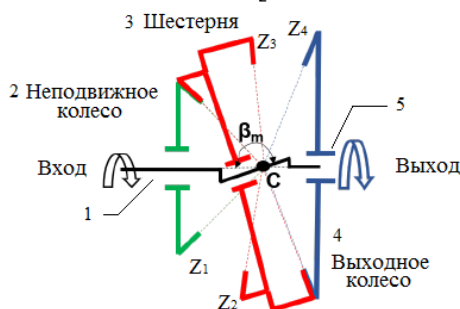


Рис. 1. Принципиальная схема волнового торцевого кинематического редуктора

Разница в количестве зубьев зубчатых колес и сопряженных зубьев шестерни составляет ± 1 . В рассматриваемого волнового торцевого кинематического редуктора делительные конусы зубчатых колес 2, 3 и 4 имеют общую вершину, расположенную в точке O и лежащую на оси передачи[3].

При вращении генератора 1 шестерня 3 совершает сферическое движение относительно точки O посредством обкатывания зубьев венца 2 по зубьям неподвижного колеса 2. Зацепляясь одновременно зубьями венца 3 с зубьями колеса 4, шестерня 3 передает вращение зубчатому колесу 4, жестко соединенному ведомым валиком 5.

Кинематические зависимости взаимодействия шестерни со сфероспециальным движением с выходным колесом волнового торцевого кинематического редуктора выражаются уравнениями Эйлера [5].

Теоретические разработки, представленные в [6] для зубчато-винтовой передачи, применяемые модели и методы также полностью применимы для волнового торцевого кинематического редуктора, представленного в [2, 3].

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМОГРАВИТАЦИОННОЙ КОНВЕКЦИИ СТЕПЕННОЙ НАНОЖИДКОСТИ В ПОЛОСТИ ПРИ НАЛИЧИИ ТЕПЛОВЫДЕЛЯЮЩЕГО УЧАСТКА НИЖНЕЙ СТЕНКИ

*Д.С. Лоенко, аспирант,
М.А. Шеремет, д.ф.-м.н., доц.
Томский государственный университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 36,
E-mail: whiteink@bk.ru*

Анализ конвективного теплообмена в полостях, заполненных различными подвижными средами, широко используется в системах накопления тепловой энергии, тепловом управлении в электронике и зданиях, а также в различных теплообменниках. Несмотря на разнообразие подходов, целью всегда является регулирование потока жидкости и улучшение тепловых характеристик для интенсификации транспортных процессов в зависимости от области применения. Существуют различные методы для повышения эффективности теплопереноса в полостях, связанные, например, с использованием ребер, пористых вставок, волнистых стенок, электрического и магнитного полей. Однако известно, что до тех пор, пока теплопроводность теплоносителей низкая, каждый из указанных подходов не будет иметь большого эффекта. Улучшение теплофизических характеристик рабочих сред может быть связано с добавлением малой концентрации наночастиц высокотеплопроводных материалов [1].

Принимая во внимание отмеченное обстоятельство, целью данного исследования является математическое моделирование термогравитационной конвекции степенной наножидкости (жидкости с добавлением наночастиц высокотеплопроводного материала) в замкнутом корпусе с тепловыделяющим участком нижней стенки. Область решения изображена на рисунке 1.

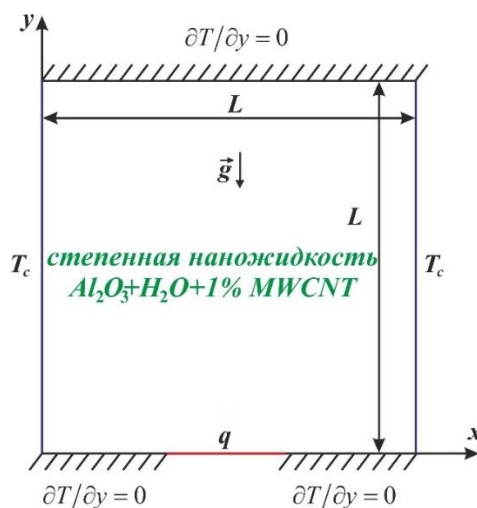


Рис. 1. Область решения

Горизонтальные стенки полости теплоизолированы, а вертикальные поддерживаются при постоянной низкой температуре T_c . Центральная часть нижней стенки характеризуется постоянным тепловыделением, описываемым фиксированной плотностью теплового потока. В качестве теплоносителя используется суспензия наночастиц оксида алюминия и смеси воды и многостенных нанотрубок. Для описания неньютоновского характера течения применяется степенная модель Оставльда-де-Вилла [2]: $\tau_{ij} = 2\mu_{nf} D_{ij}$.

Система нестационарных дифференциальных уравнений в преобразованных безразмерных переменных «функция тока (Ψ) – завихренность (Ω) – температура (Θ)», описывающая данный процесс, выглядит следующим образом (1) – (3):

$$\frac{\partial^2 \Psi}{\partial X^2} + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial Y^2} = -\Omega \quad (1)$$

$$\frac{\partial \Omega}{\partial \tau} + \frac{\partial \Psi}{\partial Y} \frac{\partial \Omega}{\partial X} - \frac{\partial \Psi}{\partial X} \frac{\partial \Omega}{\partial Y} = H_1(\phi) \left(\frac{Ra}{Pr} \right)^{\frac{n-2}{2}} \left[\nabla^2 (\bar{M}\Omega) + S_\Omega \right] + H_2(\phi) \frac{\partial \Theta}{\partial X} \quad (2)$$

$$\frac{\partial \Theta}{\partial \tau} + \frac{\partial \Psi}{\partial Y} \frac{\partial \Theta}{\partial X} - \frac{\partial \Psi}{\partial X} \frac{\partial \Theta}{\partial Y} = \frac{H_3(\phi)}{\sqrt{Ra \cdot Pr}} \left(\frac{\partial^2 \Theta}{\partial X^2} + \frac{\partial^2 \Theta}{\partial Y^2} \right) \quad (3)$$

В системе (1) – (3) присутствуют дополнительные безразмерные комплексы:

$$H_1(\phi) = \frac{K_{nf} \rho_{bf}}{K_{bf} \rho_{nf}} = \frac{1}{(1-\phi)^{2.5} (1-\phi + \phi \rho_p / \rho_{bf})}; \quad H_2(\phi) = \frac{(\rho\beta)_{nf} \rho_{bf}}{(\rho\beta)_{bf} \rho_{nf}} = \frac{1-\phi + \phi(\rho\beta)_p / (\rho\beta)_{bf}}{1-\phi + \phi \rho_p / \rho_{bf}},$$

$$H_3(\phi) = \frac{\lambda_{nf} (\rho c)_{bf}}{\lambda_{bf} (\rho c)_{nf}} = \frac{(\lambda_s + 2\lambda_{bf}) - 2\phi(\lambda_{bf} - \lambda_s)}{(\lambda_s + 2\lambda_{bf}) + \phi(\lambda_{bf} - \lambda_s)} \frac{1}{1-\phi + \phi(\rho c)_p / (\rho c)_{bf}}$$

Решение поставленной задачи было получено численно с применением метода конечных разностей на равномерной прямоугольной сетке. Влияние сеточных параметров на среднее число Нуссельта на тепловыделяющем участке изображено на рисунке 2.

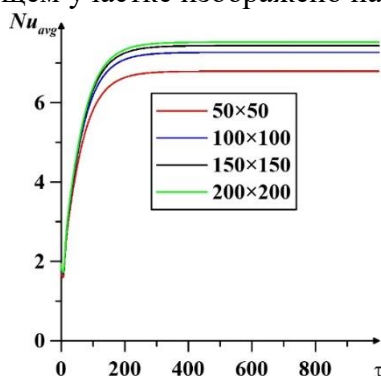


Рис. 2. Влияние сетки

Численное исследование режимов естественной конвекции степенной наносuspension в замкнутой полости с тепловыделяющим участком стенки было проведено в широком диапазоне изменения определяющих параметров: числа Рэлея, объемной доли наночастиц, а также относительного размера нагревательного элемента. В результате математического моделирования были получены изолинии функции тока и температуры, а также зависимости среднего числа Нуссельта и средней температуры от времени.

Работа выполнена в рамках реализации государственного задания Министерства науки и высшего образования (проект № 0721-2020-0036).

Список литературы:

1. Non-Newtonian nanofluid natural convection in a U-shaped cavity under magnetic field / F. H. Ali [et al.] // International Journal of Mechanical Sciences. – 2020. – No. 105887.
2. Khezzar L. Natural convection of power law fluids in inclined cavities / L. Khezzar, D. Siginer, I. Vinogarov // International Journal of Thermal Sciences. – 2012. – Vol. 53. – P. 8–17.

КОНВЕКТИВНО-РАДИАЦИОННЫЙ ТЕПЛОПЕРЕНОС В КРУПНОГАБАРИТНОЙ ОБЛАСТИ НАГРЕВАЕМОЙ СНИЗУ

И.В. Мирошниченко, к.ф.-м.н.

А.А. Тойлибаев, студент гр. 04704

Н.С. Гибанов, аспирант

Томский государственный университет, 634050, г.Томск, пр.Ленина,36,

тел. (3822) 52-97-40

E-mail: miroshnichenko@mail.tsu.ru

В связи с увеличением за последние годы в нашей стране темпов строительства зданий жилого и промышленного назначения, одним из наиболее важных и актуальных вопросов является минимизация потерь энергетических ресурсов, которые направляются на жизнеобеспечение данных объектов. Повышение энергоэффективности различного рода строительных сооружений позволяет, как экономить значительные средства, так и делать жилье более качественным и комфортным для жизни. На сегодняшний день исследование особенностей тепломассопереноса в зданиях и сооружениях на основе математического моделирования является актуальным в связи с необходимостью разработки моделей, отражающих зависимость внутренней температуры объекта от внешних климатических условий, режима подачи энергии и характеристик здания [1-6].

В данной работе проведено математическое моделирование сложного теплообмена в крупногабаритной области при наличии источника объемного тепловыделения (рисунок 1).

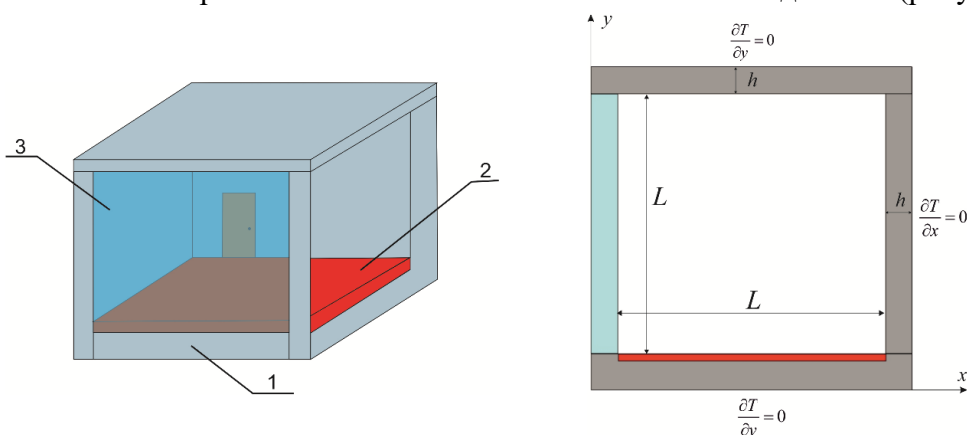


Рис. 1. Область исследования: 1 – ограждающие конструкции, 2 – источник тепловыделения, 3 – панорамное остекление

Задача реализована в двумерной постановке. Внутренние поверхности твёрдых стенок и тепловыделяющего элемента считались серыми. Режим течения турбулентный. Задача решена методом конечных разностей. Система уравнений в безразмерном виде в переменных «функция тока – завихренность», а также начальные и граничные условия представлены в [7]. Безразмерная плотность потока излучения определялась путем решения следующей системы уравнений итерационным методом:

$$R_k = (1 - \tilde{\varepsilon}_k) \sum_{i=1}^N F_{k-i} R_i + \tilde{\varepsilon}_k (1 - \zeta)^4 \left(\Theta_k + 0.5 \frac{1 + \zeta}{1 - \zeta} \right)^4,$$

$$Q_{rad,k} = R_k - \sum_{j=1}^N F_{k-j} R_j.$$

Здесь σ – постоянная Стефана-Больцмана; $\zeta = T^e/T_{hs}$ – температурный параметр, Θ_k – безразмерная температура k -го изотермического участка; F_{k-j} – угловой коэффициент между поверхностями “ k ” и “ j ”; $Q_{rad,k}$ – безразмерная плотность потока результирующего излучения; R_k – безразмерная плотность потока эффективного излучения.

В работе также внедрена эффективная процедура сгущения расчетной сетки к ограждающим поверхностям, применяемая для адекватного разрешения вязкого пограничного слоя:

$$\xi = a + \frac{b-a}{2} \left\{ 1 + \operatorname{tg} \left[\frac{\pi \kappa}{b-a} \left(X - \frac{a+b}{2} \right) \right] / \operatorname{tg} \left[\frac{\pi}{2} \kappa \right] \right\},$$
$$\eta = a + \frac{b-a}{2} \left\{ 1 + \operatorname{tg} \left[\frac{\pi \kappa}{b-a} \left(Y - \frac{a+b}{2} \right) \right] / \operatorname{tg} \left[\frac{\pi}{2} \kappa \right] \right\}.$$

здесь a, b – геометрические характеристики, κ – параметр сжатия.

Проведен численный анализ влияния теплофизических характеристик и степени черноты ограждающих конструкций, размеров источника тепловыделения, а также интенсивности тепловыделения на структуру течения и теплообмен в области решения. В результате проведенных исследований получены распределения изолиний функции тока и изотерм, а также интегральные характеристики (средние числа Нуссельта). Показано, что рост степени черноты (стенок и источника тепловыделения) приводит к снижению интенсивности конвективного теплообмена, и одновременно к увеличению среднего радиационного числа Нуссельта. Установлены способы интенсификации охлаждения источника тепловыделения.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 19-79-00296).

Список литературы:

1. Ben-Nakhi A., Mahmoud M.A. Conjugate turbulent natural convection in the roof enclosure of a heavy construction building during winter // *Applied Thermal Engineering*. – 2008. – Vol. 28. – Pp. 1522–1535
2. Rahimi M., Sabernaemi A. Experimental study of radiation and free convection in an enclosure with a radiant ceiling heating system // *Energy and Buildings*. – 2010. – Vol. 42. – Pp. 2077–2082.
3. Zhang X., Su G., Yu J., Yao Z., He F. PIV measurement and simulation of turbulent thermal free convection over a small heat source in a large enclosed cavity // *Building and Environment*. 2015. - Vol. 90. - Pp. 105-113.
4. Awbi H.B., Hatton A. Natural convection from heated room surfaces // *Energy and Buildings*. – 1999. - Vol. 30. - Pp. 233-244.
5. Rincon-Casado A., Sanchez de la Flor F.J., Chacon Vera E., Sanchez Ramos J. New natural convection heat transfer correlations in enclosures for building performance simulation // *Energy and Buildings*. – 2017. - Vol. 11. - Pp. 240-256.
6. Muresan C., Menezo C., Bennacer R., Vaillon R., Numerical Simulation of a Vertical Solar Collector Integrated in a Building Frame: Radiation and Turbulent Natural Convection Coupling // *Heat Transfer Engineering* . – 2006. – Vol. 27. – Pp. 29–42.
7. Mikhailenko S.A., Miroshnichenko I.V., Sheremet M.A. Thermal radiation and natural convection in a large-scale enclosure heated from below: Building application // *Building Simulation*. – 2020 <https://doi.org/10.1007/s12273-020-0668-4>

АВТОБАЛАНСИРУЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО

М.А. Кузнецов, студент гр. 4НМ01,

К.А. Кувшинов, ст. преподаватель,

А.Н. Гаврилин, к.т.н., доц.

Б.Б. Мойзес, к.т.н., доц.

*Томский политехнический университет, 634050, г.Томск, п.Ленина,30,
E-mail: bb1998boss@mail.ru, kuvshinov@tpu.ru, gawral@tpu.ru, mbb@tpu.ru*

Технологическое оборудование различного назначения имеет вращающиеся детали и узлы, например, шпиндели, роторы, валы. В процессе вращения данных элементов возникают колебания, которые отрицательно влияют на производительность и надежность оборудования и инструментов, а также на точность изготовления детали. Для того, чтобы снизить отрицательное влияние колебаний необходимо производить балансировку вращающихся узлов машин, станков и оборудования.

Для балансировки применяются пассивные и активные устройства.

Пассивные устройства работают за счет перемещения корректирующих масс, участвующих в движении вала. К пассивным устройствам относятся: шариковые и маятниковые.

В отличие от конструкции пассивных устройств в активных устройствах используется принудительное перемещение корректирующих масс. К активным относятся устройства принудительного центрирования.

Существуют следующие устройства с твердыми корректирующими массами, шариковые и маятниковые.

Шариковое автобалансирующее устройство, представляет собой обойму с одним или несколькими шариками, закрепленной так, чтобы ось обоймы совпадала с осью вала. Форма обоймы сделана конусом к нижней части для того чтобы лежащие в ней шарики были как можно ближе друг к другу на малых скоростях, не увеличивая дисбаланс.

Достоинство устройства заключается в легкости исполнения и простоте конструкции.

Недостатки устройства заключаются в том, что устройство начинает работать только после появления эксцентриситета.

Рассмотрим маятниковое устройство, которое представляет собой закрепленные на валу два диска с осями, на которых свободно вращаются маятники.

Достоинства устройства заключается в том, что на критических скоростях маятники уменьшают вибрацию системы.

Недостатки устройства заключаются в том, что маятники имеют остаточный дисбаланс, а также устройство используется только на вертикальных валах.

Существует активное автобалансирующее устройство принудительного центрирования, в котором перемещение корректирующих масс происходит направлено.

Такое устройство представляет собой замкнутую систему автоматического регулирования.

Недостатками данного устройства являются сложная конструкция и дорогая вычислительная аппаратура.

На данный момент актуальна задача создания автобалансирующего устройства, которое обеспечит: всережимную балансировку высокой точности, возможность балансировки, как в вертикальном, так и в горизонтальном положении, а также имеющее простую конструкцию.

Поставленная задача достигается тем, что в конструкции автобалансирующего устройства обеспечивается минимальный эксцентриситет между осью корректирующих масс устройства и осью вращения вала, за счет этого обеспечивается высокая точность балансировки уже на начальном этапе.

Шариковое автобалансирующее устройство (Рис.3) состоит из следующих компонентов: обойма 1, шарики 2, которые располагаются между обоймой 1 и штоком 3. Шток 3 имеет отверстия под штифты 4 и соединен со встроенным приводом 5, который включает в себя шаговый двигатель 6, планетарный редуктор 7 и передачу винт-гайка 8. Встроенный привод 5 размещен внутри вала 9, который соединяется с обоймой 1 болтовым соединением 10. Встроенный привод 5 подключен к системе управления 11, которая получает сигналы с датчика вибрации 12. Датчик вибрации размещен на корпусе обоймы 1.

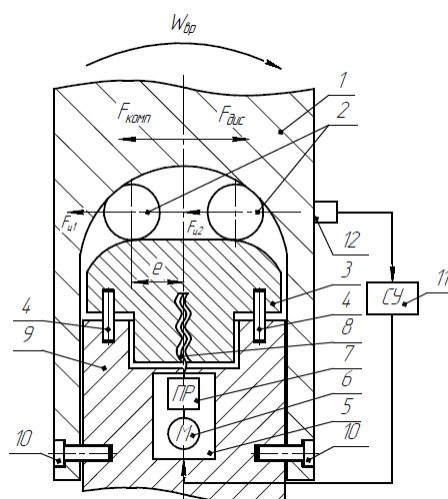


Рис.3. Схема предлагаемого шарикового устройства

В данной статье были рассмотрены различные автобалансирующие устройства, их конструкция и принцип работы. Рассматривая эти системы, были обнаружены следующие недостатки: отсутствие обеспечения всережимной балансировки с высокой точностью, невозможность обеспечить балансировку, как в вертикальном, так и в горизонтальном положении, сложность конструкции и исполнения.

Предлагаемое автобалансирующее устройство устраняет перечисленные недостатки, так как сочетает свойства активного и пассивного устройств.

В результате разработано автобалансирующее устройство, характеризующееся малыми габаритами, простой конструкцией, всережимной балансировкой с высокой точностью, а также с возможностью обеспечить балансировку, как в вертикальном, так и в горизонтальном положении.

Список литературы:

1. Вибрации в технике: Справочник. 6-ти т./Ред. Совет: В41 В. Н. Челомей (пред.). – М.: Машиностроение, 1981. – Т. 6. Защита от вибраций и ударов / Под ред. К. В. Фролова. 1981. – 456 с., ил.
2. Балансирующее устройство: А.с. 1536228 ССР, МКИЗ, G 01 M 1/38. / В.П. Нестеренко, С.Н. Кладиев, А.П. Соколов, и др. – № 4421889/25-28; заявл. 05.05.88; опублик. 15.01.90, Бюл. № 2. – 2 с.
3. Козин В.М, Шекун Г.Д., Козин С.В. Устройство для автоматической балансировки роторов : Патент RU 2171457, 7 G 01 M 1/32, опублик. 27.07.01, Бюл. № 21.
4. Гусаров А.А. Балансировка роторов машин : В 2 т. – М.: Наука, т. 1. – 2004. – 267 с., т. 2. – 2005. – 383 с.
5. Пашков Е.Н., Подзорова Е.А. Время автоматической балансировки ротора // IV научно-техническая конференция. Динамика систем, механизмов и машин. Труды. – Омск: Изд. ОмГТУ, 2002.– С. 82–85.
6. Устройство автоматической балансировки шпиндельных узлов: Патент на полезную модель. 2467836 Российская Федерация, МПК7: B23B19/02. / Юркевич Владимир Васильевич. № 2007111154/22; заявл. 29.09.11; опублик. 27.11.12, Бюл. № 28. – 4 с.

СНИЖЕНИЕ ТРУДОЕМКОСТИ ОПЕРАЦИИ ЧИСТОВОГО ФРЕЗЕРОВАНИЯ ЛОПАТОК ГАЗОТУРБИННЫХ КОЛЕС

*Мясникова Л.А.¹, инженер-программист,
аспирант кафедры «Инновационные технологии машиностроения»,
(¹ПАО НПО «Искра», ПНИПУ г.Пермь, Россия)
Мясникова Л.А. - 614038, г. Пермь, ул. Академика Веденеева 28,
ПАО Научно производственное объединение «Искра»,
e-mail: m.l.a.87@mail.ru*

ПАО НПО «Искра» – крупнейшее промышленное предприятие России. Основными видами деятельности предприятия является разработка военной техники и оборудование для топливно-энергетического комплекса.

Существующий процесс разработки управляющей программы (УП) на НПО «Искра» базируется на использовании программного обеспечения NX 10.0.3 компании SiemensPLMSoftware. Процесс включает в себя создание 3D модели, выбора стратегии обработки резания, назначение инструмента с режимами резания и генерации УП [1].

Целью работы является – разработка алгоритма автоматического контроля размеров ДСЕ в процессе обработки сложнопрофильных деталей с использованием контактно измерительных датчиков Renishaw.

Для решения вопросов по созданию измерительных циклов и встраиванию их в УП использован программный продукт Productivity + ActiveEditorPro, рекомендованный представителями компании Renishaw г. Перми. ПО Productivity+ActiveEditorPro [3] представляет собой программный пакет, синтаксической поддержкой основных функций для простых измерительных задач и более сложных процедур, которые встраиваются в программы механической обработки и выполняются в процессе самой обработки. Постпроцессоры Renishaw обеспечивают совместимость программного обеспечения Productivity + ActiveEditorPro с большинством систем ЧПУ. Данная программа реализована как автономное решение, позволяющее пользователям импортировать извлеченные из САД-системы объемные модели Parasolid. Интерфейс программного обеспечения представлен на рисунке 1.

Основной задачей решаемой с помощью ПО Productivity+ActiveEditorPro является активное управление технологическим процессом обработки посредством применения датчиков для измерения элементов ДСЕ и обновления параметров механической обработки на основе полученных результатов. Данную программу можно запускать на персональном компьютере и, тем самым, программировать измерения вне производственного цеха без вывода станков из производственного процесса.

Этапы разработки автоматического контроля размеров ДСЕ в процессе обработки сложнопрофильных деталей с использованием контактно измерительных датчиков Renishaw:

- разработка УП,
- создание измерительных циклов,
- объединение измерительных циклов с УП
- отработка на станке УП совместно с измерительными циклами в автоматическом режиме.

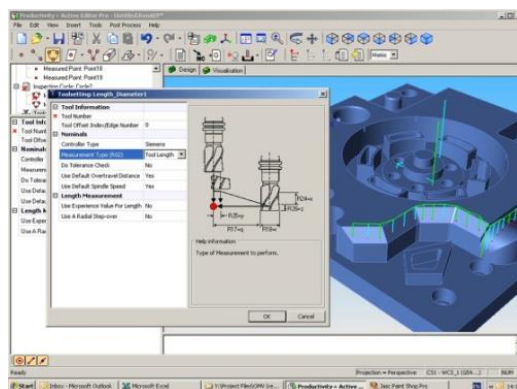


Рис.1 Интерфейс программного обеспечения Productivity+ActiveEditor

XIII Международная научно-техническая конференция «Современные проблемы машиностроения»

Этапы эксперимента:

1. установка временной лицензии ПО Productivity + ActiveEditorPro , в которой имелся постпроцессор для написания измерительных циклов для ЧПУ Sinumerik 840D.

2. установление макросов и измерительных циклов на имеющиеся стойки станков с ЧПУ.

3. создание УП с измерительными циклами.

УП и циклы измерения были совмещены в единую программу с наложением на нее условий. Размеры в процессе обработки ДСЕ проконтролированы на станках с ЧПУ.

Пример обработки внешнего диаметра $100^{+0.25}$ мм в соответствии с алгоритмом измерения, реализуемым в УП.

-создание с помощью ПО Productivity + ActiveEditorPro управляющей программы с измерительным циклом,

- включение цикла измерения после отработки кадров УП на станке по формированию указанного диаметра,

-замер фактического диаметра головкой Renishaw с выполнением условий [3]:

-если после измерения размер детали попадает в поле допуска, тогда на стойке станка с ЧПУ выходит сообщение «VERNOD=100.15», далее продолжается обработка по УП последующего профиля.

-если после измерения размер детали выходит за поле допуска и имеется возможность его доработать, оператору выходит сообщение «DORABOTKAD=100.45». Система ЧПУ рассчитывает величину, на которую нужно изменить диаметр или длину инструмента [2]. В автоматическом режиме система сама добавляет таблицу корректоров расчетную величину на данный инструмент. Далее происходит повторная обработка данного размера с последующими замерами. Процедура происходит до тех пор, пока на выходе не получится необходимый годный размер. Все действия происходят автоматически, без вмешательства оператора.

3.если после измерения размер детали уходит за грани поля допуска и доработке не подлежит. Оператору выходит сообщение «BRAKD=99.95», программа останавливается.

азработан алгоритм автоматического контроля размеров в процессе обработки, который обеспечивает необходимую точность изготовления и позволяет минимизировать влияние человеческого фактора на точность обработки.

Применение программного продукта Productivity + ActiveEditorPro на НПО «Искра» (г. Пермь) эффективно.

Измерения головкой Renishaw рекомендуется проводить на предварительной обработке ДСЕ, для того чтобы получить точный размер на финишной обработке и предотвратить получения брака.

Список литературы:

1. Нежметдинов Р.А., Пушков Р.Л., Евстафиева С.В., Мартинова Л.И. Построение специализированной системы ЧПУ для многокоординатных токарно-фрезерных обрабатывающих центров // Автоматизация в промышленности, №6, 2014. С.25-28

2. SINUMERIK 840D/810D/FM-NC Измерительные циклы. Справочник пользователя издание 12.97. Siemens. С.231-284.

3. Productivity+ActiveEditor расширение возможностей обработки - Англия, 2017. С.5-21.

РАЗРАБОТКА БИБЛИОТЕКИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДИСКРЕТНОСОБЫТИЙНЫХ ПОТОКОВЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

*А.С. Никитин, студент гр. 8ТМ91
Томский политехнический университет, 634050, г.Томск, пр.Ленина,30,
тел.8(913)8800573
E-mail: asn29@tpu.ru*

Теория расписаний предлагает множество методов планирования цепей поставок на производстве [1]. Важной частью всех алгоритмов планирования являются модели, описывающие временные стадии производственного процесса. Существующие методы построения моделей и их анализа [2] исследуют случаи с постоянным потоком повторяющихся заказов (стационарный поток заказов).

Многие малые и средние промышленные предприятия сталкиваются с задачей планирования производства нестационарного потока заказов. Также современные высокоавтоматизированные предприятия реализуют на одних и тех же производственных мощностях широкий сортамент продукции.

Для решения данной задачи ведётся разработка алгоритмов планирования производственных процессов с нестационарным потоком заказов [3]. В ходе данной работы разработано программное обеспечение для моделирования обработки заказов.

Разработанное ПО имеет ряд возможностей: изменение количества задействованных в производстве агрегатов или увеличение времени обработки заказов в них (моделирование отказов и неисправностей), добавление новых заказов и их маршрутов обработки, моделирование простоя заказов в очередях на обработку, моделирование ограничений по времени на проведение обработки.

При планировании производственных потоков интерес представляет время, затраченное на обработку заказа в производственной установке. Соответственно математическая модель обработки заказа представляет собой $f(n)$ – функцию времени от количества изделий в транспортной партии.

Моделирование всего производственного процесса основано на потоке событий, где каждое событие – это обработка одного заказа в машине. Расчёт времени события производится по рекуррентной формуле

$$T_i = f_i(n_i) - f_{i-1}(n_{i-1}) + T_{i-1} \quad (1)$$

где T_i – модельное время для i события;

$f_i(n_i)$ – математическая модель обработки заказа в установке, т.е. длительность i события.

Данное выражение основано на следующих соображениях. Обработка заказов на различных машинах происходит одновременно. Обработку заказа нельзя прервать. Установка обрабатывает заказы по очереди без дополнительных задержек, если она исправна. Установка не может обрабатывать два заказа одновременно.

Большинство производственных установок могут выполнять обработку различных типов изделий (несколько «рецептов» обработки) и переключение с одного рецепта на другой требует некоторого времени, соответственно математическая модель приобретает вид:

$$f(n) = t_o(n) + t_n \quad (2)$$

где t_o – время обработки партии или партий в установке;

n – количество изделий в партии;

t_n – время переключения рецепта.

Если рецепты переключать не требуется время переключения $t_n = 0$.

Определены три типа обработки заказов в производственных установках, каждый имеет свою математическую модель.

При потоковой обработке, время обработки всей партии складывается из времён обработки каждого изделия. Математическая модель (2) приобретает следующий вид:

$$f_{II}(n) = t_o + t_n = n \cdot \tau + t_n \quad (3)$$

где τ – константа обработки рецепта, т.е. время, которое затратит установка на обработку одного изделия.

При групповой обработке время обработки партии кратно количеству обрабатываемых изделий за раз. Математическая модель (2) приобретает следующий вид:

$$f_{I}(n) = t_o + t_n = \left\lceil \frac{n}{m} \right\rceil \cdot \tau + t_n \quad (4)$$

где m – константа, количество обрабатываемых изделий за раз;

τ – константа обработки рецепта, т.е. время, которое затратит установка на обработку одной группы m изделий.

Частное количества пластин в партии и константы количества округляется в большую сторону.

При обработке группой партий время обработки в машине представляет собой константу и определяется только текущим рецептом обработки. Математическая модель (2) редуцируется до следующего вида.

$$f_{III} = t_o + t_n = \tau + t_n \quad (5)$$

где τ – константа обработки рецепта, время, которое затратит машина обработку загруженных в неё партий.

Данное программное обеспечение будет использоваться в дальнейшей разработке алгоритмов планирования производственных процессов, что является продолжением исследований, проделанных в [3]. По сравнению с предыдущей моделью уточнены временные характеристики производственного процесса и добавлены новые функции моделирования. ПО закодировано на языке программирования C++17 и собранно в виде динамически подключаемой библиотеки, что значительно облегчает его включение в состав других программных продуктов.

Список литературы:

1. Аничкин А. С., Семенов В. А. Современные модели и методы теории расписаний // Труды ИСП РАН. 2014. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-modeli-i-metody-teorii-raspisaniy> (дата обращения: 27.09.2020).

2. Б.В. Куприянов, Метод эффективного анализа модели рекурсивного конвейерного процесса, Автомат. и телемех., 2017, выпуск 3, 63–79.

3. Никитин А. С. Разработка и реализация алгоритма планирования производственного процесса : бакалаврская работа / А. С. Никитин ; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ), Инженерная школа информационных технологий и робототехники (ИШИТР), Отделение автоматизации и робототехники (ОАР) ; науч. рук. А. А. Филипас. — Томск, 2019.

**ВНЕДРЕНИЕ СИСТЕМЫ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА
ТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ**

¹*А.Н. Новиков, д.т.н., проф.,*

^{2*}*А.Г. Шевцова, к.т.н. доц.*

¹*С.В. Еремин, к.т.н.*

¹*А.В. Кулев, к.т.н., доц.,*

¹*Д.О. Ломакин, к.т.н., доц.*

¹*Орловский государственный университет, 302026, г. Орел, ул. Комсомольская 95*

²*Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 308012, г.*

Белгород, ул. Костюкова 46

**E-mail: shevcova-anastasiya@mail.ru*

При перевозке грузов основными критериями оценки качества являются: скорость доставки и сохранность груза в процессе перевозки. Потребителя транспортной услуги, как правило, интересуют всего две вещи: чтобы его груз доставили в целости и сохранности в нужное место, сделано это было вовремя и как можно быстрее. Если эти два пункта выполняются в соответствии с пожеланиями заказчика, то можно считать, что требования к уровню качества выполняются. В то же самое время, при несоответствии показателей скорости доставки и сохранности груза, первоначально заявленным в договоре, поставщик транспортной услуги (перевозчик) возмещает потребителю расходы, связанные со снижением уровня качества перевозки. Так, например, при порче или недостатке груза в процессе перевозки перевозчик выплачивает стоимость недостающего или испорченного груза. А при превышении срока доставки по вине перевозчика, с него взимается штрафы, в размере, заранее оговоренном в договоре между сторонами.

При осуществлении пассажирских перевозок конечным потребителем данной услуги является пассажир. При совершении поездки на общественном транспорте для него основными критериями качества будут являться два показателя: время, затраченное на перемещение и уровень комфорта, который эту поездку сопровождает. Если провести аналогию с грузовыми перевозками, то эти два показателя качества довольно близки по своей сути: и в том и другом случае конечного потребителя волнуют, по большому счету, лишь два параметра – скорость доставки и сохранность [1]. При грузовых перевозках потребителя беспокоит сохранность груза, а при поездке на пассажирском транспорте общего пользования – собственная безопасность.

Для выражения нематериальных показателей качества перевозок через числовые эквиваленты применяется система коэффициентов качества обслуживания населения общественным пассажирским транспортом общего пользования [2,3].

Для оценки деятельности перевозчика на маршруте применяется четырехуровневая система оценки качества перевозок: образцовый уровень обслуживания, хороший, удовлетворительный, неудовлетворительный.

Интегральная оценка качества транспортного обслуживания пассажиров на маршруте уже использовалась в той или иной форме в ряде работ по данной тематике. Однако, как правило, применяемые методики не учитывали того, что перевозчикам приходится работать на маршруте в условиях конкуренции. Для корректной оценки уровня качества необходимо введение еще одного коэффициента, который демонстрировал бы уровень конкурентоспособности пассажирского автотранспортного предприятия. Таким коэффициентом является показатель непредоставления транспортной услуги (K_n).

**XIII Международная научно-техническая конференция
«Современные проблемы машиностроения»**

Таблица 1. Нормативы коэффициентов качества транспортного обслуживания

| Уровень обслуживания | Нормативы коэффициентов качества | | | | | | |
|----------------------|----------------------------------|----------------|----------------|----------------|------------------|----------------|-----------------|
| | К _у | К _т | К _р | К _о | К _{б.д} | К _н | К _{об} |
| Неудовлетворительный | Ниже 0,77 | Ниже 0,81 | Ниже 0,95 | Ниже 0,91 | Ниже 0,81 | Ниже 0,84 | Ниже 0,5 |
| Удовлетворительный | 0,86 | 0,86 | 0,95 | 0,92 | 0,84 | 0,91 | 0,5 |
| Хороший | 0,93 | 0,93 | 0,96 | 0,96 | 0,93 | 0,94 | 0,7 |
| Образцовый | 1 | 1 | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 1 | 0,95 |

По результатам проведенного обследования деятельность перевозчика относится к одному из четырех уровней качества, и предпринимаются определенные действия в рамках договора заключенного между заказчиком перевозки и оператором маршрута:

- неудовлетворительный уровень качества – с перевозчиком разрывается или не продлевается контракт на осуществление перевозочной деятельности; если перевозчик обязуется исправить недостатки в установленное время, то после совещания экспертов на него может быть наложен крупный штраф.

- удовлетворительный уровень качества – перевозчику выносится предупреждение рекомендации по повышению качества перевозок; контракт заключается (продлевается) с условием выхода перевозчиком на следующий уровень качества к определенному моменту времени; также на перевозчика может быть наложен штраф.

- хороший уровень качества – контракт на осуществление перевозочной деятельности на маршруте продлевается.

- образцовый уровень качества – при достижении этого уровня качества перевозчику выплачивается премия в размере, оговоренном условиями заключенного контракта.

В рамках закона «О техническом регулировании» разработан стандарт организации ГУП «Мосгортранс» «Качество перевозки пассажиров наземным пассажирским транспортом. Требования и методы контроля» СТО 60.21 002-2004, в котором представлена разработанная методика оценки качества обслуживания пассажиров.

Значениям каждого показателя качества транспортного обслуживания соответствуют установленные в разработанном стандарте нормативы качества

Список литературы:

1. Evtiukov S, Karelina M and Terentyev A, 2018. A method for multi-criteria evaluation of the complex safety characteristic of a road vehicle. *Transportation Research Procedia*, 36, pp.149–156.

2. Бодров А, Ломакин Д, Батищев И, Мосин А and Савостиков С, 2017. Комплексная оценка уровня качества транспортного обслуживания населения. Проблемы исследования систем и средств автомобильного транспорта: материалы Международной очно-заочной научно-технической конференции. ТулГУ -С. 242-247.

3. Горелых Д.С., Локтионова Т.С., Шевцова А.Г. проблемы транспортной системы города Белгорода. В сборнике: Перспективы развития технологий обработки и оборудования в машиностроении. Сборник научных статей 4-й Всероссийской научно-технической конференции с международным участием. 2019. С. 70-73.

РАЗРАБОТКА СТЕНДА ФИЗИЧЕСКОГО ПОДОБИЯ «ТРЕХФАЗНЫЙ СЕПАРАТОР СКВАЖИННОЙ ЖИДКОСТИ»

А.А. Филипас, к.т.н., доц.,

А.В. Мигель, студент гр. 8ТМ01

Томский политехнический университет, 634050, г.Томск, пр.Ленина,30,

E-mail: avm82@tpu.ru

В нефтяной промышленности большое внимание уделяется процессам подготовки нефти и на данный момент реально увеличить их качество и скорость. Жидкость, добываемая из нефтяной скважины, является эмульсией, для разрушения которой используются различные аппараты, например, промышленные сепараторы.

Отличие разрабатываемого стенда от существующих на данный момент реальных сепараторов состоит в наличии режимов работы. Всего реализовано 3 режима работы: статический, динамический, а также режим технического прогона. Процессы, происходящие в статическом режиме, аналогичны процессам, происходящим в динамическом, это подготовка водотопливной эмульсии, заполнение основной емкости сепаратора, разделение эмульсии и перекачка разделившейся нефти и воды в отдельные емкости. Однако в статическом режиме работы данные процессы происходят последовательно, тогда как динамический режим работы должен обеспечивать одновременное выполнение вышеперечисленных функций, при этом непрерывность работы обеспечивается поддержанием границ раздела фаз нефть-эмульсия и эмульсия-вода в установленных пределах.

Конструкция разработанного стенда (рис.1) состоит из следующих элементов.

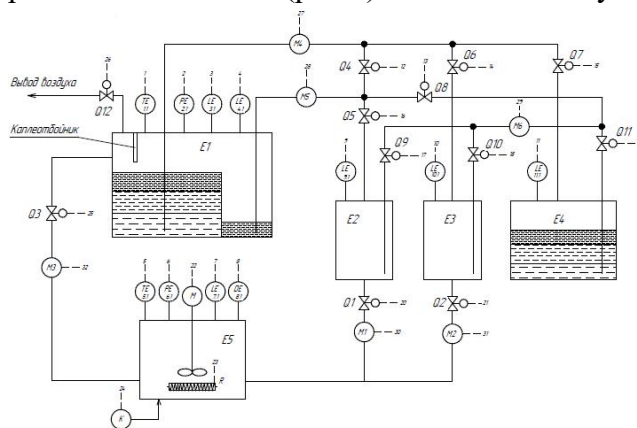


Рис.1. Конструкция стенда

Основная емкость сепаратора (Е1), предназначенная непосредственно для разделения эмульсии. Емкость имеет отбойник и разделительную перегородку, предназначенную для разделения емкости на основную камеру и камеру сбора нефти. Смеситель (Е5) – здесь происходит процесс создания эмульсии. Смеситель оборудован нагревателем и компрессором. Емкости для отделившейся нефти (Е2) и воды (Е3). И отстойник (Е4) – для гравитационного отстоя неразделившейся в основной ёмкости сепаратора эмульсии

В качестве устройства для подготовки эмульсии была выбрана мешалка с пропеллерной насадкой. Размер капель, создаваемых пропеллерной мешалкой составляет ~ 10 мкм, тогда как даже мелкодисперсные реальные нефтяные эмульсии могут иметь капли с размером до 20 мкм [1].

В качестве способа разрушения эмульсий, помимо гравитационного отстоя был выбран ультразвуковой метод. Одним из источников колебаний ультразвуковой частоты является обратный пьезоэффект [2]. Как известно, если к пьезоэлементу прикладывать переменное

электрическое напряжение, то он начинает сжиматься и расширяться, с частотой прикладываемого напряжения – это называется обратным пьезоэффектом [3].

В ходе работы был проведен эксперимент по определению собственной частоты колебания пьезоэлектрических пластин. Всего были сняты измерения с 5 разных образцов. Было зафиксировано от 1 до 4 пиков в имеющемся диапазоне частот от 0,001 до 200 кГц.

Также были проведены эксперименты по разделению водомасляной эмульсии с воздействием ультразвука на различных частотах и обычным отстаиванием. Эмульсии готовились в двух емкостях в одинаковых условиях. В одну емкость был помещен пьезоэлемент, подключенный к генератору. Процесс разделения фиксировался с помощью камеры, делавшей снимки в течение 24 часов с шагом в 10 минут. Результаты опытов представлены на рисунке 2.

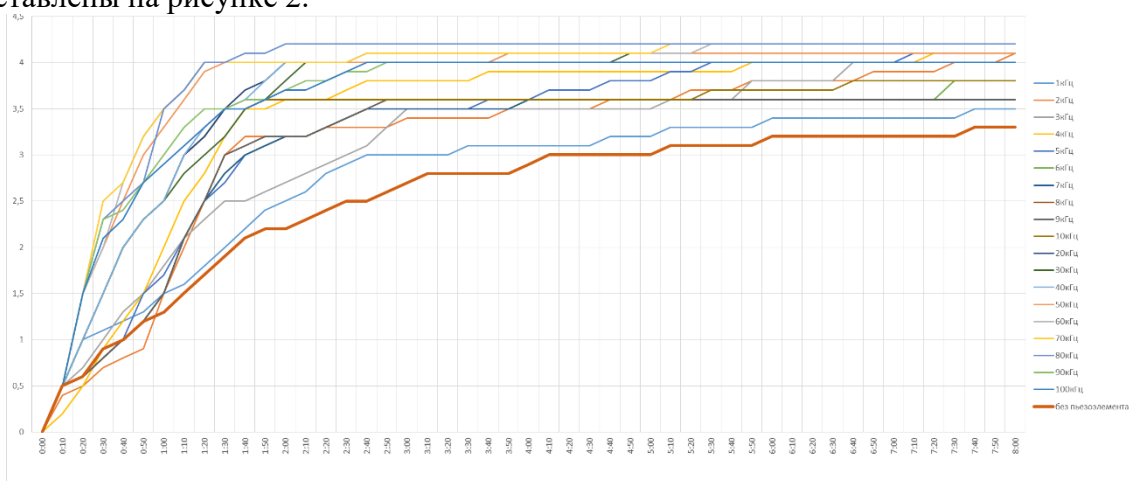


Рис. 2. График зависимости высоты столба масла от времени при различных частотах
Финальным этапом проектирования стенда была разработка имитационной модели работы стенда в ПО Matlab (рис. 3).

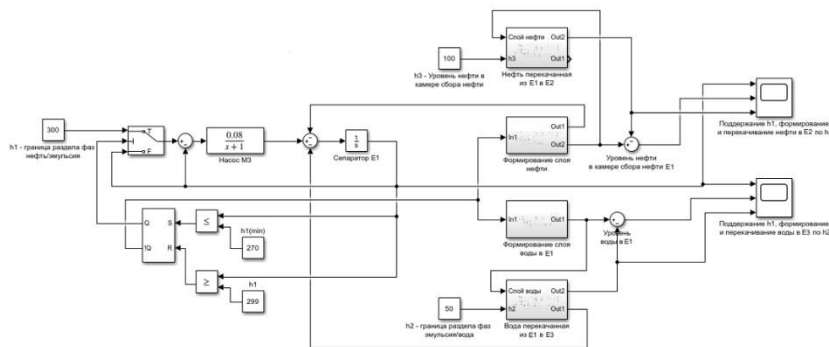


Рис. 3. Имитационная модель работы стенда

Список литературы:

1. Эмульсии: получение, свойства, разрушение: учебно-методическое пособие/ Л.В. Кольцов, М.А. Лосева – Самара: изд-во СамГТУ, 2017 г. – 20 с.
2. Справочник по электротехническим материалам, том 3/ Под ред. Ю.В. Корицкого, В.В. Пасынкова, Б.М. Тареева – Москва: Энергоатомиздат, 1986 г. – 368 с.
3. Ультразвуковой контроль материалов: справочник/ Й. Крауткремер, Г. Крауткремер – Москва: изд-во Металлургия, 1991 г. – 673 с.

**ПРИМЕНЕНИЕ АППАРАТНО-ПРОГРАММНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ
РАЗРАБОТКЕ ПРИКЛАДНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АСУ ТП НА
БАЗЕ МОБИЛЬНОГО СТЕНДА ИЗУЧЕНИЯ ПРИНЦИПОВ ПРОМЫШЛЕННОЙ
АВТОМАТИЗАЦИИ И МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

В.Н. Хохловский, к.т.н., доц.,

В.С. Олейников, ассистент.,

И.Ю. Бурячек, студент гр. 3532704/70501

В.С. Курочкина, студент гр. 3532704/70201

В.А. Пересвет, студент гр. 3532704/70501

Санкт-Петербургский Политехнический Университет Петра Великого, 195251, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29.

E-mail: hohlovskij_vn@spbstu.ru, oleinikov_vs@spbstu.ru

На сегодняшний день практика разработки прикладного программного обеспечения и ведения проектов по АСУ ТП остаётся консервативной. Разработка программного обеспечения чаще всего придерживается строго плана поэтапности, основанного на ГОСТ 19.102–77. Данный процесс является жестким и линейным. Подобный подход был позаимствован из опыта внедрения систем для крупных промышленных производств и прочих ответственных проектов, цели которых явно определены, а риски просчитаны и досконально изучены [1]. Преимущество данного метода состоит в строгом определении временных рамок разработки.

На практике разработка прикладного программного обеспечения для АСУ ТП, как и многие современные направления разработки программных продуктов, требует более гибкого подхода. Любой проект всегда ограничен в ресурсах, а современные тенденции таковы, что ресурсов, чаще временных, на достаточную проработку проекта обычно не хватает. Таким образом, стандартный подход игнорирует динамические изменения в проекте, а конечный продукт тестируется только комплексно и на конечных этапах. Для успешного завершения проекта невозможно предусмотреть и проработать все риски, а целевой функционал системы может меняться в процессе разработки, поэтому наиболее подходящим в данных условиях может являться применение гибких методологий ведения проекта [2].

Так, одним из инструментов разработки прикладного программного обеспечения в рамках гибких методологий является аппаратно-программное моделирование [3]. Благодаря имеющейся аппаратно-программной модели типового объекта управления облегчается и ускоряется разработка программного обеспечения для систем управления. Подобный подход позволяет обрабатывать отдельные блоки и функционал готовой системы управления, что обеспечивает уменьшение количества ошибок, возникающих в процессе разработки программного обеспечения. Кроме того, аппаратно-программное моделирование снижает негативные факторы, возникающие при тестировании системы управления на реальном технологическом процессе и влияющие на него, а также повышает эффективность разработки и функционирования программного обеспечения. На ранних этапах разработки системы управления применение данной методологии помогает выявить проблемы и недостатки разработанных алгоритмов управления и своевременно внести в них корректировки, что обеспечивает итеративность и повышает гибкость разработки программного обеспечения.

На практике в подавляющем количестве случаев разработчик встречается с большим числом изменений в требованиях конечного функционала при внедрении систем автоматизированного управления. Подобный подход помогает своевременно выделять изменения в требованиях и реагировать на них, отработывая и тестируя конечную систему поэтапно и модульно. Таким образом, даже если произведенный и успешно протестированный отдельный модуль окажется ненужным в данной системе, то он может быть применен при внедрении будущих систем. Изменения конечных требований могут возникнуть по многим

XIII Международная научно-техническая конференция «Современные проблемы машиностроения»

причинам: невозможность или неэффективность заложенных алгоритмов управления, изменение бизнес-процессов технологической линии, корректировка технологической цепи в процессе внедрения системы управления и др.

Для разработки программных модулей, используемых в системах управления типовых объектов малых систем автоматизации, в Санкт-Петербургском Политехническом Университете Петра Великого был разработан проект мобильного стенда изучения принципов промышленной автоматизации и моделирования технологических процессов (рис.1). Данный стенд логически разделяется на две подсистемы: система управления и система моделирования. Ядром каждой системы является отдельный ПЛК, связь между которыми реализована аналоговыми и дискретными сигналами. Использование ПЛК в системе моделирования облегчает внедрение модели технологического объекта для отработки программных модулей и функционала системы управления. Преимуществом данного подхода моделирования заключается в том, что система управления, а значит и разрабатываемое прикладное программное обеспечение, полностью соответствует внедряемому в реальный технологический процесс. При разработке системы управления нет необходимости внедрять определённый функционал, который позволял бы связываться с моделью объекта управления. Стенд позволяет прорабатывать различные методы решения задач по управлению технологическими процессами и выбирать наиболее эффективные для внедрения в практику.

Проект реализован при поддержке Политехнического университета в рамках программы 5-100 как проект-победитель грантового конкурса СПбПУ "Polytech Project".

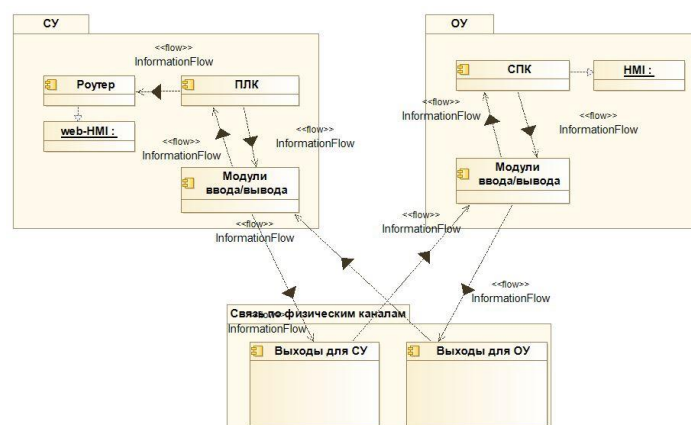


Рис. 1. Структура стенда

Список литературы:

- 1.Хелдман, К. Профессиональное управление проектом / К. Хелдман ; пер. с англ. А. В. Шаврина. – 7-е изд., доп и перераб. – Москва : Лаборатория знаний, 2016. – 760 с.
- 2.Полковников, А. В. Управление проектами. Полный курс МВА / А. В. Полковников, М. Ф. Дубовик. – Москва : Олимп-Бизнес, 2018. – 552 с.
- 3.Model-Based Systems Engineering of Process Control for Energy Installations / V. Khokhlovskiy, V. Oleinikov // 2019 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies : материалы конференции, 1–4 октября 2019 г., Владивосток. – [Пискатауэй, Нью-Джерси, США] : IEEE, 2019. – С. 384-389. – DOI 10.1109/FarEastCon.2019.8934790

СЕКЦИЯ 6

ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

ОБРАБОТКА ВОДЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕХАНОАКТИВАЦИИ

Д.Д. Авзалов, аспирант

Н.В. Пилипец, к.т.н., и.о. заведующего НПЛ «Чистая вода»

А.И. Сечин, д.т.н., профессор

*Томский политехнический университет, 634050, г.Томск, пр.Ленина,30,
тел.+7 9234212997*

E-mail: chemy@tpu.ru

Всвязи с тем, что бассейны рек являются экологически незащищенными, с каждым годом растет использование подземных источников для водоснабжения населения [1].

Но подземные воды характеризуются большими значениями жесткости, чем поверхностные рек [2, 3]. Показания жесткости воды колеблются в пределах: от 0,1 - 0,2 мг-экв/л в реках и озерах, в водоемах, расположенных в зонах тайги и тундры, до 80 - 100 мг-экв/л и более [4]. Цель работы в проведении исследований по умягчению воды при ее обработке методом механоактивации.

Известно, что процесс умягчения воды может происходить как с применением реагентов, так и безреагентным способом. Выбор того или иного способа зависит от многих факторов, в частности от состава исходной воды, необходимой степени умягчения, экономических показателей. Поэтому для выявления оптимальных технологических параметров, влияющих на уменьшение солей жесткости водопроводной воды до получения мягкой воды была проведена серия экспериментов:

Умягчение воды при помощи интенсивного перемешивания (до 17000 об/мин) шестилопастной мешалкой. Суть предлагаемого способа умягчения воды заключалась в образовании осадка солей жесткости с последующим его удалением из раствора водопроводной воды.

Начальная стадия обработки воды заключалась в поступлении раствора водопроводной воды в количестве 250 мл и 0,06-0,2 мл 25 %-ого раствора аммиака из дозатора в камеру перемешивания [6]. Затем включался электродвигатель, ЛАТРОм устанавливалось необходимое число оборотов мешалки (от 1650 до 17000 об/мин) и в течение 15–60 с происходило интенсивное перемешивание раствора при помощи стандартной мешалки лопастного типа. С увеличением числа оборотов мешалки «воронка» увеличивалась не только по высоте, но и в диаметре. Во избежание образования «воронки», снижающей интенсивность перемешивания, в ёмкость был установлен регулятор объема камеры смешения. После обработки, раствор поступал в отстойник, где в течение 2 - 10 минут происходило помутнение раствора. Завершающим этапом являлось фильтрование раствора через комбинированную загрузку, состоящую из волокистого фильтра, изготовленного из полипропилена по ТУ 9081-001-46632946-00 для улавливания образовавшегося осадка и цеолита для удаления остаточной концентрации аммиака.

Исходное значение общей жесткости водопроводной воды находилось в диапазоне от 6,27 до 6,32 мг-экв/л, что соответствует значениям общей жесткости подземных вод Западно-Сибирского региона [5].

Так же проведены исследования физико-химических свойств водопроводной воды (окислительно-восстановительный потенциал, кинетическая вязкость, удельная электропроводность, рН среды, солесодержание (в пересчете на NaCl), общая жесткость, поверхностное натяжение воды), результаты исследований представлены в таблице 1.

**XIII Международная научно-техническая конференция
«Современные проблемы машиностроения»**

Таблица 1. Физико-химические свойства водопроводной воды (Т = 15 0С), подвергшейся интенсивному перемешиванию (до 17000 об/мин).

| Обороты мешалки, п об/мин | УЭП, мкСм/см | Солесодержание, мг/л | Вязкость дин/см | ОВП, мВ энергия Гиббса, Дж | рН | Общая жесткость, мг-экв/л | Поверхностное натяжение, г/см ² | $\gamma \cdot \lambda$ |
|------------------------------|--------------|-------------------------|-----------------|----------------------------------|------|------------------------------|---|------------------------|
| 0 | 521,9 | 252 | 0,955 | -16,3 -1630 | 7,23 | 6,32 | 262,09 | 498,4 |
| 1650 | 524 | 253 | 0,955 | -20,1 -2010 | 7,48 | 6,27 | 259,51 | 500,4 |
| 3000 | 517 | 250 | 0,944 | -19,9 -1900 | 7,43 | 6,27 | 259,49 | 488,1 |
| 4000 | 523,3 | 253 | 0,944 | -20,2 -2020 | 7,49 | 6,27 | 259,49 | 494,0 |
| 5000 | 519,9 | 251 | 0,944 | -20,3 -2030 | 7,48 | 6,27 | 259,46 | 490,8 |
| 7000 | 523,7 | 253 | 0,944 | -21 -2100 | 7,71 | 6,27 | 259,43 | 494,4 |
| 10000 | 522 | 252 | 0,944 | -22,2 -2220 | 7,82 | 6,27 | 259,40 | 492,8 |
| 12000 | 522 | 252 | 0,944 | -19,3 -1930 | 7,30 | 6,27 | 259,13 | 492,8 |
| 17000 | 523 | 253 | 0,944 | -24,3 -2430 | 7,40 | 6,27 | 259,13 | 493,7 |

В результате проведенных исследований было установлено, что после перемешивания воды при скорости вращения 17000 об/мин значительных изменений физико-химических свойств воды не происходит, за исключением ОВП и энергии Гиббса. По данным таблицы можно сделать вывод, что после проведения интенсивного перемешивания, для раствора воды справедливо правило Писаржевского-Вальдена (с точностью до 2 %), что свидетельствует об устойчивости системы. Изменение окислительно-восстановительного потенциала воды от -16,3 мВ до -24,3 мВ, позволяет судить о переходе энергии механической в электрическую и возможности активизации процесса кристаллизации солей жесткости.

Список литературы:

1. Савичев О.Г. Реки Томской области: состояние, использование и охрана. – Томск: Изд-во ТПУ, 2003. – 202с.
2. Крайнов С.Р., Швец В.М. Геохимия подземных вод хозяйственно-питьевого назначения. – М.: Недр. – 237с.
3. Вода — это жизнь... если ее очистить. Часть IV // Снабжение и сбыт. – 2006. - №10. – С. 86-89.
4. Волкотруб Л.П. Питьевая вода Томска. Гигиенический аспект / Л.П. Волкотруб, И.М. Егоров. – Томск: Изд-во НТЛ, 2003. – 195 с.
5. Алексеев М. И., Дзюбо В. А., Алферова Л. И. Формирование состава подземных вод Западно-Сибирского региона и особенности их использования для питьевого водоснабжения//Вестник ТГАСУ.–1989.–с.31-33.
6. Патент на изобретение RUS 2462422 04.03.2011. Косинцев В.И., Сечин А.И., Куликова М.В., Бордунов С.В. Способ умягчения воды от солей жесткости.

**МОДЕРНИЗАЦИЯ ПОДСИСТЕМЫ ОТ И ПБ В КОРПОРАТИВНОЙ
ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ В
АО «ТОМСКГАЗПРОМ»**

М.В. Гуляев, старший преподаватель,

А.Н. Несынов, К.В. Сорокин,

М.Э. Гусельников, к.т.н., доцент, А.И. Сечин, д.т.н., профессор, А.А. Сечин, к.т.н., доцент

И.И. Романцов, к.т.н., доцент, И.И. Авдеева, старший преподаватель

Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр.Ленина,30,

тел.(3822)-701-777

E-mail: gmv@tpu.ru

АО «Томскгазпром» эксплуатирует большое количество территориально разбросанных многопрофильных объектов повышенной опасности. Существовавшая ранее система управления охраной труда, промышленной и пожарной безопасностью (ОТиППБ), учитывая большое количество обязательных для исполнения нормативно-правовых актов в АО «Томскгазпром» не обеспечивала необходимой оперативности работы с информацией с целью анализа состояния ОТиППБ, контроля и принятия мер, направленных на обеспечение соблюдения требований Федеральных законов, нормативно-правовых актов по ОТиППБ.

Отсутствие автоматизированной системы не позволяло проводить отслеживание выполнения работ в режиме «онлайн», своевременно принимать корректирующие действия, требовало больших временных затрат на формирование документов различного характера по ОТиППБ.

Автоматизация управления охраной труда, промышленной и пожарной безопасностью позволяет повысить эффективность обеспечения ОТиПБ, сократить временные издержки и трудозатраты на выполнение функций по ОТиПБ, обеспечить учёт и хранение в базе данных документов, связанных с ОТиПБ. Поэтому в АО «Томскгазпром» была создана автоматизированная система ОТиПБ (АС ОТиПБ).

После эксплуатации данной системы авторами предложена ее модернизация, которая позволит повысить эффективность мероприятий ОТиПБ.

В результате модернизации автоматизированной системы охраны труда и промышленной безопасности должны быть достигнуты следующие цели:

1. Повышение доступности информации о состоянии процессов обеспечения ОТиПБ для руководителей всех уровней Общества за счёт: создания новых сводных отчётов о состоянии ОТиПБ; автоматизации оповещения по электронной почте руководителей о запланированных мероприятиях и о текущем состоянии процессов обеспечения ОТиПБ; создания в АС ОТиПБ новых электронных графиков мероприятий в области ОТиПБ.

2. Повышение оперативности выполнения отдельных видов контроля процессов обеспечения ОТиПБ за счёт: автоматизации расчёта значения ключевых показателей эффективности (КПЭ) в области ОТиПБ; автоматизации контроля ведения подразделениями технической документации; расширения функций автоматического контроля предоставления подтверждающих документов; автоматизации функций контроля подтверждающих документов.

3. Ревизия функционала базового программного обеспечения и удаление неиспользуемых функций.

При подготовке технического задания на модернизацию АС ОТ и ПБ был составлен перечень следующих требований к изменениям в используемом функционале:

1. Создание сводных отчётов «Состояние ОТиПБ»

2. Сводный отчет по подразделениям:

3. Автоматизация расчёта значения КПЭ в области ОТиПБ

Результатами внедрения и модернизации АС ОТиПБ:

XIII Международная научно-техническая конференция «Современные проблемы машиностроения»

- снижение риска возникновения инцидентов на производстве, а также снижение риска штрафных санкций за нарушения законодательства по ОТ и ПБ;
- сокращение трудозатрат на выполнение функций по ОТ и ПБ, сокращение времени выполнения этих функций.;
- повышение эффективности бизнес-процессов обеспечения ОТ и ПБ в условиях роста числа производственных объектов, роста численности сотрудников, обслуживающих данные объекты, и ужесточения со стороны государства штрафных санкций за несоблюдение установленных законом требований по обеспечению ОТиПБ;
- автоматическое формирование отчётности о состоянии ОТ и ПБ для руководства Общества;
- автоматическое создание сводных отчётов о состоянии ППБиОТ в подразделениях и в целом по Обществу;
- возможность получения в любой период времени актуальной исчерпывающей информации о состоянии на текущий момент ППБиОТ в разрезе подразделений и Общества в целом;
- возможность получения информации, дифференцированной по критичности задач в области ППБиОТ;
- оповещение о приближении сроков выполнения мероприятий по обеспечению ОТиПБ;
- возможность верификации отчетов путем контроля наличия и содержания подтверждающих выполнение мероприятий документов;
- возможность принятия руководителями своевременных действий относительно подведомственных и смежных подразделений в управлении процессами ППБиОТ;
- автоматизация расчёта значения КПЭ руководителей управлений, служб в области ППБиОТ в области ППБиОТ;
- возможность текущего контроля выполнения КПЭ руководителей в области ППБиОТ и принятия корректирующих действий с целью достижения максимального положительного результата;
- автоматизации оповещения по электронной почте руководителей подразделений Общества о предстоящих запланированных мероприятиях и о текущем состоянии выполнения задач обеспечения ППБиОТ.

Список литературы:

1. СТО Газпром 18000.1-001-2014. Единая система управления производственной безопасностью в ПАО «Газпром». Основные положения.
2. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности "Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности" (утв. Приказом Ростехнадзора от 12 марта 2013 г. N 101)
3. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности "Правила промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением". (утв. приказом Ростехнадзора от 25 марта 2014 г. N 116)
4. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности "Правила безопасности сетей газораспределения и газопотребления". (утв. приказом Ростехнадзора от 15 ноября 2013 г. N 542)
5. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности "Правила безопасного ведения газоопасных, огневых и ремонтных работ". (утв. приказом Ростехнадзора от 20.11.2017 N 485).

**ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ В ОБЛАСТИ ОХРАНЫ ТРУДА, ПРОМЫШЛЕННОЙ И
ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ, РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ СИСТЕМЫ
МОТИВАЦИИ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ В АО «ТОМСКГАЗПРОМ»**

*М.В. Гуляев, старший преподаватель,
А.Н. Несынов, К.В. Сорокин,
М.Э. Гусельников, к.т.н., доцент, А.И. Сечин, д.т.н., профессор,
А.А. Сечин, к.т.н., доцент, И.И. Романцов, к.т.н., доцент, И.И. Авдеева, старший
преподаватель
Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр.Ленина,30,
E-mail: gmv@tpu.ru*

Повышение уровня охраны труда, промышленной и пожарной безопасности в подразделениях, эксплуатирующих опасные производственные объекты, за счет личной заинтересованности рабочего персонала в выполнении данных требований является актуальной задачей.

Для решения этой задачи необходимо:

1. Изучить организацию планирования работ в области охраны труда, промышленной и пожарной безопасности в целом по АО «Томскгазпром» и в рамках отдельных подразделений по направлениям деятельности.
2. Изучить методы контроля выполнения планов работ в области охраны труда, промышленной и пожарной безопасности в АО «Томскгазпром».
3. Разработать и внедрить систему мотивации работы в области охраны труда, промышленной и пожарной безопасности.

Приоритетными задачами АО «Томскгазпром» в области охраны труда, промышленной и пожарной безопасности является обеспечение безопасных условий труда работников, защита здоровья персонала и населения, проживающего в районах деятельности Общества.

Для достижения данных задач в АО «Томскгазпром» разрабатываются планы мероприятий по охране труда, промышленной и пожарной безопасности. Разработка планов на следующий год и их утверждение выполняется до 20 ноября текущего года.

Утвержденные графики выполнения мероприятий вносятся в автоматизированную систему КГСУ «Томскгазпром», в дальнейшем выполнение мероприятий представляется управлением информационных технологий ежемесячной сводкой руководителю подразделения, в службу промышленной, пожарной безопасности и охраны труда, руководству Общества.

Для снижения всевозможных рисков при организации труда, важным фактором является сама заинтересованность работника в достижении безопасных условий труда и соблюдении требований безопасности, которая обуславливается не только сохранением собственного здоровья работника или получением дисциплинарных наказаний при нарушении требований безопасности, а так же и материальным вознаграждением при своевременном выполнении данных требований.

Для поощрения работников в АО «Томскгазпром» разработана система премирования. Премия рассчитывается индивидуально для каждого работника Общества, на основе корректировки базовой величины премии на поправочные коэффициенты. Поправочный коэффициент определяется как сумма результатов по каждому ключевому показателю эффективности (КПЭ) с учетом их удельных весов. Оценка результатов по каждому КПЭ происходит путем сопоставления фактически достигнутых значений КПЭ и целевых значений: Порог, План, Вызов. Суммарная результативность по всем КПЭ определяется в диапазоне от 0 до 1,4.

Процедура формирования карты КПЭ на предстоящий период проводится в четвертом квартале каждого года. Задачей данного этапа является определение перечня приоритетных

XIII Международная научно-техническая конференция «Современные проблемы машиностроения»

задач для каждого владельца карты КПЭ на будущий год, формирование ключевых показателей и установление целевых значений для данных показателей.

В ходе формирования карты КПЭ на будущий год владелец карты КПЭ анализирует действующую карту КПЭ, принимая следующие решения:

- Сохранили ли приоритетные задачи/ключевые показатели, включенные в карту КПЭ текущего года свою важность для включения в карту КПЭ будущего периода?
- Какие из новых приоритетных задач находятся в зоне ответственности владельца карты КПЭ и должны быть включены в карту КПЭ?
- Какие показатели необходимо поставить для оценки выполнения новых приоритетных задач, включаемых в карту КПЭ?
- Какие изменения необходимы для показателей в части формулировки, методики расчета, типа КПЭ (насколько значим минимальный прирост результативности по КПЭ - нужно ли делать непрерывный тип КПЭ), ответственных за предоставление данных, целевых значений.
- Показатель работы руководителей управлений, служб АО «Томскгазпром» по вопросам охраны труда и промышленной безопасности (ОТ и ПБ) для включения в состав КПЭ является комплексным и учитывает:
 - выполнение основных мероприятий по ОТ и ПБ;
 - выполнение предписаний государственного и ведомственного надзора;
 - наличие аварийности и травматизма.

Предлагаемый общий вес показателя в системе КПЭ 20%.

Значение ключевых показателей эффективности заключается в том, что они выступают в роли оценки труда и одновременно являются стимулом к продуктивной и качественной работе. Грамотное использование разработанных КПЭ для организации может служить хорошим мотиватором как для коллектива, так и для отдельно взятого работника. Следовательно, использование данных показателей эффективности в работе персонала – способ помочь сотрудникам добиваться поставленных целей, а не попытка убеждения их в том, что они плохие работники.

Система также позволяет оценить эффективность работы каждого подразделения, и каждого отдельного работника, также на основе ключевых показателей эффективности можно выстроить систему мотивации персонала.

В настоящее время разработанная система внедрена в АО «Томскгазпром».

Внедрение системы, позволяет повысить эффективность работы подразделений АО «Томскгазпром» в области охраны труда, промышленной и пожарной безопасности. Это фиксировалось в 1 полугодии 2020 года по сравнению с аналогичным периодом прошлого года.

Список литературы:

1. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30 декабря 2001 N 197-ФЗ.
2. СТО Газпром 18000.1-001-2014. Единая система управления производственной безопасностью в ПАО «Газпром». Основные положения.
3. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности "Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности" (утв. Приказом Ростехнадзора от 12 марта 2013 г. N 101).
4. Руководство пользователя АРМ автоматизированной системы охраны труда и промышленной безопасности (АРМ ОТиПБ) КГСУ «Томскгазпром».

**ИССЛЕДОВАНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ РАСТВОРОВ И РАЗМЕРА ЧАСТИЦ В PHET
SIMULATORS ДЛЯ РАЗВИТИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО
МОНИТОРИНГА ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ**

К.В. Епифанцев, к.т.н., доцент,

*Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения,
190000, Санкт-Петербург, Большая Морская ул., 67*

Тел. 8(963)3437759

E-mail: epifancew@gmail.com

Виртуальные работы для персонала предприятия в настоящее время являются распространенной и популярным ресурсом развития новых компетенций. Как одну из платформ для развития подобных возможно использовать Phet Simulators.

Интерактивное моделирование PhET, проект Университета Колорадо в Боулдере, является некоммерческим [1] проектом открытых образовательных ресурсов. Он был основан в 2002 году лауреатом Нобелевской премии Карлом Виманом [6]. Программа PhET началась с видения Вимана улучшить способ преподавания и изучения науки. Их заявленная миссия - «Продвигать науку и математическую грамотность и образование во всем мире с помощью бесплатных интерактивных симуляторов» [2-3].

В данной работе необходимо провести измерения ионов Гидроксония H_3O^+ , Гидроскид – ионов OH^- и молекул воды H_2O , в зависимости от различной концентрации в сумме с веществами, попадающих в очистные сооружения – мыло, остатки пищи и т.д. Также необходимо измерить кислотность PH в растворе чистой воды в зависимости от различной концентрации в сумме с веществами, попадающих в очистные сооружения – мыло, остатки пищи и т.д.. Откройте программу PHET , запустите позицию MICRO

Шаг 1 – опустошите резервуар путем нажатия на краник 1 (Рис. 1)

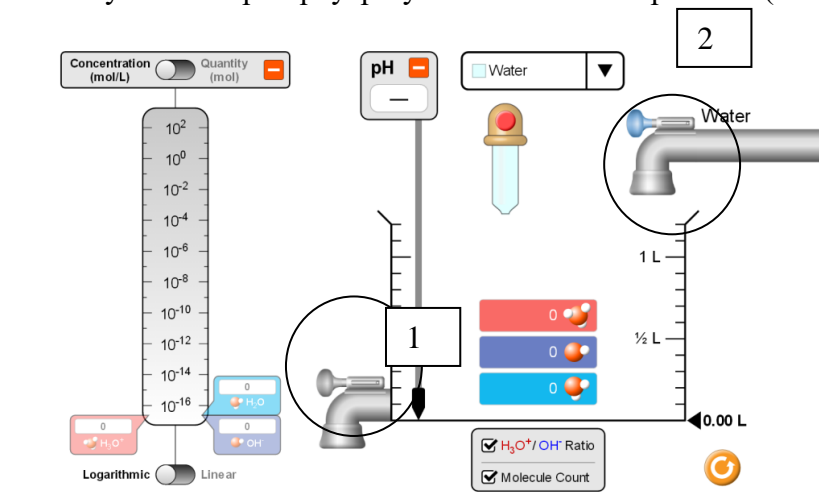


Рис. 1. Опустошение резервуара

Необходимо выбрать в верхнем элементе программы – позиция 2 на рисунке 1.

Проведите измерение H_3O^+ , Гидроскид – ионов OH^- и молекул воды H_2O , наливая каждый раз 0,1 л

Таблица 1 – Измерение H_3O^+ , OH^- , H_2O

| Объем | H_3O^+ | OH^- | H_2O |
|-------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 0,1 | Провести измерение | Провести измерение | Провести измерение |
| 0,2 | Провести измерение | Провести измерение | Провести измерение |
| 0,3 | Провести измерение | Провести измерение | Провести измерение |

Далее необходимо выбрать на рис. 2, позицию 3 - смену жидкости, выбрать объем 0,5 литров, открывая краник на позиции 4. Добавляя воду каждые 0,1 литров, необходимо

**XIII Международная научно-техническая конференция
«Современные проблемы машиностроения»**

измерить как меняется кислотность при всех видах жидкости. На рис. 2, также необходимо замерить H_3O^+ , Гидроксид – ионов OH^- и молекул воды H_2O ,

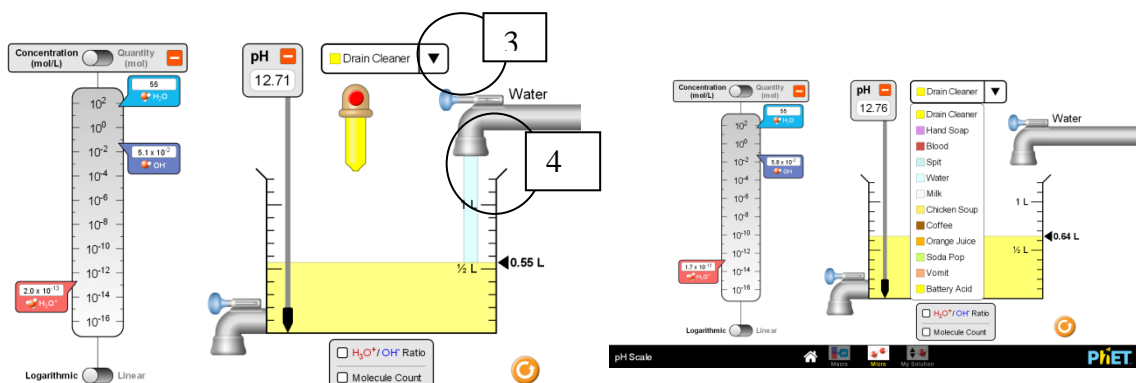


Рис. 2. Смена жидкости и добавление воды и выбор жидкости и измерение параметров Итак, далее производится заполнение таблицы – Таблица 2.

Таблица 2 – Измерение PH, H_3O^+ , OH^- , H_2O Drain clear

| Примесь | Объем воды сверх примеси | PH | H_3O^+ | OH^- | H_2O |
|-------------|--------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Drain clear | 0,1 | Провести измерение | Провести измерение | Провести измерение | Провести измерение |
| | 0,2 | Провести измерение | Провести измерение | Провести измерение | Провести измерение |

В финальном отчете при обучении в данной программе должны быть заполнены все жидкости в таблицах по аналогии. В итоге необходимо построить графики, определить наиболее агрессивные для воды сбросы. Экологическая компетенция благодаря выполнению данной работы будет пронизывать все ключевые компетенции, формируемые в экологическом образовании, экологический стиль мышления и поведения в социально проблемных экологических ситуациях, возникающих в разных видах и направлениях деятельности предприятия [4-5].

Список литературы:

1. Guttenplan, D.D. (December 11, 2011). "Web Tutors Become Stars Far from Classroom". New York Times.
2. "The Tech Award 2011". Archived from the original on 2012-11-09.
3. Голубев, И. Р. Окружающая среда и ее охрана / И.Р. Голубев, Ю.В. Новиков. - Москва: РГГУ, 1985. - 192 с.
4. Горбенко, Н. В. Методические рекомендации к учебному пособию С. Б. Шустова, Л. А. Шустовой, Н. А. Горбенко "Химические аспекты экологии" / Н.В. Горбенко, Е.И. Тупикин, С.Б. Шустов. - М.: Русское слово - учебник, 2015. - 264 с.
5. Интегрированные уроки и внеурочная деятельность эколого-биологического содержания. Использование ресурсов интеграции и социально-педагогического партнерства в образовательном учреждении для реализации ФГОС. - М.: Перспектива, 2013. - 200 с.
6. Муравьев, А. Г. Экологический практикум / А.Г. Муравьев, Н.А. Пугал, В.Н. Лаврова. - М.: Крисмас+, 2012. - 176 с.

**АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ФОРМИРОВАНИЕ
ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО РАЗРЯДА В ЦИКЛОНЕ И ЕГО ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ
ОПАСНОСТИ**

О.С. Кырмакова, аспирант

К.А. Скорюпина, аспирант

А.И. Сечин, д.т.н., профессор

Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр.Ленина,30,

тел.(3822)-701-777

E-mail: sechin@tpu.ru

При работе электростатического нейтрализатора расположенного в технологическом оборудовании, большое значение имеет как параметры самого нейтрализатора, так и пожаровзрывоопасная чувствительность среды, в которой он работает [1]. При возникновении канала разряда важным фактором является фактор величины потенциала, и геометрия электродов формирующих этот канал [2]. Целью данной работы является анализ факторов, влияющих на формирование электростатического разряда в циклоне и его потенциальной опасности и разработка на их основе критериев формирования разрядного промежутка нейтрализатора.

Основываясь на законе Пашена для возникновения разряда в воздухе, разность потенциалов в разрядном промежутке должна превышать 300 В [2]. В действительности замеры величины электростатических потенциалов на действующем технологическом оборудовании показывают значения до 15000 В [3, 4].

Для проведения исследования был разработан искровой генератор, позволяющий регулировать напряжение электрического разряда, его частоту и межэлектродный промежуток. Моделировались электрические потенциалы, возникающие в условиях производственной среды внутри технологических аппаратов: безискровой электризации, слабой и сильной электризации.

Исследования параметров разряда показали, что определяющее значение имеет геометрия электрода, на который стекает из пылевоздушного облака электростатический заряд. На величину этого заряда сильно влияют свойства среды, где генерируется потенциал.

Для случая безискровой электризации, наблюдаются условия возникновения только области слабой ионизации и через них стекание заряда на нейтрализатор [5]. Для условий данной среды геометрический фактор электрода существенного значения не имеет. Исследования проводились с системами, содержащими вещества и материалы с удельным объемным электрическим сопротивлением менее 105 Ом·м.

Исследование режимов слабой электризации проводились на системах содержащих вещества и материалы с удельным объемным электрическим сопротивлением до 1010 Ом·м, они показали необходимость формирования заземляющих электродов характеризующих структуру разрядных образований как стебель, ветвь и область волновой ионизации. Данные условия предотвращают на условном нормативном уровне возникновение разрядов, реализующих энергию электростатического поля, соизмеримую с электропрочностными свойствами среды, и исключают ее зажигание разрядами, возникающими в пылевоздушном потоке.

Для систем характеризующихся режимами сильной электризации (исследования проводились на системах содержащих вещества и материалы с удельным объемным электрическим сопротивлением более 1010 Ом·м), показательна структура разрядных образований как вспышечная корона (свечение, растекающееся по поверхности), стебель и область волновой ионизации. Именно организация таких условий для возникновения и протекания разряда электростатического потенциала обеспечит предотвращение зажигания среды разрядами, возникающими в условиях сильной электризации (Рисунок 1).

На рисунке 1 представлен разряд в виде вспышечной короны в условиях горючей системы: пары ЛВЖ с концентрацией в области горения в воздухе. Происходит разряд электрического потенциала без зажигания горючей среды.

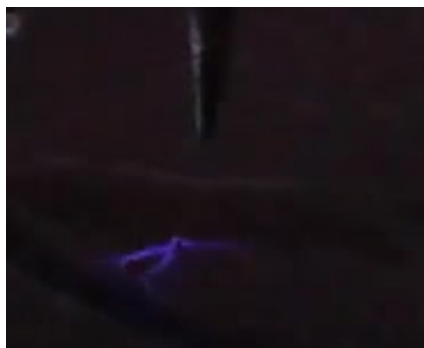


Рис. 1. Формирование разряда в объеме.



Рис. 2. Раздвоенный разряд.

На рисунке 2 в тех же условиях наблюдается разряд в виде двойного стебля и коронной ионизации, зажигания горючей среды также не последовало.

В результате проведенного исследования следует, что определяющим фактором, влияющим на формирование электростатического разряда в циклоне и его потенциальной опасности, имеют значения геометрической конфигурации электрода нейтрализатора. Его удаление от электризуемой поверхности и режим электризации.

Показано, что разработанный нейтрализатор и прибор для его настройки адекватно моделируют условия производственной среды, позволяя определить основные параметры нейтрализатора.

Список литературы:

1. ГОСТ 12.1.018-93 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожаровзрывобезопасность статического электричества. Общие требования
2. Верёвкин В. Н. Электростатическая искробезопасность и молниезащита./ В. Н. Верёвкин, Г. И. Смелков, В. Н. Черкасов. – М.: МИЭЭ, 2006. – 170 с.
3. Скорюпина К.С., Сечин А.И. Определение величин коронного разряда в циклоне. / В сборнике: Энергетика: эффективность, надежность, безопасность Материалы трудов XXI Всероссийской научно-технической конференции. В 2 томах. 2015. С. 152-154.
4. Кырмакова О.С., Гуляев М.В., Сечин А.И., Задорожная Т.А. Результаты исследования статической электризации порошкообразных веществ и эффективности средств защиты. / В сборнике: Энергетика: эффективность, надежность, безопасность Материалы трудов XXI Всероссийской научно-технической конференции. В 2 томах. 2015. С. 300-303.
5. Сечин А.И., Кырмакова О.С. Разработка методики расчета нейтрализатора статического электричества для циклонных аппаратов. // Ж. Ползуновский вестник. 2014. № 4-2. С. 24-27.

**МЕРОПРИЯТИЯ ПО ПРЕДУПРЕЖДЕНИЮ ЧС НА НЕФТЕГАЗОВОМ
МЕСТОРОЖДЕНИИ**

К.А. Матвеев, студент

О.П. Кочеткова, преподаватель

*Томский политехнический техникум, 634021, г. Томск, ул. Смирнова 44
тел. 89832337411*

E-mail: kiryusha.matveenko@yandex.ru

Сохранение устойчивости технологического процесса на нефтегазовом месторождении актуальная задача [1]. Цель данной работы провести анализ комплекса мероприятий по предупреждению ЧС на нефтегазовом месторождении.

Возможными источниками разлива нефти могут быть [2, 3]: резервуар хранения нефти; запорная арматура, фланцевые соединения; нефтепроводы; оборудование скважин.

Исходя из особенностей технологического процесса, на производственных площадках нефтегазового месторождения возможными причинами и факторами, способствующими возникновению и развитию аварий, могут быть:

- Разгерметизация резервуаров.
- Нарушение технологического режима работы оборудования.
- Повреждения технологических трубопроводов и арматуры.
- Отказ вспомогательного оборудования (системы разгрузки, торцевых уплотнений, откачки утечек, смазки, охлаждения электродвигателей, приборов КИП и автоматики).
- Коррозия металла внешних, внутренних стенок и днища резервуара, внутренняя коррозия металла.
- Ошибки эксплуатационного персонала.
- Несоблюдение правил технической эксплуатации.
Возможными причинами аварий и разливов нефти на нефтепроводах могут быть:
- Коррозия металла стенок трубопроводов во время эксплуатации.
- Внутренняя коррозия металла трубопроводов, запорной арматуры, вантузов, патрубков манометрических вентилей и т. д., связанная с браком завода изготовителя или вследствие скрытых механических повреждений, нанесённых во время строительства.
- Механические повреждения трубопроводов, запорной арматуры, вантузов, патрубков манометрических вентилей и т.д. в результате деятельности человека во время эксплуатации и вследствие постороннего вмешательства.
- Несанкционированные врезки с целью хищения нефти.
- Нарушение изоляции НП.
- Нарушение нормальной работы ЭХЗ НП.
- Усталость, износ металла.

Прогнозирование объёмов разливов нефти (нефтепродукта) выполнено в соответствии с требованиями, установленными Постановлением Правительства РФ №613 от 21.08.2000 г. «О неотложных мерах по предупреждению и ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов» (в редакции от 15.04.2002 г.):

- разгерметизация резервуара – объём наибольшего резервуара;
- трубопровод при порыве – 25% максимального объёма прокачки в течение 6 часов и объём нефти между запорными задвижками на поврежденном участке трубопровода;
- трубопровод при проколе – 2% максимального объёма прокачки в течение 14 дней;
- автомобильные цистерны – 100% объёма; стационарные добывающие установки – 1500 т.

При аварии на площадках скважин: Объём разлива при авариях на скважинах составляет 1500 т (1842,8 м³). Наиболее опасными в отношении больших объёмов и, соответственно,

XIII Международная научно-техническая конференция «Современные проблемы машиностроения»

площадей разлива нефти являются аварии на нефтедобывающих скважинах. Возможны существенные разливы нефти и загрязнение больших площадей.

Прогнозирование площадей разливов нефти на суше при авариях на нефтепроводах: На размеры площади разлива нефти на суходолье и направление движения пятна влияют:

- время года в момент разлива;
- объём разлитой нефти; рельеф, подстилающая поверхность и грунты в месте разлива;
- возможность попадания разлитой нефти в водотоки и водоемы;
- наличие и расстояние защитных сооружений от распространения разлива;
- уровень обводнённости местности, где произошёл разлив; наличие растительности;
- метеорологические условия; время локализации разлива нефти.

Растекание нефти будет происходить в сторону естественного уклона местности, попадая в ямы, канавы дорог, дренажные каналы. В случае растекания нефти по открытой местности площадь разлива определяется исходя из предположения, что в любой момент времени пролившаяся жидкость имеет форму плоской круглой лужи постоянной толщины. Прогнозирование площадей разливов нефти (нефтепродуктов) при авариях на территории производственных площадок: Площадь разлива будет ограничена границами территории промышленной площадки.

Прогнозирование движения нефтяного пятна по акватории водных объектов при авариях на переходах нефтепровода через водные преграды: На размеры площади разлива нефти в водные акватории и направление движения пятна влияют: время года в момент разлива; объём вылившейся нефти; наличие защитных сооружений на пути движения нефтяного пятна (шлейфа) по поверхности акватории; характеристика водотока (водоема); наличие по берегам водотоков растительности: древесной, кустарниковой, травянистой; метеорологические условия.

При попадании нефти в водотоки, площадь залитой нефтью акватории и её берегов, распространение пятна по поверхности водотока зависят от характеристик русловой части водотока: ширины, отметки уровня уреза воды, глубины на пути движения пятна, скорости течения, направления и силы ветра. На малых водотоках, с меандрированным руслом нефть движется по всей ширине водотока. На водотоках шириной 100 м и более движение нефти происходит в виде шлейфа вытянутого течением.

В результате проделанной работы проведен анализ комплекса мероприятий по предупреждению ЧС на нефтегазовом месторождении. Представлен необходимый объём необходимых мероприятий при возникновении ЧС.

Список литературы:

1. ГОСТ Р 12.3.047-98. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля.
2. Оценка риска аварий на линейной части магистральных нефтепроводов / М.В. Лисанов, А.С. Печеркин, В.И. Сидоров и др. - М: НТЦ «Промышленная безопасность», 2001. - 187 с.
3. Алфеев В.Н., Черняев К.В., Виноградов В.В., Поздняков В.А., Филиппов Г.А. Разработка системы комплексного анализа условий надежности линейной части магистральных нефтепроводов // Ж. Трубопроводный транспорт нефти. - 2000.- №12. - С.14-22.

РАЗРАБОТКА МЕТОДОЛОГИЧЕСКОГО ПОДХОДА К СЕКЦИОНИРОВАНИЮ ШАХТНОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБЪЕМА

И.Л. Мезенцева, ассистент

А.А. Сечин, к.т.н., доц.,

Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр.Ленина,30,

E-mail: mezenceva@tpu.ru

В процессе разработки угольных месторождений возникает ряд проблем, связанных с обеспечением безопасности шахт и её работников, а также экологических проблем, связанных с комплексным освоением ресурсов и влиянием на окружающую среду.

Наличие в атмосфере угольной пыли и метана, которые в смеси с воздухом могут образовывать взрывчатые системы, является специфической проблемой, требующей специфического решения, поскольку существующие мероприятия по предупреждению взрывов в угольных шахтах малоэффективны и в определенных условиях не гарантируют безопасность. Взрывы метана зачастую сопровождаются взрывами угольной пыли. Статистика свидетельствует о том, что 96,1 % количества аварий на угледобывающих шахтах России обусловлено метаном и 3,9 % - взрывоопасной угольной пылью [1]. Поэтому вопросы обеспечения безопасности и включают два основных направления: промышленную и экологическую безопасность.

Кроме того, согласно [2] хроническое действие метана может приводить к нарушениям функции вегетативной нервной системы, таким как, артериальная гипотензия, повышение возбудимости ее парасимпатического отдела и др. Основное мероприятие предупреждения скоплений метана в подземных выработках – вентиляция, благодаря которой не допускается содержание метана в воздухе выше 0,5 об. %. Но организация вентиляционных процессов также имеет свои проблемные факторы.

Влияние угольной пыли опасно не только для самих работников шахт, но и для людей, проживающих в непосредственной близости к угольным шахтам. В 2017 году Сиднейским университетом был опубликован отчет [3], в котором представлены данные 50 рецензируемых научных работ из 10 стран.

Целью работы является разработка методологического подхода к секционированию шахтного технологического объема, опирающегося на вопросы промышленной и экологической безопасности.

Опасность угольной пыли оценивали по методу комплексной оценки эффективности снижения пожаро-и взрывоопасности взвешенных частиц угля [4].

Считается, что вероятность появления источника зажигания близка к 1 [5], что и обуславливает высокую потенциальную угрозу. Различают три вида выделения газа: обычное, суфлярное и внезапное.

Исходя из рассматриваемого сценария аварии, определяют массу t , кг, горючих газов и (или) паров, вышедших в атмосферу из технологического аппарата. Избыточное давление Δp , кПа, развиваемое при сгорании газопаровоздушных смесей, рассчитывают по формуле [6]

$$\Delta P = P_0 (0,8 m_{np}^{0,33} / r + 3 m_{np}^{0,66} / r^2 + 5 m_{np} / r^3), \quad (1)$$

где P_0 - атмосферное давление, кПа (допускается принимать равным 101 кПа); r - расстояние от геометрического центра газопаровоздушного облака, м; m_{np} - приведенная масса газа или пара, кг.

Импульс волны давления i , Па·с, определяли по формуле

$$i = 123 m_{np}^{0,66} / r \quad (2)$$

**XIII Международная научно-техническая конференция
«Современные проблемы машиностроения»**

Рассматриваем две ситуации, когда в первом случае вывал метана максимально разовый и составляет 300 м³ и второй – расчетная ситуация, когда объем выделившегося метана составит 10 м³. Полученные результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1. Параметры избыточного давления и импульса волны давления при сгорании газопаровоздушных смесей

| <i>r, м</i> | ΔP , кПа (при 300м ³) | <i>i</i> , Па·с (при 300м ³) | ΔP , кПа (при 10м ³) | <i>i</i> , Па·с (при 10 м ³) |
|-------------|--|---|---|---|
| 5 | 1510,91 | 911,97 | 111,74 | 96,62 |
| 10 | 281,93 | 455,98 | 31,93 | 48,31 |
| 15 | 118,5 | 303,99 | 17,15 | 32,21 |
| 25 | 45,36 | 182,39 | 8,57 | 19,32 |
| 50 | 15,3 | 91,2 | 3,71 | 9,66 |
| 100 | 6,16 | 45,6 | 1,72 | 4,83 |
| 150 | 3,81 | 30,4 | 1,12 | 3,22 |
| 200 | 2,76 | 22,8 | 0,83 | 2,42 |
| 250 | 2,16 | 18,24 | 0,66 | 1,93 |
| 300 | 1,77 | 15,2 | 0,55 | 1,61 |

На основе данных представленных результатов можно предложить следующее.

Забой и прилегающие к нему штреки на расстоянии 50 м – рассматривается как секция наиболее опасная. Далее 50 м – секция наименее опасная.

На расстоянии от забоя и прилегающего штрека (50 м) рекомендуется устанавливать шестиметровую водяную завесу тамбурного типа (постоянно действующую). Шестиметровая протяженность тамбура принята на основе экспериментальных исследований системы взрывоподавления АСВП-ЛВ. В случае аварийной ситуации взрывная волна проходя через водяную завесу будет взвешенную воду толкать пробкой по шахтному объему проводя эффект осланцевания и гася в нем свою энергию.

В результате проведенного исследования можно сделать следующее заключение, в качестве критерия системы секционирования предлагается использовать полученные в табл.1 расчеты, а также параметры интенсивности теплового излучения, коэффициента пропускания атмосферы и доза теплового излучения, поскольку они тесно взаимосвязаны с процессом взрыва.

Список литературы:

1. Левкин Н.Б. Предотвращение аварий и травматизма в угольных шахтах Украины. – Макеевка: МакНИИ, 2002. – 392 с.
2. Метан. Краткая медицинская энциклопедия [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.golkom.ru/kme/13/2-164-2-2.html>, свободный – (09.10.2020).
3. Угольная промышленность несет большую угрозу для здоровья [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://ab-news.ru/2018/02/27/ugolnaya-promyshlennost-neset-bolshuyu-ugrozudlya-zdorovya/>, свободный – (09.10.2020).
4. Method of Comprehensive Assessment of Efficiency of Decrease of Fire and Explosion Risk of Coal Suspended Particles [Electronic resource] / V. Arkhipov [et al.] // MATEC Web of Conferences. — Les Ulis: 2016. — Vol. 72 : Heat and Mass Transfer in the System of Thermal Modes of Energy – Technical and Technological Equipment (HMTTSC-2016). — [01002, 7 p.].
5. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности "Правила безопасности в угольных шахтах" (с изменениями на 25 сентября 2018 года)
6. ГОСТ Р 12.3.047-2012 Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля.

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО ГЕНЕРАТОРА

Н.В. Пилипец, к.т.н., и.о. заведующего НПЛ «Чистая вода»

Д.Д. Авзалов, аспирант

А.И. Сечин, д.т.н., профессор

Томский политехнический университет, 634050, г.Томск, пр.Ленина,30,

тел.+7 9234212997

E-mail: chemy@tpu.ru

Жесткость воды - это общая проблема для муниципальных систем водоснабжения, промышленных предприятий и тепловых станций. Особенно чувствительна данная проблема там, где для хозяйственно-питьевого водоснабжения используют подземные и грунтовые воды. Например, в Западно-Сибирском регионе для водоснабжения, в основном, используются подземные воды, которые характеризуются жесткостью, связанной с наличием в составе минеральных примесей до 70-80 % мас. гидрокарбоната кальция.

Многие отрасли производства предъявляют высокие требования к качеству используемой воды, в частности к общей жесткости. Одним из способов умягчения воды является обработка воды с использованием гидродинамического генератора и гидроксида аммония [1], показавшего неплохую эффективность [2]. Целью настоящей работы является разработка методики расчета гидродинамического генератора.

Гидродинамический генератор, представляет собой вертикальный аппарат с решеткой, имеющей значение проходного сечения, равное 5 % (доля свободного сечения в решетке S_0), выбор процентного соотношения обусловлен эффективным гидродинамическим режимом работы генератора (избыточным давлением P и величиной Re). Выбор диаметра отверстий обусловлен образованием устойчивой микропузырьковой газожидкостной среды, сохраняющей дисперсное состояние в течение 10 мин с гарантированной дисперсностью 50 ± 30 мкм [3].

При выполнении расчета гидродинамического генератора необходимо определить такие параметры, как диаметр отверстий решетки, конструктивные размеры решетки и перепад давления, создаваемый решеткой при определенном расходе воды. При истечении водных растворов через отверстия в решетке сечение потока сужается, поэтому принимаем каждое отверстие в решетке в качестве сопла и выполняем расчеты на основе определения параметров сопла [4-6].

Исходными данными для расчета являются массовый расход среды (q_m), давление среды (p), температура среды (t), диаметр трубопровода (D_{20}). Рассчитываем коэффициент, учитывающий изменение внутреннего диаметра трубопровода, обусловленное отклонением температуры среды от 20 °С, вычисляемый по формуле

$$K_T = 1 + \alpha_{tT}(t - 20),$$

где α_{tT} – температурный коэффициент линейного расширения материала трубопровода.

Значение относительного диаметра отверстия – отношения диаметра отверстия к внутреннему диаметру трубы:

$$\beta = \frac{d}{D}$$

Используя значение β , вычисляем диаметр отверстия решетки по формуле

$$d = \beta \cdot D,$$

где β – относительный диаметр отверстия; D – внутренний диаметр трубы при рабочей температуре, м.

Для вычисления величины перепада давления рассчитываем значение вспомогательной величины S по формуле:

$$S = \frac{8}{\rho} \left(\frac{q_{mmax}}{\pi \cdot C \cdot E \cdot K_{ш} \cdot d^2} \right)^2,$$

где ρ – плотность среды, кг/м³; q_m – массовый расход среды, кг/с; C – коэффициент истечения для отверстия в решетке; E – коэффициент скорости входа; $K_{ш}$ – поправочный коэффициент, учитывающий шероховатость внутренней поверхности трубы.

При разбивке по равнобедренному треугольнику шаг между отверстиями определяется по выражению

$$t = d \sqrt{0,91 / S_0}.$$

Из экспериментальных данных известно, что доля свободного сечения в решетке S_0 равна 0,05 [2].

Толщина решетки δ численно равна длине канала отверстий L , для которой выполняется условие $L \geq 10d$.

Проведенные экспериментальные исследования показали хорошие результаты по умягчению воды.

В данной работе не нашло отражение выбора материала решетки, имеющее несомненно определяющее значение. Так же находятся в состоянии исследования и другие технические характеристики устройства.

В результате проделанной работы была разработана методика расчета гидродинамического генератора, являющимся устройством для умягчения воды при ее подготовке.

Список литературы:

1. Маланова Н.В., Косинцев В.И., Коробочкин В.В. Микрогетерогенные процессы в технологии умягчения подземных вод Западной Сибири // Известия высших учебных заведений. Серия: Химия и химическая технология. – 2014. – Т.57. – № 11. – С. 39-42.
2. Маланова Н.В., Косинцев В.И., Сечин А.И., Цыро Л.В., Журавков С.П., Яворовский Н.А., Бошнятов Б.В., Валиев Х.Х., Беркова М.Д. Исследование физико-химических свойств осадков солей временной жесткости современными методами анализа // Ж. Фундаментальные исследования. 2013. № 6-2. С. 323-327.
3. Маланова Н.В., Коробочкин В.В., Косинцев В.И. Применение микропузырьковой обработки для снижения жесткости воды. // Известия Томского политехнического университета. – 2014. – Т.324. – № 3. – С. 108-42.
4. Волкотруб Л.П. Питьевая вода Томска. Гигиенический аспект / Л.П. Волкотруб, И.М. Егоров. – Томск: Изд-во НТЛ, 2003. – 195 с.
5. Патент на изобретение RUS 2462422 04.03.2011. Косинцев В.И., Сечин А.И., Куликова М.В., Бордунов С.В. Способ умягчения воды от солей жесткости.
6. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии – М.: ООО ТИД «Альянс», 2004. – 753 с.
7. ГОСТ 8.586.1.–2005. Измерение расхода и количества жидкостей и газов с помощью стандартных сужающих устройств. Часть 1. Принцип метода и общие требования.
8. ГОСТ 8.586.3.–2005. Измерение расхода и количества жидкостей и газов с помощью стандартных сужающих устройств. Часть 3. Сопла и сопла Вентури. Технические требования.
9. Маланова Н.В., Косинцев В.И., Сечин А.И. Физико-химические основы устранения солей временной жесткости при применении жидкофазного катализатора. // Ж. Современные проблемы науки и образования. 2012. № 6. С. 31.

АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ ПРИ ОБУЧЕНИИ НАСЕЛЕНИЯ В ОБЛАСТИ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ И ЗАЩИТЫ ОТ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

*И.И. Романцов, к.т.н., доцент,
И.И. Авдеева, ст. преподаватель,
А.И. Сечин, д.т.н., профессор,
М.В. Гуляев, ст. преподаватель,
М.Э. Гусельников, к.т.н., доцент,*

*Томский политехнический университет, 634050, г.Томск, пр.Ленина,30,
тел.(3822) 606-485*

E-mail: avdeevaii@tpu.ru

В настоящее время большинство технических систем, используемых в повседневной жизни, а также работающих на благо обеспечения бытовых нужд, соответствуют высоким показателям безопасности. Большинство людей уже не помнит, когда в последний раз была глобальная или большая локальная авария, затронувшая большое количество людей и нанесяшая значительный урон материальной и социальной составляющей общества [1].

Подготовка работающего населения в области защиты от чрезвычайных ситуаций предусматривает проведение занятий по месту работы согласно рекомендуемым программам и самостоятельное изучение порядка действий в чрезвычайных ситуациях с последующим закреплением полученных знаний и навыков на учениях и тренировках.

Формат такой подготовки подразумевает проведение:

а) курсового обучения в области гражданской обороны, посредством прохождения вводного инструктажа;

б) участие в учениях, тренировках и других плановых мероприятиях по гражданской обороне;

в) индивидуальное изучение способов защиты от опасностей, возникающих при военных конфликтах или вследствие этих конфликтов [2].

Основная проблема заключается в том, что большая часть населения является работающей, а данное обучение в организациях государственного сектора в большинстве случаев проводится формально и выражается как правило только в проведении вводного инструктажа. Учения и тренировки проводятся очень редко, а самостоятельным изучением порядка действий в чрезвычайных ситуациях как правило никто не занимается. В коммерческих организациях различных форм собственности ситуация еще плачевнее, потому что зачастую сотрудников вообще не обучают этим вопросам.

Подготовка неработающего населения в области защиты от чрезвычайных ситуаций предусматривает проведение бесед, лекций, просмотр учебных фильмов, привлечение на учения и тренировки по месту жительства, а также самостоятельное изучение пособий, памяток, листовок и буклетов, прослушивание радиопередач и просмотр телепрограмм по вопросам защиты от чрезвычайных ситуаций [1].

Формат такого обучения включает в себя:

а) посещение мероприятий, проводимых по тематике гражданской обороны (беседы, лекции, вечера вопросов и ответов, консультации, показ учебных фильмов и др.);

б) участие в учениях по гражданской обороне;

в) чтение памяток, листовок и пособий, прослушивание радиопередач и просмотр телепрограмм по тематике гражданской обороны [2].

Что мы имеем на самом деле? Неработающее население, по факту вообще не сталкивается с вопросами гражданской обороны. Следовательно, они в чрезвычайной ситуации никак не смогут отреагировать или отреагируют в корне неправильно, что в свою очередь может привести к осложнению сложившейся ситуации и увеличению потерь от опасного фактора среди населения.

XIII Международная научно-техническая конференция «Современные проблемы машиностроения»

В Федеральном законе «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» от 21.12.1994 № 68 указано, что:

«...основной обязанностью граждан Российской Федерации является изучение, постоянное совершенствование своих знаний и практических навыков в способах защиты в чрезвычайных ситуациях, приемов оказания первой доврачебной помощи пострадавшим, правил пользования средствами защиты...»;

«...Правительством Российской Федерации определяется порядок подготовки населения в области защиты от чрезвычайных ситуаций...»;

«...пропаганда знаний в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций обеспечивается органами управления, входящими в РСЧС, совместно с общественными объединениями, осуществляющими свою деятельность в области защиты и спасения людей...» [3].

Из данных выдержек видно, что на основании вышеуказанного федерального закона должно проводиться обучение как работающего, так и неработающего населения в области гражданской обороны, но по факту данные мероприятия проводятся очень формально или вообще не проводятся.

Пропаганда безопасности жизнедеятельности в обществе и обучение населения в области гражданской обороны и защиты от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера проводится, на наш взгляд, на очень низком уровне. Подойдя к любому человеку на улице и спросив у него, где находится ближайшее убежище, он ответит, что не знает. Заинтересованный человек добьется результата в своих поисках, а не заинтересованный опустит руки и не будет даже стараться искать нужную ему информацию, которая очень полезна при возникновении чрезвычайных ситуаций. Но суть проблемы скрыта не в том, что население не знает, где находятся ближайшие убежища, а в том, что на сегодняшний день их осталось катастрофически мало в действующем состоянии.

Создав простую и удобную программу пропаганды и обучения населения вопросам гражданской обороны и защиты от чрезвычайных ситуаций, можно закрыть огромную брешь в знаниях и обучении в области безопасности жизнедеятельности работающего и неработающего населения. Путем создания коротких и понятных видео роликов, адаптированных под каждый город, можно повысить в разы уровень знаний в области гражданской обороны и защиты в чрезвычайных ситуациях всех слоев населения. Также, периодическая пропаганда в рекламные паузы на телевидении и радио, дорожные баннеры, информационные табло имеют высокую эффективность. Поэтому, эти способы необходимо активнее использовать органам исполнительной власти в работе, направленной на повышение уровня безопасности жизнедеятельности в обществе.

Список литературы:

1. Постановление Правительства РФ «О подготовке населения в области защиты от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» от 04.09.2003 г. №547 (посл. ред.) // КонсультантПлюс : справ. правовая система.

2. Постановление Правительства РФ «Об утверждении Положения о подготовке населения в области гражданской обороны» от 02.11.2000 г. №841 (посл. ред.) // КонсультантПлюс : справ. правовая система.

3. Федеральный закон «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» от 21.12.1994 г. №68-ФЗ (посл. ред.) // КонсультантПлюс : справ. правовая система.

**ОСОБЕННОСТИ ПОДГОТОВКИ РУКОВОДИТЕЛЕЙ И СПЕЦИАЛИСТОВ ПО
ПРОМЫШЛЕННОЙ И ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В НЕФТЕГАЗОВОМ
ПРОИЗВОДСТВЕ**

*И.И. Романцов, к.т.н., доцент, Е.Н. Паиков, к.т.н., доцент,
А.И. Сечин, д.т.н., профессор, М.В. Гуляев, ст. преподаватель,
И.И. Авдеева, ст. преподаватель,
Томский политехнический университет, 634050, г.Томск, пр.Ленина,30,
тел.(3822) 606-485
E-mail: avdeevaii@tpu.ru*

В области промышленной и пожарной безопасности снижение травматизма и аварий существенную роль играет качественное повышение квалификации и подготовка руководителей и специалистов.

Анализ учебных программ ряда подготовительных центров показал направленность учебного материала на изучение норм и правил безопасности в свете рабочих профессий без учета специфики производства обучаемого контингента. Особое внимание необходимо учитывать при подготовке для опасных производственных объектов (ОПО) нефтяной и газовой промышленности. Анализ производственного травматизма показал, что соблюдение всех норм и правил не дает полной гарантии безопасности. Эффективное применение не возможно без знаний особенностей не только технологического процесса, но и изменения технологической среды, сырья, полупродуктов и продуктов в процессе физического и химического передела.

Известно, что в процессе физического и химического передела, материал, изменяясь, изменяет и свои свойства, при этом нередко меняются и нормативно-техническая классификация технологической среды и помещения. Следовательно, необходимо проводить обучение с учетом условий базового стационарного технологического процесса и его динамики. При этом, потенциальная опасность рабочих мест необходимо устанавливать с учетом динамики изменения опасности во время производственного цикла и степени риска.

В данной работе рассматривается задача разработки программ обучения производственного персонала с учетом изменения потенциальной опасности ОПО нефтяной и газовой промышленности. Формирование знаний особенностей поведения технологической среды в производственном цикле и соотношении опасных и вредных факторов (ОВПФ) с нормами и правилами производственной и пожарной безопасности в нефтегазовой отрасли.

Рассмотрим учебный план по программе профессиональной переподготовки «Промышленная безопасность в нефтегазовой отрасли».

Цель программы заключается в следующем: овладение знаниями, умениями и навыками, обеспечивающими компетентный подход к решению практических задач в системе управления охраной труда, промышленной и пожарной безопасностью, гражданской обороны и защиты в чрезвычайных ситуациях, дающими право на ведение профессиональной деятельности в области техносферной безопасности.

Категория слушателей, которых охватывает данная программа: руководители и специалисты служб охраны труда промышленной и пожарной безопасности, руководители производственных подразделений, сотрудники МЧС России; сотрудники федеральных противопожарных служб, уполномоченные по делам ГОЧС, специалисты в области ГОЧС, сотрудники аварийно-спасательных служб.

Программа соответствует квалификационным требованиям направления подготовки 20.03.01. Техносферная безопасность и профессиональным стандартам [1-3].

**XIII Международная научно-техническая конференция
«Современные проблемы машиностроения»**

Форма обучения: заочная с применением технологий дистанционного обучения, без отрыва от работы (обучение с предоставлением доступа к информационной среде в удобное для слушателя время). Режим занятий: 4 часа в день, 5 раз/нед.

Трудоемкость программы составляет 256 часов (Таблица 1).

Таблица 1. Распределение программы по часам.

| № | Наименование разделов, дисциплин (модулей) и тем | Кол-во часов | в том числе | | | Форма аттестации |
|--------|--|--------------|-------------|--------------|------|---------------------------|
| | | | ЛК | консультации | СР | |
| 1. | Общие положения промышленной безопасности | 32 | 2 | 0,5 | 29,5 | экзамен |
| 2. | Общие требования промышленной безопасности | 14 | 2 | 0,5 | 11,5 | экзамен |
| 3. | Специальные требования промышленной безопасности | 40 | 4 | 0,5 | 35,5 | экзамен |
| 4. | Энергетическая безопасность | 32 | 4 | 0,5 | 27,5 | экзамен |
| 5. | Автоматизация и метрологическое обеспечение процессов нефтепереработки и нефтехимик производства | 28 | 3 | 0,5 | 24,5 | экзамен |
| 6. | Основные технологии и аппараты нефтепереработки | 28 | 3 | 0,5 | 24,5 | экзамен |
| 7. | Надёжность производственных и технологических систем | 28 | 2 | 0,5 | 25,5 | зачет |
| 8. | Обеспечение пожарной безопасности в нефтегазовой отрасли | 28 | 4 | 0,5 | 23,5 | экзамен |
| 9. | Социальная защита пострадавших на производстве | 14 | 7 | 1 | 6 | зачет |
| 10. | Выпускной экзамен (подготовка) | 12 | 4 | - | 8 | Междисциплинарный экзамен |
| Итого: | | 256 | 35 | 5 | 216 | |

Для проведения лекций, практических занятий используются компьютер слушателя и необходим доступ к сети интернет.

Программа осваивается посредством доступа к корпоративной системе дистанционного обучения. Для корректной работы электронного курса необходимо наличие на рабочем месте пользователя любого интернет-браузера, Java Runtime Engine 1.6 или выше, Adobe Flash Player 9.0 или выше.

В результате представленной разработки можно отметить следующее:

- Разработана учебная программа, соответствующая квалификационным требованиям направления подготовки 20.03.01. Техносферная безопасность и профессиональным стандартам.
- Программа предусматривает обучение с учетом условий базового стационарного технологического процесса и его динамики.

Список литературы:

1. 40.054 Профессиональный стандарт «Специалист в области охраны труда», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04 августа 2014 г. № 524н.

2. 40.056 Профессиональный стандарт «Специалист по противопожарной профилактике», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 28 октября 2014 г. № 814н.

3. 40.116 Профессиональный стандарт «Специалист по обеспечению промышленной безопасности при эксплуатации оборудования, работающего под избыточным давлением, и/или подъемных сооружений», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты РФ от 24 декабря 2015 г. № 1142н.

ОСНОВНЫЕ ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ В ОБЛАСТИ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ И ЗАЩИТЫ ОТ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

*И.И. Романцов, к.т.н., доцент, И.И. Авдеева, ст. преподаватель,
А.И. Сечин, д.т.н., профессор, М.В. Гуляев, ст. преподаватель,
М.Э. Гусельников, к.т.н., доцент,
Томский политехнический университет, 634050, г.Томск, пр.Ленина,30,
тел.(3822) 606-485
E-mail: avdeevaii@tpu.ru*

В рамках единой системы подготовки населения все граждане проходят обучение в области гражданской обороны и защиты от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера. В зависимости от категории слушателей обучение может осуществляться в Академиях гражданской защиты Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (МЧС России), в учреждениях повышения квалификации министерств, департаментов, комитетов, администраций субъекта Российской Федерации и организаций, в учебно-методических центрах по гражданской обороне и чрезвычайным ситуациям субъектов Российской Федерации, по месту работы, учебы и месту жительства граждан.

Основными принципами обучения в области гражданской обороны, защиты в чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера можно выделить всеобщность, непрерывность и комплексность обучения.

Принцип всеобщности заключается в том, что обучение всех категорий населения, не зависит от их возраста, национальной принадлежности, сферы деятельности и других факторов.

Непрерывность обучения определяет поэтапное формирование знаний, умений и навыков у обучаемых на протяжении всего жизненного цикла.

Комплексность обучения, с одной стороны, включает в себя знания о защите от всевозможных опасностей современного мира, с другой – учитывает задачи, которые возлагаются на различные группы обучаемых в данной сфере.

Обучение населения в области гражданской обороны и защиты от чрезвычайных ситуаций является одной из ключевых задач в Единой государственной системе по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций.

Очная форма обучения подразумевает еженедельное посещение лекционных, практических и лабораторных занятий. Данная форма предпочтительна для граждан до 25 лет, не имеющих постоянную работу, так как очная форма предполагает наибольшее количество часов отрыва от рабочего процесса. При этом очная форма охватывает более детально разделы каждой дисциплины.

Заочная форма обучения отличается от очной формы количеством затраченных часов на обучение и стоимостью обучения. Следовательно, по данной форме могут обучаться как неработающая молодежь, так и рабочее население, для которых не критичен отрыв от рабочего процесса на короткий период времени (около месяца каждые полгода).

Самым оптимальным для всех слоев населения является обучение по очно-заочной форме. Данная форма предполагает обучение в различное время суток, что позволяет рабочему населению обучаться без отрыва от работы, затрачивая при этом меньшую сумму, чем при обучении на рассмотренных выше формах.

В настоящее время набирает популярность обучение с использованием современных технологий. Это нововведение позволяет обучающимся независимо от их местонахождения получать доступ к учебно-методическим материалам и консультациям преподавателя в любое время суток.

Дистанционное образование имеет ряд преимуществ:

XIII Международная научно-техническая конференция «Современные проблемы машиностроения»

- + возможность доступа к курсу из любого места и в любое удобное время;
- + возможность более быстрой передачи на различные расстояния информации любого объема и вида (визуальной и звуковой, текстовой и графической, статичной и динамичной);
- + возможность оперативного редактирования информации через сеть Интернет в независимости от своего местонахождения;
- + скачивание информации курса для дальнейшего хранения на персональном компьютере в течение необходимого периода времени с возможностью ее редактирования, обработки, распечатки и т.д.;
- + возможность интерактивности с помощью, специально создаваемой для этих целей мультимедийной информации и оперативной обратной связи;
- + возможность доступа к различным источникам информации, в первую очередь к Интернет-ресурсам, удаленным базам данных, многочисленным конференциям через систему Интернет, работы с этой информацией;
- + в случае территориально удаленных слушателей, обучение производится без затрат на учебные пособия, расходов на переезды, проживания в другом городе.

Недостатки дистанционного образования:

- отсутствие живого общения между обучающимся и преподавателем;
- необходимость в персональном компьютере и доступе в Интернет;
- сложность проверки знаний;
- высокая трудоемкость разработки дистанционного курса.

Успешность дистанционного обучения во многом зависит от:

1. охвата курсом всех этапов обучения и всех участников процесса обучения;
2. простоты интерфейса для обучающихся и преподавателей;
3. формы подачи учебного материала;
4. варианта коммуникации между обучающимися и преподавателями (например, форум, аудио или видео связь и т.п.).

Курс дистанционного обучения – это комплекс мероприятий, охватывающий поиск необходимой информации в сети Интернет, коммуникация, как с преподавателем, так и с обучающимися, обращение к базам данных, периодическим информационным изданиям, распространяемым посредством Интернет.

Анализ основных форм обучения показывает, что для большинства категорий обучающихся актуальным является обучение с использованием современных технологий, т.е. дистанционное образование.

Список литературы:

1. Федеральный закон «О гражданской обороне» от 12.02.1998 г. №28-ФЗ (посл. ред.) // КонсультантПлюс : справ. правовая система.
2. Письмо МЧС России от 12.11.2015 №43-5413-11 "Организационно-методические указания по подготовке населения Российской Федерации в области гражданской обороны, защиты от чрезвычайных ситуаций и безопасности людей на водных объектах на 2016 - 2020 годы" // КонсультантПлюс : справ. правовая система.
3. Федеральный закон "О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера" от 21.12.1994 г. №68-ФЗ (посл. ред.) // КонсультантПлюс : справ. правовая система.

ИССЛЕДОВАНИЕ СОРБЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК УГЛЕРОДНОГО ОСТАТКА ПИРОЛИЗА АВТОШИН

А.И. Сечин, д.т.н., профессор¹

Е.А. Макаревич, старший преподаватель²

А.В. Папин, к.т.н., доцент²

Т.Г. Черкасова, д.х.н., профессор²

¹*Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр.Ленина,30,
тел.(3822)-701-777*

E-mail: sechin@tpu.ru

²*Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, Россия, г.
Кемерово*

В России образуется более 1 млн. тонн изношенных шин в год. Огромное количество отработанных шин, производимых в настоящее время в мире, безусловно, будет увеличиваться в будущем по мере роста связанных с ними автомобильных отраслей. Утилизация шин становится серьезной экологической проблемой. Накопление выброшенных отработанных шин приводит к загрязнению окружающей среды. Большая часть отходов шин просто выбрасывается на участки, где они представляют опасность, такую как образование болезней людей, животных и растений, а также случайные пожары. Резина биологически практически не разлагается, и этот факт создает проблемы с её утилизацией. Влияние отходов резины на окружающую среду может быть сведено к минимуму путем переработки материала или извлечения энергии.

В настоящее время пристальное внимание уделяется пиролизу шин (термическому разложению в бескислородной среде). Переработка шин методом пиролиза представляет собой экологически привлекательный метод. Продуктами процесса пиролиза шин являются: твердый остаток (30-40 мас.%), жидкая фракция (40-60 мас.%) и газы (5-20 мас.%). Твердый остаток содержит технический углерод и минеральное вещество, первоначально присутствующее в шине. Этот твердый остаток может быть использован как укрепитель в резиновой индустрии, как активированный уголь или как бездымное топливо. Жидкий продукт состоит из очень сложной смеси органических компонентов. Таким образом, полученные масла могут быть использованы непосредственно в качестве топлива, исходного сырья для нефтепереработки или источника химических веществ. Газообразная фракция состоит из не конденсируемых органических веществ таких, как, H_2 , H_2S , CO , CO_2 , CH_4 , C_2H_4 , C_3H_6 и других. Газовая фракция может использоваться в качестве топлива в процессе пиролиза.

Наибольший интерес сейчас вызывает возможность получения углеродных сорбентов на основе пиролизного остатка. Углеродные адсорбенты получают из всевозможных материалов, которые содержат в большем или меньшем количестве сложные органические соединения, способные при определенных условиях образовывать твердый углеродный остаток.

В качестве объекта исследования был взят твердый углеродсодержащий остаток пиролиза автошин компании ООО «КЭК+» (г. Калтан, Кемеровская область, Россия).

Был проведен технический анализ исходного углеродного остатка. В результате анализа данных установлено, что углеродный остаток имеет высокие значения зольности и выхода летучих веществ. В ходе работы проводились исследования по облагораживанию твердого углеродсодержащего остатка.

После облагораживания улучшилось качество углеродсодержащего остатка пиролиза автошин. Исчез резкий токсичный запах, очистились поры и стали видны невооруженным глазом цилиндрические макроотверстия, что открывает перспективы использования полученного облагороженного углеродного остатка в качестве адсорбента.

Оценку сорбционных свойств углеродного материала проводят путем сравнения сорбционной активности, измеренной в одинаковых условиях [1-4].

В качестве адсорбтива часто используют метиленовый голубой, метиленовый жёлтый, йод, фенол. В ходе исследований были определены суммарная пористость, временная зависимость адсорбционной активности по йоду. Метод определения суммарного объёма открытых пор основан на заполнении водой при кипячении навески адсорбента в воде и удалении избытка воды с поверхности зёрен. В результате установлено, что суммарный объём пор в результате облагораживания увеличился в 2 раза.

Определена адсорбционная активность твёрдого углеродного остатка пиролиза автошин по йоду в зависимости от времени проведения реакции (15, 20, 30 минут), крупности кусков углеродного остатка. На основе полученных данных можно сделать вывод, что адсорбционная способность зависит от крупности частиц адсорбента (твёрдого углеродного остатка). Чем мельче частицы адсорбента, тем выше адсорбционная активность.

Также адсорбционная активность по йоду зависит от времени проведения реакции. Адсорбционная способность возрастает с увеличением времени взаимодействия с раствором йода. Облагороженный технический углерод, класс крупности 0,2 мм обладает наилучшей адсорбционной активностью. Адсорбционная способность по йоду зависит от крупности частиц адсорбента (твёрдого углеродного остатка) и от времени взаимодействия адсорбента с раствором йода. Облагороженный технический углерод, класс крупности 0,2 мм при времени взаимодействия с йодом 15, 20 минут обладает наилучшей адсорбционной активностью по йоду. При времени взаимодействия с йодом 30 минут значения адсорбционной активности облагороженного технического углерода и твёрдого остатка автошин, полученного низкотемпературным пиролизом близки.

Была исследована возможность очистки воды от фенола. В качестве адсорбента использовали облагороженный твёрдый углеродный остаток пиролиза автошин с размерами частиц 0,5–2 мм.

При пропускании через фильтр водного раствора фенола концентрации 1 г/дм³ эффективность очистки составила около 35%, а при концентрации 0,1 г/дм³ – около 85%. При повторном использовании фильтра поглотительная способность снижается до 50%.

Снижение поглотительной способности происходит вследствие забивки сорбирующих микропор. Для реактивации отработанного адсорбента использовали те же технологические операции, что и при его производстве. Реактивация отработанного адсорбента обеспечивает полное восстановление его адсорбционных свойств и возможность многократного использования.

Список литературы:

1. Кузнецов, Б. Н. Синтез и применение углеродных сорбентов // Соровский образовательный журнал. 1999. №12. С. 29 – 34.
2. Лукин В.Д. Регенерация адсорбентов/ В.Д. Лукин, И.С. Анцыпович. – Л.: Химия, 1983. – 215 с.
3. Мухин В.М., Активные угли России / В.М. Мухин, А.В. Тарасов, В.Н. Клушин. – М.: Металлургия, 2000. – 352 с.
4. Промышленные адсорбенты: учеб. пособие /М. Б. Алехина. – М.:РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2013. – 116 с.

ОПЫТ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

А.И. Сечин, д.т.н., профессор¹

Д.Г. Штенцов, специалист²

¹ *Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр.Ленина,30,
тел.(3822)-701-777*

E-mail: sechin@tpu.ru

² *ООО «ТОМСКГАЗСЕРВИС», г. Томск*

При ликвидации чрезвычайных ситуаций техногенного и природного характера, безопасность всех участников инцидента и успех мероприятия нередко зависят от эффективности использования аварийно-спасательного оборудования привлекаемого для проведения аварийно-спасательных работ [1].

Нередко эта эффективность зависит условий применения спасательного оборудования, в частности, оснащенных двигателями внутреннего сгорания; от скорости приведения в готовность к работе пневматического спасательного оборудования и совершенства инструмента для вскрытия металлических дверей.

Поэтому задача исследования условий при обеспечении эффективности применения спасательного оборудования, создание надежных расчетных методов в данной отрасли весьма актуальна.

Проведенный литературный анализ показал:

- Останов двигателя происходит по причине малого развития давления в цилиндре, потеря мощности вследствие обеднённости горючей смеси (горение в камере происходит).
- Останов двигателя происходит по причине отсутствия горения в условной камере (в объеме цилиндра).

Необходимо установление соотношения количественного и качественного компонентов смеси – как критических параметров горючей системы.

Экспериментально установлено, что область горения топливных систем составляет 15-20 % об по кислороду.

Из модели закономерности нарастания нагара на стенках камеры сгорания по причине попадания в нее загрязненного и обедненного воздуха (неполнота сжигания) следует, что при изменении величины ΔC состав топливной смеси может влиять на процесс горения и тем самым на устойчивость работы ДВС.

Таким образом, из проведенного исследования следует, что общее падение содержания O_2 в окружающей атмосфере, может составлять до 15 % об.; расчетами установлено, что время устойчивой работы ДВС может составлять от 4 до 15 минут при критической задымленности [2].

Авторы разработали устройство подачи воздуха в двигатель внутреннего сгорания, предназначенное для обеспечения устойчивой работы аварийно-спасательного бензоинструмента и бензотехники, в любых условиях загрязнения атмосферы, и в условиях с недостаточным содержанием кислорода, в зоне проведения аварийно-спасательных работ.

Устройство подачи воздуха в двигатель внутреннего сгорания предназначено для обеспечения устойчивой работы аварийно-спасательного бензоинструмента и бензотехники, в любых условиях загрязнения атмосферы, и в условиях с недостаточным содержанием кислорода, в зоне проведения аварийно-спасательных работ.

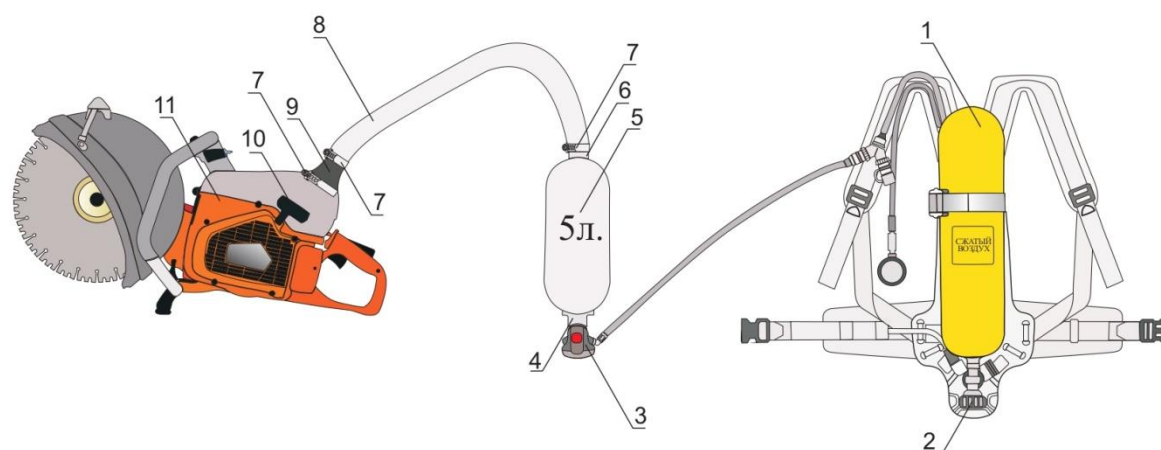


Рис. 1. Устройство подачи воздуха в ДВС.

1-изолирующий воздушный дыхательный аппарат; 2-вентиль баллона; 3-легочный автомат; 4-входное отверстие ресивера со штуцерным соединением; 5-ресивер; 6-выходное отверстие ресивера; 7-винтовой нержавеющий хомут; 8-воздушный питающий шланг; 9-резиновый хомут; 10-ручной стартер; 11-аварийно-спасательный инструмент.

Принцип работы устройства подачи воздуха в двигатель внутреннего сгорания заключается в следующем: Открывается вентиль баллона ИДА-2, запускается двигатель АСБИ-10, легочный автомат включается при создаваемым двигателем воздушным разрежением. Воздух из ИДА-2, под избыточным давлением 4 мБар, поступает в ресивер-5, который предназначен для компенсации увеличения потребления воздуха, при увеличении числа оборотов ДВС. Из ресивера-5, воздух в нужном объеме поступает, через воздушный питающий шланг, в двигатель АСБИ-10, тем самым обеспечивая бесперебойную работу двигателя в любых условиях загрязнения атмосферы, и в условиях с недостаточным содержанием кислорода.

Для устранения эффекта турбонаддува, создаваемым избыточным давлением ИДА, на входе в ресивер устанавливается дроссельная шайба с отверстием, за счет которого снижается давление в ресивере-5, тем самым нормализуя смесеобразование в системе питания топливом ДВС.

В результате выполненной работы достигнута эффективность использования аварийно-спасательного оборудования привлекаемого для проведения аварийно-спасательных работ.

Список литературы:

1. Предупреждение крупных аварий: Практическое руководство. - М.: Московский НИИ охраны труда. 1992. - 256 с.

2. К вопросу повышения эффективности аварийноспасательного оборудования / А.И. Сечин [и др.] // Современные проблемы машиностроения сборник научных трудов XII Международной научно-технической конференции, г. Томск, 28 октября - 1 ноября 2019 г.: / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ) ; под ред. А. Ю. Арляпова [и др.] . — Томск : Изд-во ТПУ , 2019 . — [С. 324-326] . — Заглавие с экрана. — [Библиогр.: с. 326 (5 назв.)].

**РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА
ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО РИСКА ОБЪЕКТОВ ДЕПАРТАМЕНТА
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ**

А.И. Сечин, д.т.н., профессор¹

И.Н. Долдин, Главный специалист²

¹*Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр.Ленина,30,
тел.(3822)-701-777*

E-mail: sechin@tpu.ru

²*Департамента профессионального образования Томской области*

Разработка информационных систем, предназначенных для автоматизации документооборота между учреждениями системы профессионального образования и – Департаментом профессионального образования, является необходимой и актуальной задачей [1, 2].

С целью разработки информационной системы мониторинга территориального риска объектов Департамента профессионального образования Томской области, по методикам указанным в [3-6], был проведен анализ работы системы согласно тем функциям, которые она выполняет.

Анализ показал, что информационная система должна содержать следующие блоки:

- Паспорт безопасности образовательного учреждения в формате Excel, а также справочники, документы, формы, регистры, перечисления и отчеты, реализованные непосредственно в среде «1С: Предприятие 8.3».

- Справочник позволяющий хранить в информационной базе данные, имеющие одинаковую структуру и списочный характер.

- Документ позволяет хранить в прикладном решении информацию о совершенных операциях или о событиях.

- Отчеты предназначенные для вывода информации из базы данных.

- Отчеты похожие на документы, только эти объекты выполняют разные функции.

Документы вводят информацию в базу данных, отчеты выводят результаты в удобном для пользователя виде – в виде табличной части, диаграмм, графиков и т.д.

Так как важной частью этого документооборота в области мониторинга за состоянием комплексной безопасности учреждений является Паспорт безопасности, то основное внимание было уделено созданию новой формы представления данного документа в контролирующей орган.

Проведенный анализ структуры паспортов безопасности различных образовательных учреждений показал, что Паспорта безопасности для удобства последующей обработки результатов и их анализа, целесообразно выполнять в формате "Microsoft Office Excel". При этом была разработана универсальная форма представления Паспорта в этом формате соответствующем [1, 2].

Представляя паспорт в формате "Microsoft Excel" выполняется две функции: предоставление паспорта безопасности в цифровом формате, готовом для автоматической обработки в информационной системе с целью выявления, мониторинга, оценки и анализа рисков, а также сохранение возможности предоставления паспорта безопасности в классическом варианте (возможность печати паспорта из формата Excel) [2].

На первом этапе заполняются справочники «Образовательное учреждение», «Сотрудники» и «Элемент системы безопасности», по которым осуществляется выбор необходимой информации. Затем производится расчет процента сформированности общей системы безопасности образовательного учреждения, где максимальная оценка 100 %, с формированием отчета на данном этапе, позволяющим отследить динамику сформированности полноты системы безопасности по месяцам.

XIII Международная научно-техническая конференция «Современные проблемы машиностроения»

Документ информационной системы «Расчет уровня рисков» обладает тремя табличными частями, и служит для расчета индивидуального риска травмирования и гибели, а также расчета коллективного риска получения травмы и гибели для выбранной группы людей.

Кроме этого, в системе реализована возможность формирования отчета под названием «Мониторинг риска», с помощью которого можно наглядно отслеживать как в течении выбранного периода времени изменялось состояние сформированности системы безопасности в выбранных образовательных учреждениях, а также уровень индивидуального риска получения травмы и гибели человека.

Таким образом, предложенная система мониторинга, автоматизирует процесс мониторинга территориальных рисков системы профессионального образования, делая его простым и наглядным, что наилучшим образом сказывается на скорости и качестве принятия управленческих решений.

Список литературы:

1. Приказ МЧС № 506 от 4.11.2004 «Об утверждении типового паспорта безопасности опасного объекта».

2. Постановлению Правительства РФ от 2 августа 2019 г. N 1006 "Об утверждении требований к антитеррористической защищенности объектов (территорий) Министерства просвещения Российской Федерации и объектов (территорий), относящихся к сфере деятельности Министерства просвещения Российской Федерации, и формы паспорта безопасности этих объектов (территорий)".

3. Приказ МЧС от 10.07.2009 г. № 404 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах».

4. Приказ Ростехнадзора от 11.04.2016 г. №144 «Об утверждении Руководства по безопасности «Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах».

5. РД 03-418-01. Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов. – Введ. 01.09.2001. – М.: Закрытое акционерное общество «Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности», 2010. — 40 с.

6. Скорюпина К.С., Сечин А.И., Долдин И.Н., Киржаков И.Ф. Выявление и обоснование наиболее целесообразных форм и методов организации эвакуации и оповещения на социальном объекте // Ж. Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. 2015. № 2 (25). С. 77-82.

РАЗРАБОТКА СТРУКТУРЫ ПАСПОРТА БЕЗОПАСНОСТИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

А.И. Сечин, д.т.н., профессор¹

И.Н. Долдин, Главный специалист²

¹*Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр.Ленина,30,
тел.(3822)-701-777*

E-mail: sechin@tpu.ru

²*Департамента профессионального образования Томской области*

Процессы автоматизации на со временном этапе развития общества проникли во все сферы деятельности человека. Внедрение информационных технологий процедуры автоматизации управления в образовательных учреждениях является одной из приоритетных задач современной системы образования [1, 2]. Основной трудностью при внедрении автоматизированных систем в образование является большой разрыв между развитием компьютерной техники, программно-методического обеспечения систем управления и их использованием.

Перевод процесса управления деятельностью образовательного учреждения на безбумажную технологию позволяет избавить руководящие и педагогические кадры от рутинного труда, отнимающего много времени в делопроизводстве, планировании и ведении документации учебного процесса. Информационно-коммуникационные технологии позволяют осуществить оптимальное взаимодействие управляемой и управляющей подсистем организации. Эффективность автоматизации образовательной и управленческой деятельности учреждения определяется подготовкой руководящих и педагогических кадров в области использования информационных и коммуникационных технологий.

Существует много причин, по которым автоматизация документооборота в образовательных учреждениях, а также в организациях, контролирующих их деятельность, необходима. Во-первых, информацию необходимо обрабатывать как можно быстрее и качественнее. Во-вторых, утеря информации или ее попадание в чужие руки может обойтись весьма дорого [3, 4].

Внедрение системы электронного документооборота позволяет решить все эти проблемы, а также: обеспечит согласованную работу всех подразделений сферы образования; упростит работу с документами, повысит ее эффективность; повысит производительность труда сотрудников за счет сокращения времени создания, обработки и поиска документов; повысит оперативность доступа к информации; позволит разграничить права доступа сотрудников к информации.

В то же время возникает ряд проблем, по которым затруднено внедрение электронного документооборота в процессе мониторинга комплексной безопасности образовательных учреждений, а именно:

- низкая скорость работы сети Интернет, отсутствие локальной сети внутри учебного заведения. Такое состояние Интернет сети не позволяет в полной мере внедрять современные информационно-коммуникационные способы работы ни в системе управления образованием, ни тем более в образовательном процессе;

- недостаточная техническая оснащенность образовательных организаций. Полноценная работа с современными телекоммуникационными системами, организация образовательного процесса в сети Интернет требуют современных компьютеров (с высокой скоростью работы), а также дополнительного оборудования для каждого рабочего места, минимально, это web-камеры, микрофоны, наушники, а также комплекс программного обеспечения.

- недостаточная компетентность управленцев и работников в системе образования в вопросах Интернет технологий, а также в сложных информационных системах, способных

XIII Международная научно-техническая конференция «Современные проблемы машиностроения»

осуществить документооборот в процессе мониторинга состояния безопасности образовательной организации.

- недостаточное обеспечение процесса мониторинга системы безопасности образовательного учреждения методическими рекомендациями, разработками по эффективному использованию Интернет технологий и современного оборудования.

- документооборот образовательных организаций переходит в электронный формат, но отчетность остается бумажной.

Основа паспорта безопасности (антитеррористической деятельности) образовательного учреждения состоит из следующих разделов, которые положены как основа в разрабатываемую структуру [5]:

- общие сведения об образовательном учреждении;

- возможные критические и чрезвычайные ситуации в образовательном учреждении в результате проведения диверсионно-террористических акций или экстремистских проявлений;

- сведения о персонале образовательного учреждения;

- силы и средства охраны образовательного учреждения;

- проводимые и планируемые мероприятия по усилению антитеррористической защищенности образовательного учреждения [6];

- ситуационные планы.

В результате проведенного исследования предложена структура паспорта безопасности образовательной организации как основы проведения мониторинга.

Список литературы:

1. Приказ МЧС № 506 от 4.11.2004 «Об утверждении типового паспорта безопасности опасного объекта».

2. Постановлению Правительства РФ от 2 августа 2019 г. N 1006 "Об утверждении требований к антитеррористической защищенности объектов (территорий) Министерства просвещения Российской Федерации и объектов (территорий), относящихся к сфере деятельности Министерства просвещения Российской Федерации, и формы паспорта безопасности этих объектов (территорий)".

3. Приказ МЧС от 10.07.2009 г. № 404 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах».

4. Приказ Ростехнадзора от 11.04.2016 г. №144 «Об утверждении Руководства по безопасности «Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах».

5. РД 03-418-01. Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов. – Введ. 01.09.2001. – М.: Закрытое акционерное общество «Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности», 2010. — 40 с.

6. Скорюпина К.С., Сечин А.И., Долдин И.Н., Киржаков И.Ф. Выявление и обоснование наиболее целесообразных форм и методов организации эвакуации и оповещения на социальном объекте // Ж. Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. 2015. № 2 (25). С. 77-82.

**ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАСПОЛОЖЕНИЯ
ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО НЕЙТРАЛИЗАТОРА В ЦИКЛОНЕ**

К.А. Скорюпина, аспирант

О.С. Кырмакова, аспирант

А.И. Сечин, д.т.н., профессор

*Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр.Ленина,30,
тел.(3822)-701-777*

E-mail: sechin@tpu.ru

Разделение технологических потоков всегда вызывает особое отношение к выбору технологического оборудования. Нередко эта стадия сопровождается такими физическими процессами как генерация электростатических зарядов, что существенно отражается на устойчивости технологического процесса. Обоснованию технологического расположения электростатического нейтрализатора в циклоне и является целью данной работы.

Авторы [1, 2] отмечают многофакторность процессов проходящих в циклоне и предлагают некоторые рекомендации направленные на минимизацию опасного проявления статического электричества. Авторы [3, 4] разработали устройство, позволяющее предупреждать опасные проявления электростатических потенциалов, но встала задача о месте установки данного устройства.

Анализ факторов влияющих на движение частицы от оси циклона к внешней стенке за время T , можно описать следующим выражением

$$\Delta = v_R T = v_R \frac{\pi R_k}{v_\tau} = \frac{v_\tau^2}{18 \cdot R_k} \rho \frac{d^2}{\mu} \frac{\pi R_k}{v_\tau} = \frac{\pi \rho d^2}{18 \mu} v_\tau \quad (1)$$

где ρ – плотность частицы, кг/м³; μ – динамическая вязкость среды, Па·с; d – диаметр частицы, мкм; v_R – радиальная скорость частицы, м/с.

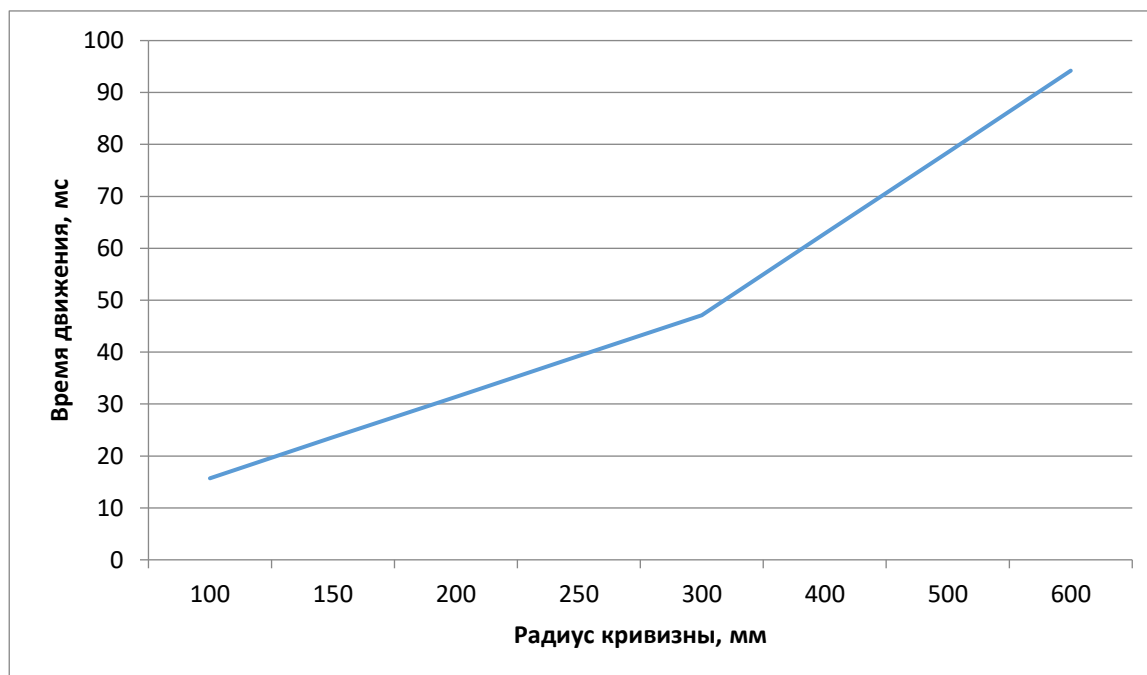


Рис. 1. Зависимость времени движения частицы от радиуса кривизны траектории.

Определяя максимальное отклонение частиц материала с удельной плотностью 600 – 1200 кг/м³ и дисперсным составом с диаметрами: 50, 100, 150, 200, 300, 500, 800 мкм по выражению (2) было определено время полета для каждой частицы

$$t = \frac{\Delta}{v_{в.п.}} \quad (2)$$

где $v_{в.п.}$ – скорость воздушного потока, м/с.

Используя полученное выражение (2), был проведен анализ значений времени смещения частицы к стенке и радиуса кривизны ее траектории для конкретного вида циклона ЦН-15УП.

Графический анализ (рис. 1) показал, что на радиусе кривизны 300 мм, имеется перегиб прямой, характеризующий изменение гидродинамики в воздушном потоке. Именно эти изменения и являются ключевым в электростатических процессах [2, 5, 6]. Предложено в этой точке располагать середину электростатического нейтрализатора (на примере циклона ЦН-15УП с диаметром основной трубы 200 мм).

Опираясь на полученные значения, было установлено, что концентрация в потоке частиц увеличивается за период времени от 14,45 мс до 3,7 с для частиц с плотностью 600 кг/м³ и от 28,9 мс до 7,4 с для частиц плотностью 1200 кг/м³. Это позволяет утверждать, что иглы электростатического нейтрализатора следует располагать как минимум после уплотнения частиц в потоке на рубеже 2/3 всех размеров частиц. Для более мелких фракций необходимо более длительное время. Следует иметь в виду, что электростатические процессы сильно зависят от физико-химических свойств материала, влажности и температуры среды и еще целого ряда факторов [5, 6]. Анализ этих факторов проводится по разработанной структурно-методологической схеме.

В результате выполненной работы обосновано технологическое расположение электростатического нейтрализатора в циклоне, в области наиболее эффективного уплотнения пылевой смеси, где ожидаются наибольшие значения электростатических потенциалов.

Список литературы:

1. Ватин Н. И. Очистка воздуха при помощи аппаратов типа циклон. / Н.И. Ватин, К.И. Стрелец. – СПб.: 2003 – 65 с.
2. Верёвкин В. Н. Электростатическая искробезопасность и молниезащита./ В. Н. Верёвкин, Г. И. Смелков, В. Н. Черкасов. – М.: МИЭЭ, 2006. – 170 с.
3. Сечин А.И., Кырмакова О.С. Разработка методики расчета нейтрализатора статического электричества для циклонных аппаратов // Ж. Ползуновский вестник. 2014. № 4-2. С. 24-27.
4. Sechin A.I., Kyrmakova O.S., Ivanova T.A. Carrying out thermodynamic calculations and definition of the main reactions of decomposition of vapours of ethyl alcohol // В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering Ser. "International Scientific Conference on "Radiation-Thermal Effects and Processes in Inorganic Materials", RTEP 2014" 2015. С. 012109.
5. Райзер Ю. П. Физика газового разряда. – 2-е изд. – М.: Наука, 1992. – 536 с.
6. Самойлович В. Г., Гибалов В. И., Козлов К. В. Физическая химия барьерного разряда. М., 1989.

**ОБОСНОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ
УЗЛОВ КОНТРОЛЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ
ТРУБОПРОВОДОВ**

Е.С. Терентьев, аспирант гр. А077

П.В. Бурков, д.т.н., с.н.с.

Томский политехнический университет, 634050, г.Томск, пр.Ленина,30,

E-mail: Gakonya5190@mail.ru

В настоящее время в мире существует множество систем мониторинга коррозии, которые разработаны для оценки технического состояния трубопроводов. С начала 2000-ых годов системы коррозионного мониторинга активно начали поставляться на российский рынок.

Использование системы мониторинга коррозии необходимо для организации ингибиторной защиты при принятии решения о применении ингибитора коррозии, оценки его эффективности и подбора эффективной дозировки ингибитора.

Наиболее широкое применение узлы контроля коррозии нашли на нефтесборных трубопроводах, как наиболее подверженных коррозии за счет транспортировки сред, в связи с высоким содержанием растворенных коррозионно-агрессивных газов, высокоминерализованной подтоварной воды и механических примесей. Для получения объективного результата о максимальных скоростях коррозии на трубопроводах необходимо определить наиболее опасные участки трассы трубопровода и устанавливать на них узлы контроля коррозии [1].

В настоящий момент в России отсутствует нормативно-техническая документация, регламентирующая применение иных методов мониторинга коррозии, в частности, ультразвуковых. Установка данных узлов контроля на трубопроводы, согласно проектных решений институтов, является лишь дополнительным методом контроля, а не полноценным узлом контроля коррозии. Для легитимного использования ультразвуковых узлов контроля коррозии, необходимо закрепить в нормативной документации требование о необходимости отнесения данного оборудования к средствам измерения [2].

На Курумбинском месторождении проектными институтами предусмотрено применение ультразвуковой системы мониторинга коррозии. Проведение закупочных процедур с поставщиками оборудования показало, что технические характеристики предлагаемого оборудования ничем не подтверждены, отсутствуют методики подтверждения заявленных характеристик. Для решения данной проблемы, по согласованию с проектным институтом, в опросные листы на покупаемое оборудование было включено требование о необходимости отнесения данного оборудования к средствам измерения и получения свидетельства о поверке оборудования.

Использование ультразвуковых узлов контроля коррозии, как сертифицированных СИ позволит использовать их для оценки эффективности ингибитора коррозии в соответствии с [3].

В свете вышеприведенных факторов, становится очевидной актуальность данной работы, так как оставление без внимания столь важной сферы технологического процесса нефтедобычи, как контроль технического состояния трубопроводов, напрямую ведет к росту аварийности процесса транспортировки углеводородов.

Системы ультразвукового контроля коррозии предназначены для решения подобных вопросов контроля коррозии в тех местах, где доступ к точке исследования затруднен. Основными составляющими системы являются перманентно прикрепляемые к трубопроводу датчики с кабелем до 100 м и портативный прибор для считывания данных.

Своевременно полученная информация является мощным инструментом предотвращения нежелательных последствий коррозии. Установка данного оборудования позволяет получить

XIII Международная научно-техническая конференция «Современные проблемы машиностроения»

дополнительную точку контроля над коррозионной ситуацией и дает неоспоримое преимущество — возможность прогнозировать появление и развитие коррозии.

Основной целью коррозионного мониторинга является охрана окружающей среды, а также предупреждение аварий и чрезвычайных ситуаций на промышленных трубопроводах, обеспечение их надежной и безопасной эксплуатации путем применения современных и эффективных технологий, материалов, и оборудования.

Применение ультразвуковых узлов контроля коррозии, совместно с гравиметрическими, значительно расширяет возможности реализации вышеприведенных целей, позволяя осуществлять непрерывный контроль технического состояния нефтепровода на наиболее ответственных участках [4].

Исходя из произведенных расчетов, окупаемости ультразвукового узла контроля коррозии составит 5 лет, что полностью оправдывает денежные вложения.

Разработка отраслевых стандартов и руководящих документов в рамках производственной деятельности Корпоративных институтов Компании «Роснефть» и утверждение, позволит установить:

- четкие критерии применения систем мониторинга коррозии в зависимости от условий эксплуатации и требуемых результатов мониторинга;

- единые требования к системам мониторинга коррозии применяемых на ОПО;

Варианты дополнительного использования данных с систем мониторинга коррозии:

- использование результатов мониторинга при проведении ОПИ ингибиторов коррозии равновесной силы с гравиметрическими узлами контроля коррозии

- регламентирование аттестации ультразвуковой системы мониторинга коррозии, как средства измерения, дает возможность использования данных измерений толщины стенки трубопровода для включения в контрольные осмотры и ревизии трубопровода. Установка УКК в «профильных карманах» трубопровода позволит оценить скорости коррозии трубопровода в местах с наиболее максимальной скоростью коррозии;

- возможность сравнивать результаты работы систем мониторинга коррозии (с одинаковыми параметрами) между обществами группы [5].

Как показал опыт применения данной технологии в условиях Куюмбинского месторождения, с его сложным рельефом и суровым климатом, установка данных узлов оправдывает себя экономически и организационно, высвобождая трудовые ресурсы и, относительно краткосрочной перспективе, экономя денежные средства.

На основе вышесказанного, можно сказать, что применение данного метода полностью обосновано как с экономической, так и с организационной точки зрения.

Список литературы:

1. РД 39-0147103-362-86 «Руководство по применению антикоррозионных мероприятий при составлении проектов обустройства и реконструкции объектов нефтяных месторождений», дата введения: 01.03.1987, версия от 01.12.2013.

2. Методические указания «Проведение коррозионного мониторинга и ингибиторной защиты промысловых трубопроводов» № П1-01.05 ТИ-0005 ЮЛ-428.

3. Методические указания «Применение химических реагентов на объектах добычи углеводородного сырья компании» № П1-01.05 Р-0339.

4. Методические указания «Правила по эксплуатации, ревизии, ремонту и отбраковке промысловых трубопроводов на объектах ПАО «НК «Роснефть» и его Обществ группы» № П1-01.05 М-0133. Версия 2.00

5. РД 39-132-94 Правила по эксплуатации, ревизии, ремонту и отбраковке нефтепромысловых трубопроводов.

**КРИТЕРИИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОЦЕНКИ ПОЖАРНОГО РИСКА
ОЧАГОВ ВОЗГОРАНИЯ ЛЕСНЫХ ГОРЮЧИХ МАТЕРИАЛОВ В ПРИРОДНЫХ
ЛАНДШАФТАХ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ**

Е.И. Чалдаева, аспирант гр. А7-54

А.И. Сечин, д.т.н., профессор,

Томский политехнический университет, 634050, г.Томск, пр.Ленина,30,

тел.8-952-154-46-58

E-mail: katerino4ka_94@mail.ru

Разработка качественных способов борьбы с лесными пожарами является современной проблемой человечества. Самовозгорание – одна из самых распространенных причин возникновения пожаров в условиях природных ландшафтов. [1,2] Объектами первичного горения являются лесные породы. Критерии оценки пожарного риска необходимы для предупреждения возможных лесных пожаров.

В Томской области произрастают лиственные и хвойные леса, среди которых преобладают березовые, сосновые, кедровые и пихтовые [3,4]. Согласно классификации лесных горючих материалов и видов пожаров, для исследования выбраны измельченная в пыль березовая кора и утрамбованная листвы березы и хвои сосны.

Благоприятные события для самовозгорания будут связаны с температурой окружающей среды природного ландшафта, продолжительностью дня и с отсутствием факторов, влияющих на величину солнечной инсоляции: облачность, количество осадков, наличие тени в лесу, влажность, наличие растительности, биоразнообразиие.

Горение древесины в естественных условиях леса начинается с её разогрева. При прогреве до температуры 120–150°C, начинается медленное и постепенное обугливание с образованием самовоспламеняющегося на воздухе угля. При нагреве разложение древесины на газообразные составляющие усиливается и постепенно вспыхивает при температуре от 250°C до 300°C.

В основе экспериментального метода определения температуры самовозгорания образца лежит нормативный документ ГОСТ 12.1.044–89. «Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов». [5] Эксперименты проводятся в диапазоне температур от 40°C до 400°C на установке, представляющей собой тепловую камеру с нагревательным элементом. С помощью автотрансформатора задается напряжение и тем самым, происходит прогрев. Образец размещается в контейнере из медного листа, толщиной 0,5 мм и помещается в камеру.

При исследовании пыли березовой коры по изменившимся физическим характеристикам установлено его разложение до углеродной составляющей (пиролиз) – самовозгорание при этом невозможно. При достижении температуры в 120°C отмечается запах летучих. При достижении температуры 200°C поверхность насыпного слоя темнеет, тление при этом не наблюдается. При температуре 254°C – увеличивается выделение летучих компонентов, а при 260°C – воспламенение. Перед горением наблюдалась фаза спекания. В образце происходят окислительные процессы, но их интенсивность невелика.

Воспламеняемость породы связана с ее объемным весом, влажностью, мощностью внешнего источника нагрева, формой сечения деревянного элемента, скоростью воздушного потока, положением элемента в тепловом потоке (горизонтальное, вертикальное).

При исследовании утрамбованной листвы березы и хвои сосны возникает самовозгорание. При температуре 206 °C происходит испарение влаги и выделение обильного количества дыма – образец самовозгорается.

По результатам построен график зависимости времени индукции начала тления от температуры образца (рис. 1). Самовозгорание смешанного леса можно наблюдать при искусственном уменьшении времени индукции начала тления. Определяющий фактор этого

процесса – антропогенное загрязнение. Воспламенение частицы образца зависит как от размера, так и от окружающей температуры пламени.

Полученная степенная функция (1) положена в основу разработки критериев оценки пожарного риска возникновения очага возгорания, и свидетельствует об опасности фактора антропогенного загрязнения среды.

$$y=8E+18 \cdot x^{-7,01} \quad (1)$$

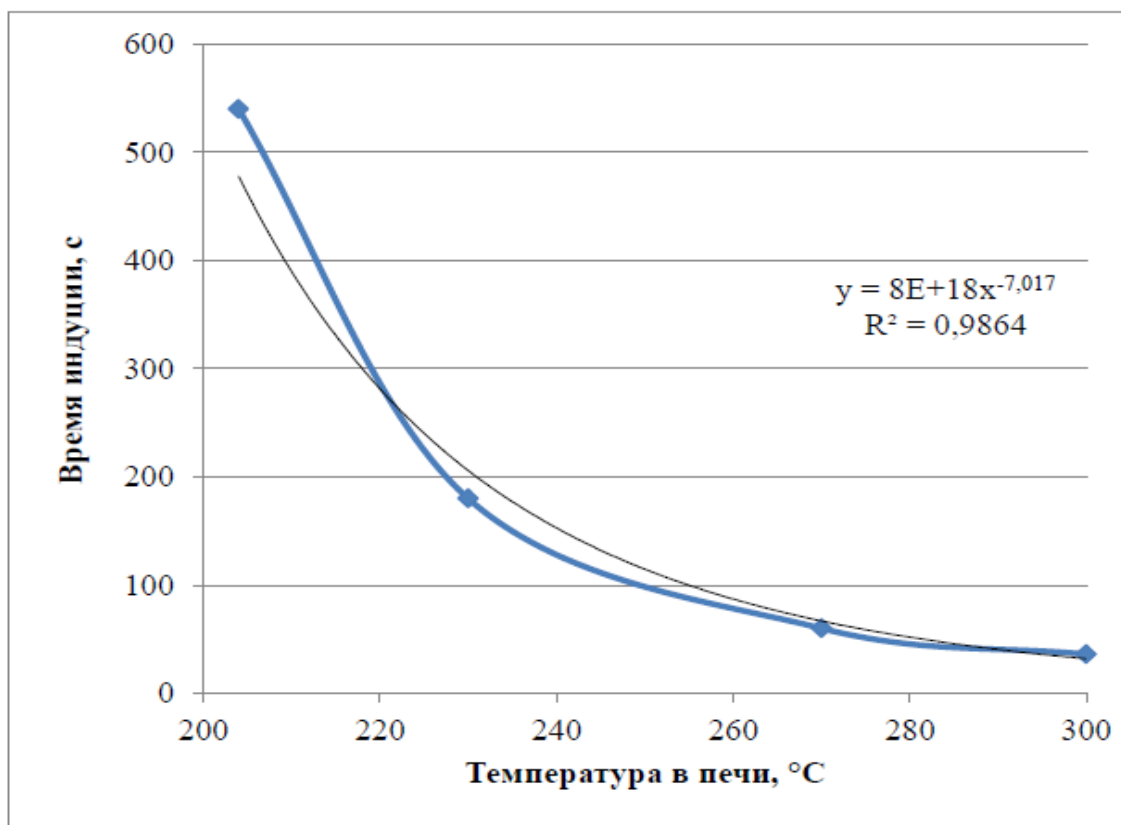


Рис. 1. Зависимость времени индукции начала тления образца ЛГМ от температуры окружающей среды

Список литературы:

1. Доррер Г.А. Динамика лесных пожаров. – Новосибирск: Наука СО РАН, 2008. – 404 с.
2. Долгосрочный прогноз ЧС на 2019. Томская область / Приложение 2.13_2019. Среднемноголетние показатели по лесным пожарам.
3. V.A. Perminov, T.S. Rein, S.N. Karabtcev, NEM and MFEM Simulation of Interaction between Time-dependent Waves and Obstacles // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 81 (2015) 012099 doi:10.1088/1757-899X/81/1/012099.
4. Фуряев В.В. Комплексы напочвенных горючих материалов и возможность их регулирования в профилактике лесных пожаров /В.В. Фуряев, Л.П. Злобина, В.И. Заболотский [и др.] // Лесн. хоз-во. – 2007. – № 1. – С. 43–44.
5. ГОСТ 12.1.044-89. Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения. – Введ. 01.01.1991. – М.: Изд-во стандартов, 1991. – 107с.

СЕКЦИЯ 7

ДИЗАЙН И ПРОЕКТИРОВАНИЕ В МАШИНОСТРОЕНИИ

КОНЦЕПТУАЛЬНОЕ КОНСТРУИРОВАНИЕ ДВУХКОЛЕСНОГО ВЕЛОСИПЕДА

А.А. Алиев, студент гр. 4НМ91

Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина,30,

E-mail: aaa96@tpu.ru

Немецкий профессор Карл фон Дрез изобрел предшественник современного велосипеда в начале 19 века. Велосипед, названный «Laufmaschine», состоял из двух колес, которые скреплялись одной центральной переключиной. Он был оснащен рулём и выглядел в целом, как велосипед без педалей, рама была деревянной. Водителю этого транспортного средства пришлось идти и бежать, чтобы набрать необходимую скорость, а затем поднимать ноги и продолжать движение, пока его инерция не исчезла. Изобретение Дреза назвали в его честь дрезиной. На рисунке 1 показана машина Дреза.



Рис. 1. Машина Дреза

Эта конструкция использовалась почти 40 лет, пока два французских производителя карет не пришли к идее, которая произвела революцию в мире велосипедов. Пьер Мишо и Пьер Lallemen видели, как «Laufmaschine» используются, и они разработали план, чтобы прикрепить педали к переднему колесу, и установить водительское место на опорной балке.

В 1864 году они сделали свою первую модель, которая оказалась очень эффективной и простой в производстве. Четыре года спустя они собрали средства для массового производства и начали улучшать свой первоначальный дизайн, превратив его в то, что станет известно как «Bonshaker». Рама велосипеда была сделана из железа, а не из дерева, и вскоре они стали включать резиновые шины и шарикоподшипники. Одной из самых популярных разработок того времени была модель велосипеда с увеличенным передним колесом.

Велосипед – это простой, доступный и энергоэффективный вид транспорта. Это машина в том смысле, что она преобразует энергию из одной формы в другую. Используя силу наших мышц удивительно эффективным способом, велосипед может преобразовать около 90% энергии, которую мы подаем на педали, в кинетическую энергию, которая движет нас вперед. Велоспорт – отличный способ избавиться от стресса. Велосипедная прогулка поможет нам зарядиться энергией. Езда на велосипеде - одно из лучших занятий для снижения веса и поддержания активности. В современном мире дети тянутся к гаджетам, играм в видеоигры, просмотру мультфильмов и так далее. Родителям сложно привести их в реальную среду. Количество подвижных игр постепенно сокращается. Катание на велосипеде один из лучших занятий, чтобы дети были активными, здоровыми и счастливыми.

XIII Международная научно-техническая конференция «Современные проблемы машиностроения»

В наши дни подростковые велосипеды во многом повторяют велосипедов предназначенные для более зрелых людей. Разница состоит только в раме, которая для подростков ориентирована на не очень большой рост и вес, а еще есть разница в колесах. Самый большой их размер - 24 дюйма. Подобные велосипеды легкие и максимально компактные.

Целью данной работы является разработать модель двухколесного детского велосипеда для мальчиков от 10 до 15 лет.

При разработке и проектировании велосипеда необходимо учитывать антропометрических особенностей подростков.

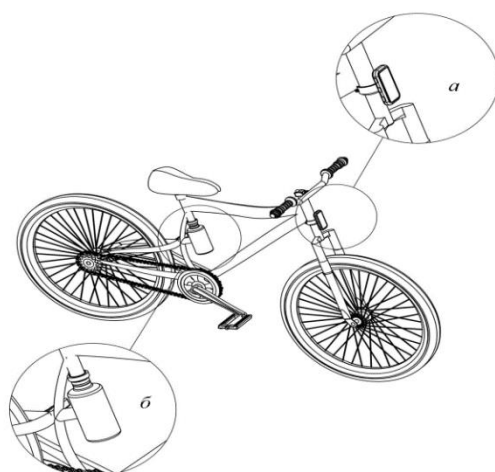


Рис. 2. Эскиз двухколесного велосипеда
а – фонарик, б – бутылка с магнитной крышкой

Несмотря на то, что кататься на велосипеде может быть очень интересно и весело, крутить педали не всегда легко, особенно, если речь идёт о здоровье и безопасности ребенка. При катании на велосипеде особенно важно потреблять много жидкости, во избежание неприятностей с коленями. Бутылка крепится на раму велосипеда с помощью магнитной крышки. Также на корпусе бутылки имеется паз, для надежной фиксации во время езды.

Передний фонарь не является обязательным элементом на велосипеде. Но он выполняет две очень важные функции:

- освещает дорогу велосипедисту;
- обозначает присутствие его самого на дороге для автомобилистов и других участников дорожного движения.

Легко крепятся к раме эластичным ремешком, и работает на подзаряжаемом аккумуляторе. Зарядное устройство с USB портом.

Список литературы:

1. Промышленный дизайн: учебник / М. С. Кухта, В. И. Куманин, М. И. Соколова, М. Г. Гольдшмидт; Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 302 с.

2. Дэвид Херлихи: История велосипеда. Издательство: Новое литературное обозрение, 2009 г. – 504 с.

3. А. П. Ивашенцов: Современный велосипед. Изд. Ф. Е. Щепанского, Санкт-Петербург, 1895

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ТРЕКОВОГО ВЕЛОСИПЕДА

*М.А.Баранов, магистрант гр. 4НМ91
Томский политехнический университет,
634050, г.Томск, пр.Ленина, 30,*

E-mail: mab30@tpu.ru

Научный руководитель – М.С.Кухта, д.ф.н. профессор ОМ ИШНПТ

На сегодняшний день велосипеды занимают одну из ведущих позиций в рейтинге средств передвижения. Данная тенденция не случайна, ведь вопрос сохранения экологии все чаще поднимается в условиях бурного технического прогресса. Кроме того, велосипед – это мобильность и поддержка физической формы, что актуально в городской среде при преимущественно сидячем образе жизни.

Трековые велосипеды (рис. 1) предназначены для езды по велотреку. Однако, в настоящее время ими успешно пользуются в городах и для различных длительных гонок по трассе. Особенность данных велосипедов в том, что они изготавливаются, в основном, из минимального количества деталей для повышения скоростных качеств. Поэтому их конструктив, как и количество аналогов, особо отличаться не будет.



Рис. 1. Трековый велосипед, взятый за основу разработки [1]

Функционал можно расширить, добавив в конструкцию несколько элементов. При этом элементы конструкции будут съемными, что позволит снимать ненужные части для увеличения аэродинамических и скоростных показателей при езде по велотреку.

Основной фактор, требующий дополнения для езды по городу – безопасность. Особенность трекового велосипеда – отсутствие тормозов. Добавив в конструкцию велосипеда V-brake тормоз, можно обеспечить остановку в экстренной ситуации. Тормозной тросик подведен сбоку к верхней части тормозного рычага. Тормозной рычаг сжимает обе части тормоза с картриджными тормозными колодками. Такая система параллельного прижимания колодок позволяет обеспечивать эффективное торможение. Данные тормоза являются наиболее распространенными и легко сменяемыми [2].

Также, в целях обеспечения безопасности передвижения самого велосипедиста и других участников движения, в конструкцию необходимо добавить следующие элементы: зеркала, передний и задний фонари.

Зеркала обеспечат лучшую ориентацию в пространстве для велосипедиста при передвижении. Они позволят получить некоторую информацию о происходящем за спиной [3]. Для установки данных зеркал предусмотрены отверстия в торцах руля.

Передний и задний фонари создают возможность для езды в темное время суток или в условиях плохой видимости, а также являются средством для обозначения велосипедиста и его средства передвижения на дороге [4]. Данные фонари работают на аккумуляторах, заряжаемых с помощью USB-кабеля. Передний фонарь крепится на руле, а задний – на трубе, на которой расположено сиденье.

XIII Международная научно-техническая конференция «Современные проблемы машиностроения»

Для надежного расположения съемных деталей рама велосипеда увеличена (в частности, вилка). На вилке имеются элементы для установки V-brake тормозов.

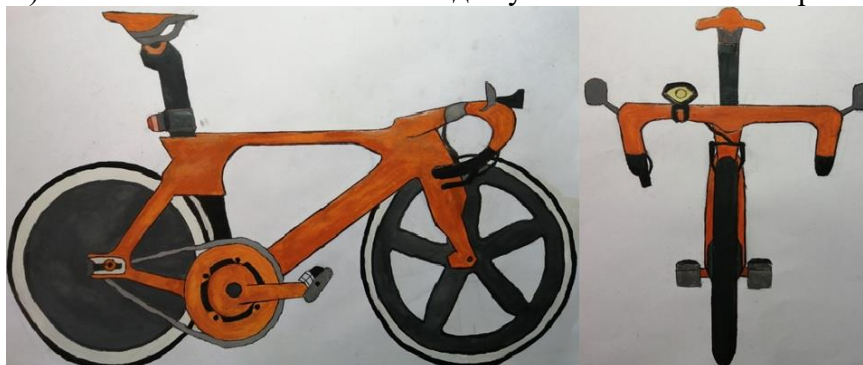


Рис. 2. Разработанная конструкция велосипеда (вид сбоку и спереди)

Разработанная конструкция трекового велосипеда представлена на рис. 2. За основу разработки был взят велосипед, представленный на рис. 1. Основные усовершенствования конструкции направлены на обеспечение универсальности, позволяющие использовать трековый велосипед в городской среде.

Конструкция отличается большими углами наклона рамы, а также хорошими аэродинамическими свойствами и прижимной силой. Отсутствует возможность переключения скоростей. Имеется только одна фиксированная передача. Колесо имеет жесткую фиксацию к педалям с помощью цепи.

Форма переднего колеса – лопастная, форма заднего колеса – дисковая. У трековых велосипедов тормоза отсутствуют, однако этот вопрос решен с помощью добавления в конструкцию съемных V-brake тормозов. Педали обладают шершавой поверхностью с множеством углублений и обеспечивают защиту от соскальзывания. На педалях расположена система креплений – туклипсы. Данные специальные ремешки пристегивают стопу к педали и не позволяют соскользнуть ногам.

Для комфортного и безопасного передвижения по городу в любое время суток и при различных погодных условиях, в конструкцию внесены передний и задний фонарь, а также зеркала заднего вида. Хорошая видимость велосипеда на дороге и на треке обеспечивается использованием в конструкции оранжевого цвета, как основного.

Список литературы:

1. НОВЫЙ PINARELLO МААТ: ОПЫТ ВЕЛОТРЕКА, НАКОПЛЕННЫЙ ДЕСЯТИЛЕТИЯМИ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.provelo.ru/n_reviews/novuj_pinarello_maat_.htm/. – (Дата обращения: 30.04.2020 г.).
2. Велосипедные тормоза. Типы, их преимущества и недостатки [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://forwardvelo.ru/helpful/articles/velosipednye-tormoza/>. – (Дата обращения: 25.05.2020 г.).
3. Какое зеркало для велосипеда выбрать – Corto [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.cortobike.ru/ru/velovestnik/269-kakoe-zerkalo-dlya-velosipeda-vybrat/>. – (Дата обращения: 25.05.2020 г.).
4. Обзор 12 видов лучших велофонарей: принцип работы, как выбрать, характеристики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://vash.market/sport-i-otdyh/velosipedy/velofonari/12-luchshih-velofonarej-printsip-raboty-kak-vybrat-harakteristiki.html/>. – (Дата обращения: 25.05.2020 г.).

КОНЦЕПТ ТРЕХКОЛЕСНОГО ГРУЗОВОГО ВЕЛОСИПЕДА-ФУРГОНА

*Е.А. Кабакаев, студент гр. 4НМ91
Научный руководитель – М.С. Кухта, д.ф.н. профессор ОМ ИШНПТ
Томский политехнический университет,
634050, г.Томск, пр.Ленина,30,
E-mail: egor.kabakaev@mail.ru*

Концепт – это графическое представление конструкции модели, в которой есть идея, но нет полностью проработанной структуры. Поэтому основная задача концепта – быть максимально презентабельным со стороны функциональности, эргономичности и эстетичности [1].

Не смотря на свою основную задачу у грузового велосипеда: перевозка грузов, он также должен обладать вышеперечисленными требованиями, чтобы привлечь какую-либо аудиторию.

Проанализировав отечественный рынок велосипедов, можно сделать вывод, что ассортимент грузовых велосипедов не очень многообразен. В отечественных магазинах представленные модели грузовых трехколесных велосипедов, с грузовым отделением сзади (рис. 1), рассчитанных на не большую грузоподъемность, а также имеющих значительные ограничения по объему вмещаемого груза, можно использовать только для перевозки курьерских посылок не большого объема и массы [2].

Аналоги для моделирования (разработки, доработки и адаптации к условиям эксплуатации) концепта велосипеда брались иностранных марок, т.к. на зарубежных рынках ассортимент грузовых велосипедов значительно разнообразнее.



Рис. 1. Грузовой велосипед с металлической корзиной

Концепт в виде трехмерной модели трехколесного велосипеда-фургона (рис. 2) выполнен в САД системе SOLIDWORKS 2017. Рендеринг модели проводился в SOLIDWORKS Visualize 2017.



Рис. 2. Концепт трехколесного велосипеда-фургона

XIII Международная научно-техническая конференция «Современные проблемы машиностроения»

Разрабатываемый велосипед-фургон предназначен для передвижения одного взрослого человека (18 – 45 лет) при помощи его мускульной силы в пригородной зоне или в сельской местности и перевозки в грузовом контейнере груза.

Конструкция велосипеда-фургона состоит из алюминиевого сплава рамы, передняя часть которой представляет из себя классическое велосипедное исполнение. Сзади – шестиугольная рама для монтирования грузового контейнера. Части рам, для большей надежности, связаны несколькими сопряжениями труб.

Конструкция контейнера представляет собой рамную конструкцию из труб квадратного сечения, также из алюминиевого сплава. К раме при помощи метизов крепятся листы из алюминия или фанеры, в зависимости от конфигурации велосипеда. В задней части контейнера имеется дверь, запирающаяся на замок. Кромки контейнера покрыты обрамлением. По бокам контейнера монтируются пластиковые крылья. Размер контейнера позволяет поместить один груз на поддоне по ГОСТ 33757-2016 [3] или иным способом.

Трансмиссия велосипеда состоит главной приводной звездочки, приводимой в движение через шатун и педали, промежуточного приводного устройства и конечной звездочкой, связанной с одним из валов задней оси велосипеда, а также двух велосипедных цепей. Такая схема трансмиссии позволяет отказаться от дифференциала без потери управляемости (потеря сцепления с поверхностью приводным колесом), т.к. велосипед не подразумевается использовать для езды по пересеченной местности.

Ходовая часть состоит из передней подвески (велосипедный амортизатор) с одним управляемым колесом и задней, жестко закрепленной осью колес. Рисунок протектора шин высокий, позволяющий снизить буксование транспортного средства на участках дороги с отсутствующим асфальтовым покрытием.

Для натяжения, регулировки натяжения цепей и отведения приводной цепи от рамы, в конструкцию включены роликовые натяжители.

Тормозная система представлена двумя фрикционными дисками, тормозными колодками, тросиками и ручкой управления тормозами.

Рулевое управление состоит из стандартных велосипедных частей.

Переднее крыло велосипеда стандартное с добавлением ребер жесткости.

Седло велосипеда спортивное-анатомическое. Крепление и регулировка высоты посадки седла стандартное велосипедное. Для повышения эргономичности посадки, в конструкцию включена мягкая спинка, которая крепится с помощью защелок к креплениям на раме велосипеда.

В заключение, можно констатировать, что концепт велосипеда-фургона может быть основоположником будущего реального прототипа, который можно будет эксплуатировать на территории России. В дальнейшем требуется проведение математических прочностных расчетов элементов конструкции, а также создание опытного образца.

Список литературы:

1. Кухта, М.С. Промышленный дизайн: учебник / М. С. Кухта, В. И. Куманин, М. И. Соколова, М. Г. Гольдшмидт; Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 302 с.

2. Грузовой велосипед // О жизни на велосипеде [Электронный ресурс] URL: <https://velife.ru/vidy-vybor/gruzovoj-velosiped-udobnoe-transportnoe-sredstvo-dlya-samyx-raznyx-gruzoperevozok.html>

3. ГОСТ 33757-2016. Поддоны плоские деревянные. – Введ. 01.05.2017. – М.: Стандартинформ, 2019. – 22 с.

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ РОТАРА ДАРЬЕ

*В.А. Клименов, д.т.н., профессор,
М.С. Кухта, д.ф.н., профессор,
Р.А. Гросу, аспирант гр. А7-26*

*Томский политехнический университет, 634050, г.Томск, пр.Ленина,30,
E-mail: grosu94@inbox.ru*

Во время холодной войны и энергетического кризиса 1970-х годов произошел толчок развития ветряных турбин в связи с их потенциалом в производстве электроэнергии, поскольку на ветроэнергетический ресурс не повлияли политические и экономические ограничения. Уже известной в то время технологией ветряных турбин для производства электроэнергии был ротор с горизонтальной осью вращения, впервые разработанный Полом Куром в Дании в 1891 году [1].

До настоящего времени только конфигурация ротора Дарье, считалась такой же эффективной, как горизонтальный ротор, с коэффициентом полезного действия около 0,5 [2,3]. Однако практическая реализация была сложной задачей для исследователей ротора Дарье. В отличие от лопастей горизонтального ротора, которые имеют относительно постоянный угол атаки (УА) набегающего ветра, лопасти вертикальные подвергаются непоследовательному УА, который быстро изменяется между положительным и отрицательным углами. Кроме того, лопасти вертикальные сталкиваются с турбулентным потоком с подветренной стороны из-за вихрей, создаваемых лопастями, проходящими через наветренную сторону. Эти явления ставят перед конструкторами роторов Дарье сложные аэродинамические проблемы, с которыми не сталкиваются горизонтальные лопасти.

После Первой мировой войны Жорж Дарье, французский авиационный инженер, изобрел ветрогенератор с вертикальной осью вращения, приняв профиль крыльев для лопастей. Он запатентовал конструкцию во Франции в 1925 году и в США в 1931 году и описал принцип работы как биомимикрию птичьих крыльев, заявив: «Таким образом, можно придать этим лопастям участок линии потока, аналогичный тому, что у крыльев птиц, то есть предлагая минимальное сопротивление движению вперед и способное преобразовывать в механическую энергию максимально доступное количество энергии жидкости с помощью полезного компонента поперечной тяги, которой подвергается эта секция». Патент охватывал две основные конфигурации: изогнутые и прямые лезвия, как показано на рис.1.

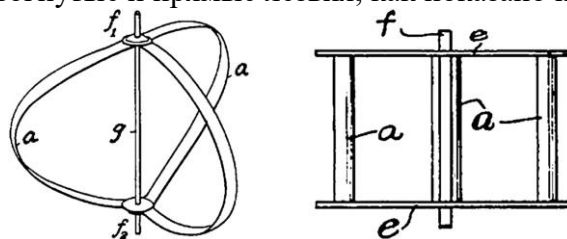


Рис. 1. Оригинальные иллюстрации Ж. Дарье в патенте 1931 года: изогнутые лезвия (слева) и прямые лезвия (справа). Обозначения на рисунке: (а) $\frac{1}{4}$ лопасти, (е) $\frac{1}{4}$ опорные пластины, (f1) и (f2) $\frac{1}{4}$ ступицы, (f) и (g) $\frac{1}{4}$ вал ротора

Ж. Дарриус не упомянул конкретную опорную структуру для своего изобретение в патенте. Однако конфигурация изогнутых лопастей с опоры для кабелей или растяжек были очень популярны из-за интенсивного исследования в США и Канаде. Тем не менее, некоторые поддерживают конструкции были реализованы как для изогнутых, так и для прямых лопаток ротора Дарье, как показано на рис. 2. Хотя иллюстрации на рис. 2 изображены с использованием изогнутых лопаток, это применимо для конфигурации с прямыми лопастями.

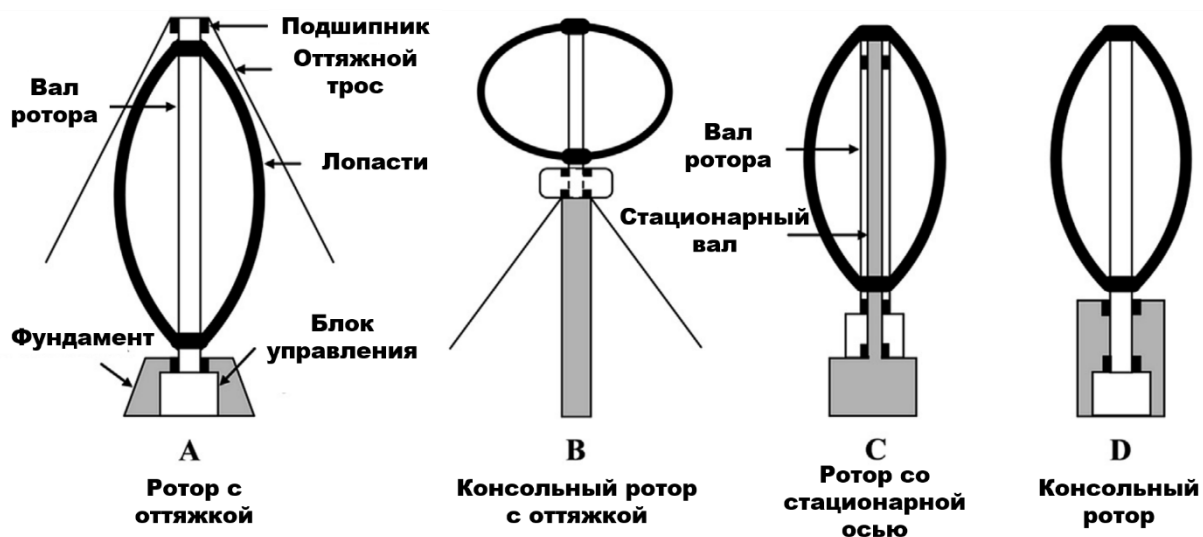


Рис. 2. Типы опорных конструкций для ротора Дарье с изогнутыми и прямыми лопастями

Опора оттяжек (А) широко используется для ф-ротора. Оттяжные тросы не могут быть легко установлены поверх вала ротора в конфигурации с прямыми лопастями без удлинения вала ротора или использования опорных рычагов для тросов. В качестве альтернативы для конфигурации с прямыми лопастями использовалась комбинация консольной опоры и растяжек (В). Опора растяжек в последние годы была менее предпочтительной из-за ряда недостатков, включая повышенную осевую нагрузку на подшипники из-за натяжения проволоки в (А), вибрации индуцируется ротором и ветром, а также требуется большая площадь суши для смонтировать провода [2]. Для установки на мачте (С) требуется индивидуальный генератор для конкретной мачты, поскольку обмотки статора генератора установлены на неподвижном валу мачты, а ротор генератора прикреплен к нижней ступице вала ротора. Кроме того, отношение диаметра неподвижного вала к высоте предпочтительно составляет примерно 0,01-0,02. Консольный ротор (D) был использован с большим успехом. Он имеет ряд преимуществ по сравнению с другими типами из-за простоты изготовления и обслуживания. Производство компонентов является гибким, поскольку трансмиссия не встроена в узлы ротора и статора, как в (С). Кроме того, трансмиссия снимается для упрощения обслуживания на месте [1]. Среди этих четырех типов – консольный ротор, скорее всего, будет доминировать в будущем развитии ротора Дарье.

Список литературы:

1. Ветроэнергетика : пер. с англ. / под ред. Д. де Рензо. — Москва: Энергоатомиздат, 1982. — 271 с.: ил..
2. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: учебное пособие / Р.В. Городов, В.Е. Губин, А.С. Матвеев – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 113 с.
3. Darrieus G.J.M. Turbine having its rotating shaft traverse to the flow of the current, US Patent No. 1,835,018; 1931.
4. Hau E. Wind turbines: fundamental, technologies, application, economics. 2nd ed. Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg; 2006.
5. Templin RJ. Design characteristics of the 224 kW Magdalen Islands VAWT. SEE N80e16453 07-44. NASA Lewis Research Center; 1979.
6. Johnson GL. Wind energy systems. Prentice-Hall; 1985.

ВЫЯВЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПРИНЦИПОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОРПУСА СОВРЕМЕННОГО ТУРИСТИЧЕСКОГО БИНОКЛЯ

А. В. Куклина, студент гр. 8ДМ91

Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр.Ленина,30,

тел.(3822)-606-333

E-mail: 20108912@mail.ru

В современном мире с развитием новых технологий стремительно растет актуальность промышленного дизайна, определяющего внешний вид бытовых предметов, окружающих человека. Процесс проектирования ориентируется на новейшие технологии, материалы, запросы потребителей, а также на современные тренды в сфере дизайна. Потребительский спрос товара на рынке, несомненно, зависит от его эстетической привлекательности, удобства использования и функциональности [1].

Первый бинокль был изобретен еще в 17 веке итальянским ученым Г. Галилеем, и на сегодняшний день этот прибор широко распространен в различных сферах деятельности человека. Они необходимы в процессе наблюдения за природой, животными, астрономическими объектами, а также во время охоты, рыбалки, розыскных и спасательных работах. Однако можно заметить, что спрос на бинокли, например, среди туристов не очень высокий. С улучшением фотокамер современных смартфонов развивается не только тенденция отказа от классических фотоаппаратов, но и повышенная потребность в любительской съемке. В связи с этим в багаже современного туриста чаще всего окажется смартфон с хорошей камерой или цифровой фотоаппарат, а не бинокль для наблюдения за природными пейзажами.

Возможно, одной из причин этой проблемы является редкое появление, а то и отсутствие, современных форм и конструкций биноклей. Несмотря на развитие оптических характеристик используются не очень привлекательные цветовые решения, одни и те же материалы покрытия корпуса. Несомненно, данный факт влияет на потребительский спрос товара.

В процессе анализа конструкции корпуса биноклей на российском рынке можно выявить низкую конкурентоспособность с некоторыми зарубежными аналогами, так как большая часть биноклей идентична по форме, материалам и цветовым решениям.

Например, монокуляр МП2 8х30М «Байгыш» Казанского оптико-механический завода имеет защищенный корпус из металла с рифлением для удобного использования [2]. Однако данная конструкция идентична найденному образцу монокуляра, произведенному примерно в середине прошлого века. Получается, что оптические характеристики бинокля развиваются и улучшаются, а внешний вид не особо меняется (рис. 1). Данный пример демонстрирует проявление морального износа изделия, так как внешний вид бинокля «Байгыш» не соответствует современным тенденциям промышленного дизайна, что, несомненно, сказывается на привлечении внимания пользователей.



Рис. 1 Монокуляр МП2 8х30М «Байгыш» и найденная модель монокуляра прошлого века

Стоит отметить, что для повышения потребительского спроса важно, чтобы устройство выглядело эстетично.

В качестве примера можно проанализировать бинокль Sailor от компании Delta Optical, отличающийся от остальных защитным покрытием ярко-желтого цвета, который, несомненно, привлекает внимание. Материал корпуса имеет участки с рифлением для надежного использования. Объективные линзы углублены от торцов корпуса на 12 мм, что создает защиту от загрязнения случайными отпечатками пальцев и попадания капель при наблюдении во время дождя. (рис. 2) [3].

Бинокль Everest от голландской компании XD Design (Xindao) доступен в трех цветовых решениях и имеет складную конструкцию из ABS-пластика для компактного расположения в защитном футляре (рис. 2) [4].

Бинокль Aculon T01 от компании Nikon отличается стильным пластиковым корпусом, представленным в следующих цветовых вариантах: красный, синий, оранжевый, белый, черный. Легко расположить глаза в правильной точке зрения позволяют поворотные и скользящие резиновые наглазники. В комплект входит чехол, с возможностью крепления на ремень (рис. 2) [5].



Рис. 2. Бинокли Delta Optical Sailor (а), Everest (б), Nikon Aculon T01 (в)

Проанализированные образцы отражают современный подход к дизайн-проектированию корпуса туристического бинокля. Очевидно, что рассмотренные модели биноклей от зарубежных производителей выбиваются из остальной серой массы данных устройств, благодаря своему эстетичному внешнему виду.

Современный бинокль может стать незаменимым и удобным устройством во время туристического похода или путешествия, с помощью которого можно увидеть яркое и детальное изображение объектов. Для качественной модернизации корпуса бинокля необходимо разработать оригинальную конструкцию с учетом технологий производства и характеристик выбранных материалов. Также важно проанализировать цветовые решения и рассмотреть новейшие тренды в сфере дизайна. Выявленные принципы проектирования корпуса биноклей позволят повысить их конкурентоспособность и уровень потребительского спроса среди современных пользователей.

Список литературы:

1. Кухта, М. С. Промышленный дизайн: учебник / М. С. Кухта, В. И. Куманин, М. Л. Соколова, М. Г. Гольдшмидт; под ред. И. В. Голубятникова, М. С. Кухты. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 312 с.
2. Интернет-магазин продукции АО «КОМЗ» [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.komz-shop.ru/> (дата обращения: 25.05.2020).
3. Обзор бинокля Delta Optical Sailor 8x42 [Электронный ресурс]. – URL: https://astromagazin.net/ru/publications/read/12-40-215_obzor-binoklja-delta-optical-sailor-8x42 (дата обращения: 25.05.2020).
4. Бинокль Everest [Электронный ресурс]. – URL: <https://xindaorussia.ru/catalog/dir-otdyh-otdyh-na-prirode/product-p412450.html> (дата обращения: 25.05.2020).
5. ACULON T01 10X21 BINOCULAR RED [Электронный ресурс]. – URL: <https://roughgear.com/products/18208082698> (дата обращения: 25.05.2020).

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДВУХ CAD-СИСТЕМ

*П.А. Неверов, студент гр. 0А95,
С.В. Романова, старший преподаватель
Томский политехнический университет, 634050, г.Томск, пр.Ленина,30,
тел.(3822)-606060-5265
E-mail: romanova@tpu.ru*

Во многих сферах, связанных с дизайном, с проектированием изделий, как правило, применяются CAD-системы, необходимые для создания и дальнейшего проектирования моделей. В данной статье стояла задача сравнить две таких системы при создании моделей деталей и отличие их функциональных возможностей. Для сравнения были выбрана пакеты: T-FLEX CAD и Autodesk Inventor. Базовый функционал T-FLEX CAD и Autodesk Inventor идентичны. Интерфейс T-FLEX CAD представляет из себя не сложный в освоении набор базовых функций, необходимых для создания простых изделий и моделей. В данной системе присутствует широкий набор дополнительных возможностей: функция поверхностного моделирования, сглаживание граней, деформация. А так же для упрощения работы в приложении присутствует динамический анализ, модуль оптимизации, модуль спецификации. Аналогичными характеристиками обладает интерфейс CAD-системы Autodesk Inventor, он очень прост в освоении и подойдет абсолютно всем, даже неопытным пользователям. Обобщая выше сказанное, можно указать, что интерфейс в обеих рассматриваемых системах интуитивно-понятный. И пользователь, знакомый с проектированием в одной системе, интуитивно сможет создать модель в другой системе.

Хотелось бы уточнить, что T-FLEX CAD является гибкой в проектировании программой. Пользователю доступна полная свобода выбора действий. Он может начать как с самого начала (создать параметрический чертёж), так и со сборки узла сразу в 3D, а уже затем создание 2D документации. В то время как Autodesk Inventor не обладает подобной возможностью, он позволяет приступить к созданию чертежа только после создания 3D-модели.

Если сравнивать функционал и полные возможности каждой из представленных CAD программ, то можно отметить ряд характерных особенностей для каждой из них.

T-FLEX CAD - система для создания сложных моделей изделий, состоящих из множества деталей. Его функционала хватает для создания полноценной анимированной модели. Много команд, которые позволяют комфортную и быструю работу со сборкой. В отличие от других CAD-систем, при создании в 2D проектировании пользователь может комбинировать методы сборки, т.е. идти от детали к сборке или от сборки к детали. Ещё одним отличием от аналогичных CAD-систем, T-FLEX использует единый формат файлов во всех видах документов, что непосредственно упрощает использование данной программы.

Autodesk Inventor - не менее функциональная программа, в которой можно не только создать 3D проект изделия, но и выполнить расчет воздействия сил деформации или другой нагрузки на деталь или сборку. Одно из преимуществ - это создание литьевых форм и оснастки. Еще одним преимуществом является среда для создания трубопроводов, которая помогает проектировать стандартные проекты труб и шлангов.

Рассмотрим процесс создания простейшей модели в системах T-FLEX CAD и Autodesk Inventor. Следует заметить, что процесс создания детали в каждой из рассматриваемых систем проектирования идентичен. Создается эскиз контура детали или его части, и на основе построенного эскиза выполняются команды моделирования. В зависимости от сложности проектируемой детали, при ее создании, возможно, выполнять несколько эскизов в разных плоскостях, образующих поверхность модели.

При запуске Autodesk Inventor нас встречает главный экран.

XIII Международная научно-техническая конференция «Современные проблемы машиностроения»

В начале работы необходимо выбрать главные оси, относительно которых будет происходить процесс создания модели. После задания размеров на эскизе детали при помощи инструмента «вращение» создаём объёмную модель будущей детали. Выбираем нужную грань и вновь задействуем команду «Эскиз». Таким образом, на выбранной поверхности появляется возможность создать необходимые изменения. При помощи команды «выдавливание» задаём необходимые параметры и создаём отверстия. После всех преобразований получаем готовую деталь (рис. 1).

Изначально работа в T-FLEX CAD очень схожа с работой в Autodesk Inventor. Нужно выбрать оси, затем создать 2D эскиз относительно выбранных осей и проставить размеры, чтоб задать размер детали. Дальше применить операцию «вращение». После этого мы должны получить начальную 3D модель, которую остаётся лишь обработать. Обработка осуществляется с помощью команды «Сглаживание рёбер», выделив нужные рёбра, задавая массив и указывая необходимые параметры. После этого аналогично Autodesk Inventor выбирается плоскость для создания отверстий в детали или добавления других изменений требуемых для завершения модели (рис. 2).

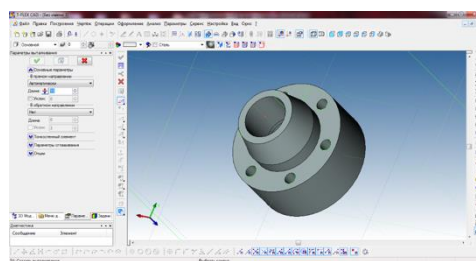
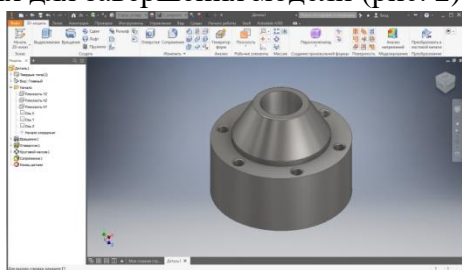


Рис. 1. Модель детали Autodesk Inventor

Рис. 2. Модель детали T-FLEX CAD

При создании модели в рассматриваемых двух системах большого отличия не выявлено. Принцип и выполнение команд во многом схожи. Явным преимуществом T-FLEX CAD является более сложная, а главное более функциональная панель инструментов, что дает возможность создания собственного интерфейса, баз данных и программирования внутри программы. Все это позволяет сделать относительно самостоятельную программу, которая способна решать узконаправленные задачи и помогает пользователю быстрее выполнить поставленную цель.

Autodesk Inventor имеет несколько преимуществ, которые определяют CAD, как удобную в использовании программу, которая поможет подготовить новых специалистов, благодаря своему более простому интерфейсу. Не смотря, на относительную простоту, его нельзя назвать примитивной программой, ведь его функционала хватает для выполнения серьёзных проектов, который требуют ответственный подход.

Список литературы:

1. Основы T-FLEX CAD [Электронный ресурс] // Основы T-FLEX CAD. Построение простой детали - Метод 1. URL: <https://3dtoday.ru/blogs/whd3/the-basics-of-tflex-cad-a-simple-construction-details-method-1/>
2. Компьютерное проектирование: Лабораторный практикум по компьютерному моделированию в САПР Autodesk Inventor для студентов всех специальностей / С.П. Буркова, Г.Ф. Винокурова, Р.Г. Долотова. Томск: Изд. ТПУ. 2013. -183 с.

ОСОБЕННОСТИ ДИЗАЙН-ПРОЕКТИРОВАНИЯ КРЕСЛА-ОПОРЫ ДЛЯ ДЕТЕЙ ОТ 7 ДО 14 ЛЕТ

Ю.П.Хмелевский, ст. преподаватель ОАР ИШИТР ТПУ

Л.Ю.Ткачева, студент гр. 8ДМ01

Томский политехнический университет, 634050, г.Томск, пр.Ленина,30,

E-mail: leleika26@mail.ru

В настоящее время дизайн-проектирование медицинского оборудования является одним из актуальных направлений промышленного дизайна. В целях создания оптимальных условий для организаций образовательного процесса среди детей с ограниченными возможностями здоровья, союз реабилитологов России рекомендует использовать оборудование, позволяющее учащемуся удобно и ортопедически правильно располагаться во время учебного процесса [1]. По данным Федеральной службы государственной статистики около 85% детей школьного возраста имеют нарушения опорно-двигательного аппарата, из которых 75% приходится на заболевание деформации позвоночника (сколиоз) и 20% на детский церебральный паралич. [2]. Наиболее уязвимой группой при развитии сколиоза являются школьники от 7 до 14 лет, поскольку в данный период происходит формирование костей позвоночника [3]. Целевой аудиторией разрабатываемого кресла-опоры являются дети школьного возраста от 7-14 лет с нарушениями опорно-двигательного аппарата. Данная возрастная категория наиболее подвержена заболеваниям опорно-двигательного аппарата, поскольку в этом возрастном промежутке происходит основное формирование скелета. Использование кресла-опоры позволяет придать оздоровительное, ортопедически верное положение.

На сегодняшний день рынок кресел-опор имеет различные вариации по габаритам, возрастным границам, а также по функционалу объекта.

Некоторые модели не представлены в деталях. По результатам исследования аналогов кресел-опор различных производителей, было выявлено отсутствие регулируемых параметров у некоторых моделей. Наиболее часто используемым является регулировка подлокотников. Средней нагрузкой на объект является масса 60 кг. Также были отмечены модели с художественным образом, что является преимуществом по отношению к другим, поскольку задействование художественного образа для возрастной категории пользователей от 7 до 14 лет играет значительную роль в процессе пользования и реабилитации [1].

В ходе работы, было проведено исследование по выявлению наиболее регулируемых зон кресла-опоры.

Кроме того, были сделаны выводы по задействованию материалов в объекте, и выявлена зависимость их применения от зоны соприкосновения. Для наглядности полученные данные были изображены на рисунке 1.



Рис. 1. Зонирование областей касания пользователя

XIII Международная научно-техническая конференция «Современные проблемы машиностроения»

Синим цветом обозначены зоны минимального касания пользователя. Такие зоны обычно составляют каркас конструкции и выполняются из особо прочных материалов. Наиболее используемыми материалами являются дерево и металл. Объекты из древесины отличаются экологичностью, прочностью и обладают тактильно приятной поверхностью.

В качестве материала изготовления зачастую используют обработанную фанеру, отличающуюся стойкостью покрытия к санитарно-гигиенической обработке, механическим повреждениям, а также приятными ощущениями при тактильном контакте.

Так же важно учесть стойкость поверхности к влаге, что может вызывать проблемы при использовании объекта из-за смены климатического пояса, а также при необходимой влажной уборке кресла-опоры. Преимуществом данного материала является лёгкость обработки и пластичность, что влияет на получение необходимой формы будущего изделия. Красным цветом отмечены зоны наиболее частого соприкосновения с пользователем, где наиболее применимы материалами с тактильно приятной и при этом гигиенически обрабатываемой поверхностью.

В ходе изучения используемых материалов в аналогах, было решено выбрать два типа материалов в зависимости от ценовой категории конечного продукта. В бюджетном варианте в качестве каркаса была выбрана стальная нержавеющая труба, ее зоны использования изображены синим цветом на рисунке 5. Для более высокой по стоимости модели было решено использовать алюминиевую трубу для изготовления каркаса, материал отличается легкостью и при этом прочностью.

Таким образом, в ходе изучения статистических данных по заболеваниям опорно-двигательного аппарата, аналогов и антропометрических данных, был сформулирован ряд критериев, необходимых для дальнейшей разработки кресла-опоры:

- возрастные рамки: дети от 7 до 14 лет, поскольку именно в данном возрасте происходит основное формирование костей позвоночника.
- наличие раздвижных элементов для возможности настройки объекта под различных пользователей.
- зоны касания пациента кресла-опоры

Список литературы:

1. Утвержденные клинические рекомендации ассоциации реабилитологов России // <https://rehabrus.ru/klinicheskie-rekomendaczii.html> (дата обращения: 07.02.20).
2. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс] // gks.ru – 2001-2020. – URL: <https://www.gks.ru/folder/13721> (дата обращения: 10.02.2020).
3. Товары для инвалидов и реабилитации [Электронный ресурс] // invamarket.ru – 2017. – URL: <http://invamarket.ru/product/stul-ortopedicheskij-detskij-opora-dlja-sidenija-sn-370102-90-115-sm/?from=ya> (дата обращения: 12.02.2020).

РАЗВИТИЕ СРЕДСТВ ОРИЕНТАЦИИ СЛЕПОГО В ПРОСТРАНСТВЕ

К.А. Раисова, студентка гр.5А8А

А.П. Соколов, к.т.н., доцент

Томский политехнический университет, 634050, г.Томск, пр.Ленина,30,

тел.(3822)-606-306

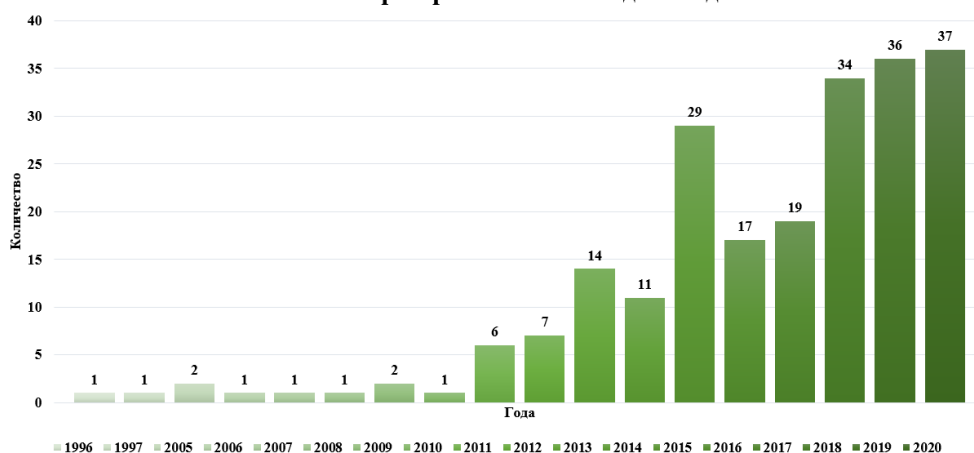
E-mail: raisova04@mail.ru

Настоящее время характеризуется увеличением разнообразия средств ориентации слепых в пространстве (далее сокращенно средства ОСП). В данной работе использован анализ патентной, научной и публицистической литературы. Патентная литература имеет преимущество, т.к. упрощает систематизацию необходимой информации.

Патентный поиск показал, что средство ОСП в виде посоха практически замещено комплексом приборов, располагаемых на теле слепого. Предпочтение при этом отдаётся устройствам, которые располагаются на голове. Иллюстрации таких устройств в патентной литературе напоминают шлем космонавта и хоккейного вратаря. Так как в описании устройств средств ОСП часто употребляется термин «шлем», то мы и будем употреблять выражение «шлем ОСП».

Патентный поиск показал резкое увеличение средств ОСП за 20 лет XXI в (рис. 1). Следовательно, данная тема является весьма актуальной, что и обусловило проведение нами специального исследования.

**Количество зарегистрированных патентов на средства ориентации
слепого в пространстве за последние годы**



Устройство шлема ОСП можно разделить на три основных блока: блок сбора и переработки информации об окружающем пространстве; блок передачи информации слепому; блок передачи информации окружающим людям. В зависимости от состава этих блоков шлем ОСП может в упрощённом варианте выполнять роль поводыря, а в идеальном случае мог бы выполнять функцию виртуального зрения. Во втором случае проблемным является блок передачи информации слепому. Исследования ведутся в направлении передачи информации тактильным способом, звуком, а также электрическими импульсами прямо в мозг. При отсутствии рекламной информации о производстве шлемов ОСП можно сделать вывод, что не сформирован оптимальный способ передачи информации слепому.

Авторы сделали свой вклад в разработку средств ОСП. Подана заявка на полезную модель – шлем ОСП. Он отличается от других прототипов тем, что предлагаемая модель имеет блок тактильных сигналов, который позволяет расширить представления у слепого о различных предметах и объектах окружающей действительности, а также получать информацию о характере препятствия. Шлем имеет светоизлучающий элемент в виде светодиодной ленты с

мерцающим светом, предупреждающий окружающих людей о движении слепого, и который также играет роль эстетического элемента [1].

Учитывая возрастание эстетического фактора в форме шлема ОСП, были проанализированы шлемы из различных областей. По эстетике и конструкции к шлему ОСП близким оказался шлем хоккейного вратаря. Их объединяет следующее: основным функциональным предназначением является защита человека от окружающей его опасности; выбор шлема индивидуален и зависит, в первую очередь, от формы головы; широкие возможности новых эстетико-технических решений [2].

С эстетической точки зрения шлем ОСП отличается от шлема хоккейного вратаря. Многое зависит от стиля и используемых материалов [3], а также способов обработки лицевых поверхностей [4].

Перспективным является разработка устройств и способов быстрой подгонки формы шлема ОСП под голову конкретного человека. В этом случае возрастает область производства составных шлемов. Патентный поиск показал увеличение патентования составных шлемов [5]. Одной из причин данного процесса считается применение так называемого «злого патента», т.е. формируется формула изобретения на основе несущественных признаков, которые в совокупности образуют искаженное представление непосредственного новшества, тем самым в результате получают патент на свою разработку. Второй причиной может являться желание утвердить за собой данную область [6].

Важным фактором совершенствования шлемов ОСП является технология их изготовления. 3D-печать имеет ограничения, связанные с монтажом трёх основных блоков, особенно блока передачи информации слепому [7]. Литьё в пластавтоматах требует создания форм для литья, что оправдано только при массовом производстве составных шлемов ОСП [8], в которых предусмотрена быстрая регулировка деталей.

Список литературы:

1. Кухта М.С., Казьмина О.В., Соколов А.П., Пелевин Е.А. Технологии соединения стекла и металла в объектах дизайна // [Дизайн. Теория и практика](#). – 2014. – № 18. – С. 51-61.
2. Соколов А.П., Кухта М.С. Исследование технологий неразъёмных соединений в художественной обработке металла // [Известия высших учебных заведений. Физика](#). – 2012. – № 5/2. С. – 258-262.
3. Кухта М.С. Философия процесса визуального восприятия объектов дизайна // [Вестник ВЭГУ](#). – 2013. – № 3 (65). – С. 101-107.
4. Кухта М.С. Смысловая ёмкость вещи в дизайне // [Труды Академии технической эстетики и дизайна](#). – 2013. – Т. 1. – № 1. – С. 31-33.
5. Sokolov A.P., Kukhta M.S., Pelevin E.A. Modern technologies of decorative surface treatment // [Proceedings of 2014 International Conference on Mechanical Engineering, Automation and Control Systems, MEACS 2014](#). – 2014. – С. 6986951.
6. Бердичевский Е.Г. Поиск визуального образа при дизайн-проектировании в стиле фантазийного реализма // [Труды Академии технической эстетики и дизайна](#). – 2018. – № 1. – С. 5-7.
7. Родионов А.В., Основные методы и технологии литья пластмасс под давлением // [Экономика, менеджмент, инновации](#). – 2018. – №2. – С.75-81.
8. Э. Кэнесс, К. Фонда, М. Дзеннаро, Доступная 3D печать для науки, образования и устойчивого развития. – 2013. Э. Кэнесс, К. Фонда, М. Дзеннаро, Доступная 3D печать для науки, образования и устойчивого развития. – 2013. – 192 с.

РОЛЬ ВИЗУАЛЬНОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ДИЗАЙН-ПРОДУКТА В ЕГО ПРОДВИЖЕНИИ НА РЫНКЕ

Ю.С. Ризен, старший преподаватель.,

П. О. Тен, студент гр. 8Д71

Томский политехнический университет, 634050, г.Томск, пр.Ленина,30,

E-mail: pot1@tpu.ru

В наши дни существует множество фирм, которые предлагают схожие товары и услуги, соперничая друг с другом за рынок сбыта. Поэтому становится важным продвижение дизайн-продукта (товара или услуги). Данная статья посвящена инструментам визуальной коммуникации, используя которые можно успешно продвигать дизайн-продукт на рынке. Исследование психологии потребителя в контексте создания рекламных материалов

Любая реклама будет эффективной и достигнет цели лишь в том случае, если при её создании учитывались особенности человеческой психики и человеческого восприятия. В качестве модели восприятия рекламы принято считать AIDMA model [274]:

Attention – Внимание – привлечение внимания потребителя;

Interest – Интерес – пробуждение и удержание интереса аудитории;

Desire – Желание – стремление потребителя опробовать рекламируемый товар;

Motive – Мотив – стимуляция какого-либо эмоционального состояния;

Action – Действие – побуждение к действию, направляя к нужным действиям.

Для того, чтобы достигнуть своей цели, реклама должна отвечать принципу целостности [0] – все элементы рекламной продукции взаимодействуют с друг другом, создавая общий эффект, который будет влиять на потребителя [3]. Разработка и оптимизация цветового решения для любого товара является одной из важнейших проблем [4]. Особенно актуальна данная проблема для отечественных брендов, так как на территории России наблюдается большое количество уникальных социальных, демографических и культурных различий у населения страны.

Оптимальным цветовым вариантом для рекламной продукции является сочетание из двух цветов. Со временем подобранные цвета становятся фирменной цветовой гаммой бренда. Однако, есть некоторые цвета, ассоциирующиеся с целыми сферами, например, красный для ресторанов быстрого питания, голубой для туристических компаний, зеленый для здорового питания и т.д.

Взаимосвязи психологии восприятия потребителем цвета, формы, пропорций

На примере успешных брендов будет проводиться анализ, каким образом визуальное представление дизайн-продукта действительно может помочь различным компаниям в увеличении продаж, будет выделено несколько условий, которые помогут выстроить действенную визуальную коммуникацию с потребителями.

Необходимо учитывать специфику предметной области, в которой находится компания. Например, по дизайну продукция Apple отличается минимализмом. Любой элемент корпуса устройства функционален – это базовый принцип компании. Такой же принцип применяет компания в своей рекламе и рекламной продукции (рис. 1, а [5]). Белый цвет подходит и для минималистичных брендов, и для тех случаев, когда нужно объединить множество ярких цветов. Презентуя свои новые устройства, Apple используют черный фон (рис. 1, б [5]). Черный цвет подходит для тех брендов, которые хотят подчеркнуть изысканность и показать, что товар дорогой, ведь продукция, выпускаемая компанией Apple является одной из самых дорогих в своей категории. На черном фоне презентационного слайда размещаются только самая необходимая информация.

XIII Международная научно-техническая конференция «Современные проблемы машиностроения»

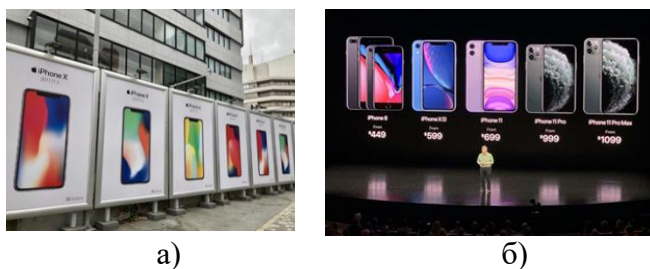


Рис. 1. Реклама Apple, а – 2017 год, б – 2019 год

Изначально, фирменный стиль компании McDonalds' был представлен двумя цветами – желтым и красным (рис. 2, а [6]). В 2016 году компания стала использовать темно-зеленый и желтый цвета, в оформлении зданий присутствуют деревянные элементы, что делает образ компании более экологичным (рис. 2, б [6]). Такие изменения в фирменном стиле компании были связаны с тем, что у большинства людей данная сеть стала ассоциироваться с проблемами лишнего веса [7]. Все ключевые изменения фиксируются в рекламе, оформлении зданий, для того, чтобы привлечь приверженцев здорового питания. Этот маркетинговый ход оказался успешным. Продажи McDonalds' продолжают увеличиваться в среднем на 5% в год.



Рис. 2. Экстерьер ресторана McDonalds', а - до 2016 года, б – после 2016 года

Необходимо учитывать целевую аудиторию компании, для которой планируется создание визуальной коммуникации. От этого уже зависит выбор многих составляющих визуального представления дизайн продукта, в том числе цвета и формы.

Выделенные взаимосвязи между основными элементами визуального представления дизайн-продукта, которые были уставлены с помощью анализа психологического воздействия разных элементов на потребителей и работ известных компаний, являются полезным и действенным инструментом при визуальном представлении продукта, относящегося к различным видам дизайна.

Список литературы:

1. Arthur Frederick Sheldon, The Art of Selling for Business Colleges, High Sch. of Commerce, Y.M.C.A. Classes & Private Students, 2011
2. Почепцов Г.Г. Теория коммуникации. – М., 2001.
3. Мокшанцев, Р. И. Психология рекламы: учеб. пособие / Р. И. Мокшанцев. – Москва, Новосибирск: Инфра-М, Сибирское соглашение, 2009. – 230 с. АвторЗ. Источник.
4. Тараненко В. И. Разоблаченный логотип, или Психогеометрия. Киев: Мультимедийное издательство Стрельбицкого 2013. – 270 стр.
5. Официальный сайт «Apple» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.apple.com/ru/> (дата обращения: 27.05.2020)
6. Официальный сайт «McDonalds'» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://mcdonalds.ru/> (дата обрвщения: 27.05.2020)
7. Официальный сайт «Ведомости» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.vedomosti.ru/business/articles/2009/11/24/mcdonalds-perekrashivaetsya-v-zelenyj,-chtoby-podcherknut-svoyu-jekologichnost> (дата обращения: 27.05.2020)

**РОЛЬ НАЧЕРТАТЕЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ В СТАНОВЛЕНИИ РАЗВИТИЯ
МЫШЛЕНИЯ БУДУЩЕГО ИНЖЕНЕРА**

С.В. Романова, старший преподаватель,

Н.А. Атепаева, старший преподаватель

Томский политехнический университет, 634050, г.Томск, пр.Ленина,30,

E-mail: romanova@tpu.ru

При получении высшего образования любой человек развивается, формируется его мышление. При получении инженерного образования первым толчком к развитию технического мышления служит изучение и решение задач по начертательной геометрии. Начертательная геометрия это одна из уникальных дисциплин, которая развивает качества, помогающие в дальнейшем успешно и оперативно справляться с поставленными пространственными задачами. Рассмотрим, какие сложности возникают у студентов при изучении дисциплины, что приносит данный раздел дисциплины будущему специалисту. Нужно заметить, что начертательная геометрия, это одна из немногих дисциплин, которая преподавалась с открытия технических ВУЗов и дошла до наших дней. Сам раздел входит в общий курс дисциплины «Инженерная графика» и является основой для дальнейшего успешного изучения предмета.

«Начертательная геометрия» способствует развитию пространственного представления и мышления человека, которое обеспечивает создание трехмерных образов и оперирование ими в процессе решения практических и теоретических задач. Никто не утверждает, что начертательная геометрия только лишь учит пространственному представлению, она развивает это качество, заложенное при рождении человека. При решении задач по начертательной геометрии формируется умение пространственного видения объектов, т.к. студент постоянно пытается представить геометрические образы, что в дальнейшем облегчает специалисту (инженеру, конструктору, дизайнеру) мысленное моделирование любого объекта. Но пространственное мышление необходимо формировать на задачах преобразования чертежа, это развивает гибкость ума и является основой всех образов и любых операций над ними. Это способствует поиску решения поставленной задачи, моделируя в воображении образами.

За последнее время объем изучаемых дисциплин вырос, поэтому в учебном плане количество часов на изучение начертательной геометрии уменьшилось. В Томском политехническом университете (ТПУ) раздел «Начертательная геометрия» изучается 2 месяца (14 аудиторных часов) с момента начала обучения в вузе. За такой короткий промежуток времени студенты, конечно, не могут изучить этот раздел дисциплины в полном объеме, и сложно говорить о качественном развитии пространственного мышления. Но если у студента были его задатки, то он успешно проходит данный курс, пополняя свой багаж знаний, студент развивает способности пространственного представления, заложенные у него природой, и учится применять их при решении различных задач.

Развитие пространственного мышления начинается с простейших геометрических образов. Конечно, сначала представление в пространстве многим студентам дается с трудом, но начиная с представления точки, и постепенно переходя к более сложным объектам, такое представление дается все легче и легче.

Любая задача поставленная инженеру-специалисту в будущем на рабочем месте, начинается с мозговой деятельности, с выстраивания конечного образа-результата и затем с поиска решения этой задачи. Начертательная геометрия это первый шаг для развития пространственного мышления и создания мысленной модели объекта.

На занятиях по начертательной геометрии студент больше учится решать типовые задачи, а, следовательно, творческие компетенции у будущих специалистов остаются не развитыми в требуемой мере. Это качество может компенсировать участие в предметной олимпиаде, которая развивает не только интеллектуальные способности, но и творческие, помогает раскрыть креативность мышления студента. Во время подготовки к олимпиаде, как студенты,

XIII Международная научно-техническая конференция «Современные проблемы машиностроения»

так и преподаватели развивают свои интеллектуальные, творческие способности, личностные и профессиональные качества, осваиваются нормы и ценности человеческого общения. Моральное удовлетворение приносит возможность нахождения правильного решения задачи. Участие в олимпиаде это опыт победы и поражения в соревнованиях, возможность испытать свои силы, повысить уверенность в себе и своих знаниях. Участие в олимпиаде приносит не столько радость победы, сколько умение справиться с поставленной задачей. Для студентов первого курса олимпиада это один из факторов мотивированности при изучении дисциплин. Это значимый элемент организации творческой учебно-познавательной деятельности в высшей школе. При решении олимпиадных задач также выявляется умение нестандартно мыслить, и находить решение в стрессовой ситуации, брать на себя ответственность за использование полученных знаний. При подготовке к участию в олимпиаде, у студента сильнее развиваются приобретенные на занятиях качества пространственного мышления, умение творчески подходить к задаче. Усиливается развитие таких компетенций, как: способность к самостоятельному обучению новым методам исследования, способность эффективно работать как индивидуально, так и в качестве члена команды, в том числе объективно оценивать свои силы и адекватно относиться к мнению других студентов при совместной работе. У студента вырастает уверенность в своих силах и знаниях и он способен обосновать и отстаивать собственные заключения и выводы.

В ходе подготовки к олимпиаде у студента нарабатывается навык решения задач, умение подойти к поставленной задаче с разных сторон, формируется творческая составляющая личностных качеств. Все это воспитывает специалиста, который требуется в современном обществе, специалист, который умеет справиться с любой производственной задачей, иногда и в жестких временных рамках. Участвуя в олимпиаде, студент приобретает опыт работы со сверстниками и преподавателями, определяет и развивает свои способности и интересы, приобретает опыт самостоятельной работы, самореализовывается, умеет организовать свой режим дня.

В заключении можно сказать, что студент прошедший курс подготовки к олимпиаде обладает расширенным багажом знаний по дисциплине. В ходе подготовки у него хорошо развилось пространственное мышление, благодаря постоянному мысленному представлению геометрических образов при решении задач. Также в студенте укрепляется такое качество как уверенность в себе, уверенность в своих силах, способность отстаивать свою точку зрения, а также приобретает уважение со стороны одногруппников. Приобретенные навыки, способности и компетенции еще больше сформируются при изучении других дисциплин, что дает возможность говорить о всесторонне развитом будущем специалисте.

Хочется отметить, что дисциплина начертательная геометрия это одна из дисциплин, которая способствует развитию пространственного мышления и представления объектов, что способствует воспитанию всесторонне развитого специалиста-инженера. Предметная же олимпиада ставит студента, будущего специалиста, в стрессовую ситуацию, он учится принимать решения в такой ситуации, при этом повышается его стрессоустойчивость. Развивается креативность мышления, а также наблюдается интеллектуальный рост студента. И при дальнейшем обучении, или работе на производстве сталкиваясь с любой пространственной проблемой, человек будет легко с ней справляться.

Список литературы:

1. Авдеюк О. А., Асеева Е. Н., Павлова Е. С. Адаптация первокурсников к обучению в вузе и роль олимпиад по техническим предметам в этом процессе // Молодой ученый. — 2011. — №4. Т.2. — С. 72-73.
2. Попов А.И. Олимпиадное движение студентов, как форма организации творческой самостоятельной работы в ВУЗе // Образование и наука. — 2011. — № 9. — С.52–59.

РОЛЬ ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ ГРАФИЧЕСКИМ ДИСЦИПЛИНАМ

*Л.А. Скачкова, ст.преподаватель, А.И. Фех, ст.преподаватель
Томский политехнический университет, 634050, г.Томск, пр.Ленина,30,
тел.(3822)-70-17-77
E-mail: kafngg@tpu.ru, fehai@tpu.ru*

В настоящее время вопросы изучения компьютерных технологий и систем автоматизированного проектирования (САПР) заняли значительное место в учебных программах различных специальностей ВУЗов.

Использование компьютерной техники дает наибольшие преимущества по сравнению с ручными способами геометрических построений, особенно при работе с пространственными объектами. В настоящее время существует большое количество качественных профессиональных программных комплексов для создания и отображения трехмерных моделей.

В процессе изучения дисциплины Инженерная графика в отделении общетехнических дисциплин студентами ТПУ на первом курсе используются системы автоматизированного проектирования компании Autodesk – AutoCAD и Inventor.

Следует отметить, что задания и упражнения на моделирование несложных тел и поверхностей, создание трехмерных моделей тел с вырезами и отверстиями, а также получение вариантов взаимного пересечения тел и поверхностей являются наглядными иллюстрациями к ранее изученным теоретическим вопросам в курсе инженерной графики. Решение задач из раздела начертательной геометрии по теме «Поверхности» значительно облегчается в случае умения студентом представить данные задачи в пространстве. Некоторым это не удается или удается не всегда. Возможность работы с виртуальными трехмерными моделями способствует развитию пространственного воображения и технической эрудиции; восполняет недостаток знаний в области общеинженерных и общетехнических графических понятий; активизирует процесс обучения.

Освоение основных принципов работы в системе Autodesk Inventor выполняется студентами технических направлений на примерах построения и редактирования пространственных объектов (рис. 1, 2, 3, 4). Имеющиеся в системе Inventor средства управления изображениями позволяют студенту просмотреть полученную модель с разных точек зрения, как бы «прокрутить ее», рассмотреть все характерные особенности формообразования и линии взаимного пересечения. При этом следует учитывать, что, например, самые сложные линии взаимного пересечения поверхностей генерируются в программе автоматически. Это может служить хорошим способом самопроверки задач, решенных «вручную» на чертеже.



Рис. 1. Трехмерная модель шара со сквозным отверстием

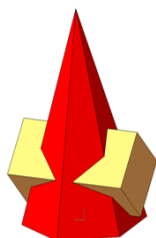


Рис. 2. Взаимное пересечение пирамиды и призмы

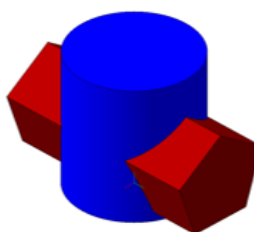


Рис. 3. Взаимное пересечение цилиндра и призмы

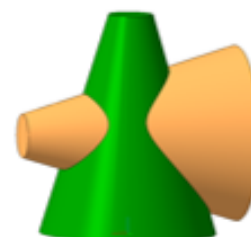


Рис. 4 Взаимное пересечение двух конусов



Рис. 5. Модель детали Вал

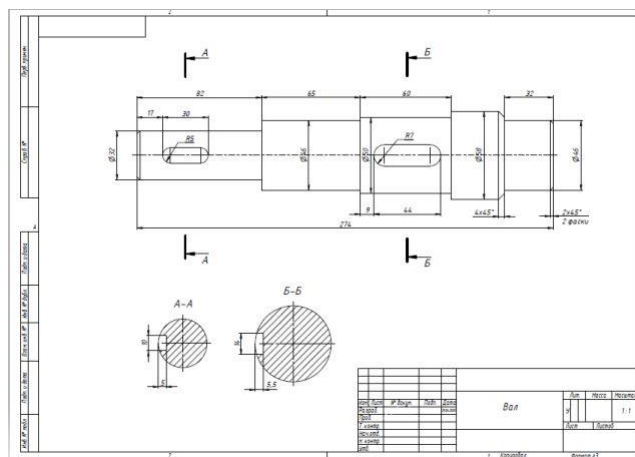


Рис. 6. Чертеж Вала

Приемы моделирования деталей (рис. 5) и создания чертежа детали (рис. 6) иллюстрируют основы формообразования поверхностей и возможности получения графической информации на базе созданной модели.

Освоение основных принципов работы в системе Autodesk AutoCAD выполняется студентами различных направлений на примерах построения и редактирования 2D- и 3D объектов с учетом специфики обучения.

Создание трехмерных моделей в разных САПР выглядит примерно одинаково. Зная команды и интерфейс одного графического редактора, студенты интуитивно их ищут в другой программе. С помощью набора двумерных примитивов конструктор создает плоский замкнутый контур, к которому применяется одна из операций моделирования (выдавливание, вращение и т.д.). При этом элементы, созданные на основе контура, могут дополняться собственно трехмерными построениями – булевыми операциями (пересечение, объединение и т.д.), зеркальным отражением и др.

В настоящее время существует четкое понимание, что в центре процесса проектирования или конструирования должна быть трехмерная модель изделия, двумерные проекции которой могут быть сгенерированы автоматически. Но также нужно заметить следующее, что студент должен уметь выполнять и 2D-чертежи без модели.

Работа с виртуальными трехмерными моделями способствует развитию пространственного воображения и технической эрудиции студентов; восполняет недостаток знаний в области общеинженерных и общетехнических графических понятий; активизирует процесс самообучения.

Список литературы:

1. Летин, А. С. Компьютерная графика / А. С. Летин, О. С. Летина, И. Э. Пашковский. – Москва : ФОРУМ, 2007. – 256 с.
2. Хрящев, В. Г. Моделирование и создание чертежей в системе AutoCAD / В. Г. Хрящев, Г. М. Шипова. – Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2004. – 224 с.
3. Autodesk – бесплатное программное обеспечение для учащихся, преподавателей и учебных заведений [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.autodesk.ru>

РОБОТЫ В ХУДОЖЕСТВЕННОЙ СВАРКЕ

В.М. Скоробогатов, студент гр. 1В91.

А.П. Соколов, к.т.н., доц.,

*Томский политехнический университет, 634050, г.Томск, пр.Ленина,30,
тел.(3822)-606306*

E-mail: yms10@tpu.ru

При изготовлении уникальной деталей интерьера используется ручной труд. Мастер использует технологию электродуговой сварки для создания художественных поделок из металла. Но для создания больших художественных сооружений потребуется большое количество человеко-часов труда. С развитием нынешних технологий это время можно сократить и даже увеличить масштаб сооружения. Добиться этого можно с помощью автоматизации труда, замены людей на роботов.

Технология автоматической электродуговой сварки представляет собой дуговую сварку с механизированной подачей плавящегося электрода и перемещением дуги вдоль кромок. Таким образом, промышленный робот в данной технологии используется как устройство, манипулирующее электродом, а траектория движения и вид шва либо выбираются из библиотеки швов в ПО робота, либо задаются оператором вручную [1].

Данная технология применяется в производстве автомобилей, а голландская компания MX3D применила её в архитектуре. Компания смогла “напечатать” мост с помощью четырех сварочных роботов MX3D-Metal [2]. Каркас моста выполнен в виде скрученных металлических балок, создающих объект в бионическом стиле. Законченный мост имеет длину 12.5 метров, ширину – 6.3 метра, а его вес составляет 4500 килограммов (рис. 1). При этом, за счет высокой прочности металла, для изготовления конструкции моста не потребовалось никаких дополнительных элементов и опорных конструкций. Процесс печати его конструкции продолжался в течение шести месяцев, за которые через концевники горелок роботов прошло 100 километров сварочной проволоки из нержавеющей стали [3]. Примечательным этот мост делает не только то, что он полностью напечатан, но и его бионическая форма, которая не содержит прямых линий. Хоть дизайнер имеет максимальную свободу формообразования, но часто теряются ориентиры гармоничного соответствия требований эстетики и физических требований к форме объекта. Дизайнеру в этом случае помогает знание бионических принципов формообразования, которые помогают найти биологический аналог формы разрабатываемого объекта [4]. Из-за отсутствия прямых линий в конструкции моста, предел прочности не поддается расчету на этапе моделирования. Поэтому, использовать биологические аналоги представляются лучшей альтернативой.

Для оценки технических возможностей данного моста, его можно сравнить с классической фермой.



Рис.1. 3Д-печать моста

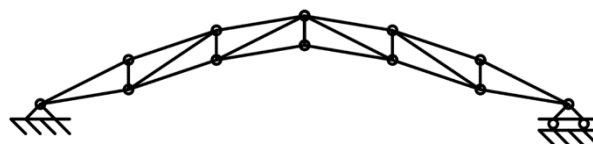


Рис.2. Мостовая ферма. Схема

Мостовая ферма – это классический мост, который имеет ряд преимуществ, таких как высокая жесткость конструкции, минимальная материалоемкость.

Для создания столь масштабного проекта была использована технология аддитивного электродугового выращивания (Wire + ArcAdditiveManufacturing, WAAM).

Для более яркого примера возможностей данной технологии, её можно сравнить с работой специалиста, использующего ручную электродугую сварку. В качестве сравнительного варианта был использован объект в бионическом стиле – винтовая лестница вокруг тополя, масса – 500 кг. На её изготовление сварщик потратил 336 часов (8 недель – 42 часа в неделю). На изготовление моста было потрачено 6 месяцев работы 4-х роботов. Если исходить из 8-ми часового рабочего дня по пятидневке, то получается примерно 4160 часов. Сопоставим: лестница – 500 кг и 336 часов; мост – 4500 кг и 4160. Получается, что 4 сварщика потратили бы на мост 3024 человека-часа. Таким образом, сварщики выполнили бы работу на 25% времени быстрее.

Проведём сравнение потери электроэнергии по двум вариантам. Сварные роботы осуществляют наплавку без перерыва, т.е. 4160 часов непрерывной сварки. Сварщик же непосредственно на сварку тратит менее 50% времени. С затрат времени (3024 человека-часа) при ручной сварке получается 1512 часов непрерывной сварки и соответственно снижение затрат электроэнергии 63 %.

Приведённые расчёты показали, что с точки зрения затрат времени и электроэнергии описанная технология с применением только сварочных роботов не является рациональной. Более рационально использовать различные роботы. В рациональном варианте: один робот делает заготовку элементов конструкции из стальных труб различного сечения, второй робот устанавливает в пространстве подготовленные элементы, а два других робота делают сварку устанавливаемых элементов.

Проведя сравнение (рис. 1) и (рис. 2), можно сделать ещё несколько выводов.

Реализованная конструкция моста (рис. 1) имеет утяжеление по краям, контактирующим с «берегами». В то же время, рациональная конструкция (рис. 2) требует утяжеления в центре моста. В поисках объяснения авторы данной статьи пришли к заключению, что это сделано для обеспечения устойчивости двух половин моста, при отсутствии дополнительных опор.

Рациональный вариант экономит время и энергию, но усложняет проектирование и требует использования роботов, которые сложнее и соответственно дороже сварочных роботов.

Список литературы:

1. <https://www.shtorm-its.ru/info/articles/tekhnologiya-svarki-mig-mag/>
2. <https://mx3d.com/projects/mx3d-bridge/>
3. <http://integral-russia.ru/2018/04/26/18861/>
4. А.П. Соколов, М.С. Кухта Математическое моделирование в бионическом стиле // Труды Академии технической эстетики и дизайна. - 2016. - №1. - С. 18-21.
5. Кухта М.С., Казьмина О.В., Соколов А.П., Пелевин Е.А. Технологии соединения стекла и металла в объектах дизайна // Дизайн. Теория и практика. – 2014. – № 18. – С. 51-61.
6. Kukhta M., Sokolov A., Pelevin E. Welding technology in artistic metal processing // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 20, Modern Techniques and Technologies. Сер. "20th International Conference for Students and Young Scientists: Modern Techniques and Technologies, МТТ 2014" 2014. – С. 012044.
7. Соколов А.П., Воронкова М.А. Купол как оболочка сооружения // Труды Академии технической эстетики и дизайна. – 2017. – № 2. – С. 20-25.
8. Васильева М.О. Бионические принципы конструирования в предметном дизайне // Труды Академии технической эстетики и дизайна. – 2017. – № 2. – С. 11-14.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ В СРЕДЕ 3Д-ПЕЧАТИ

Л.В. Федяева, студентка гр. 1Д81

А.П. Соколов, к.т.н., доц.,

*Томский политехнический университет, 634050, г.Томск, пр.Ленина,30,
тел.(3822)-606-306*

E-mail: lvf4@tpu.ru

Трансплантация является одним из самых эффективных способов лечения тяжелых заболеваний органов. Но главной проблемой остаётся нехватка донорских органов. Поэтому сейчас стремительно развивается тканевая инженерия, биопринтинг [1].

Технология создания трехмерной модели органа состоит из нескольких этапов. На стадии предварительной обработки создается и тестируется трехмерная компьютерная модель органа. На стадии печати выбираются биополимеры (каркас), производится подготовка клеток и происходит сам этап биопечати (рис. 1) [2]. Изучив процесс печати органов, можно сделать вывод, что 3д-печать это объемная технология, основанная на плоскостных принципах [3].

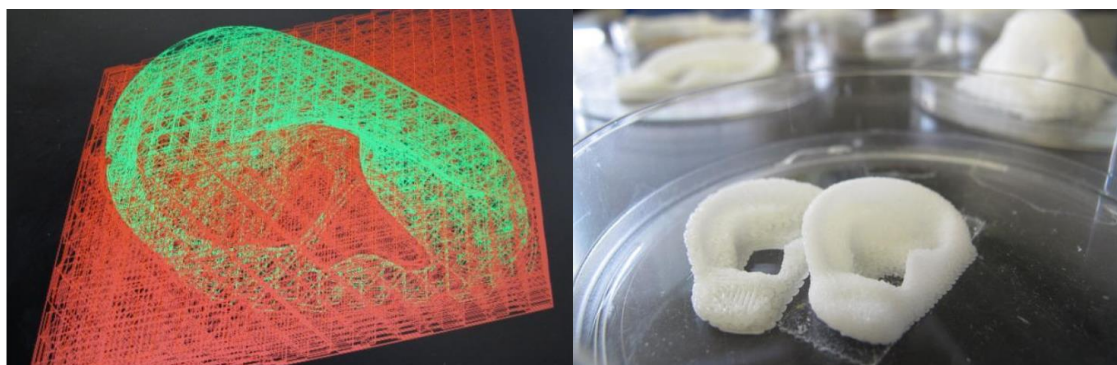


Рис.1. Трехмерная модель и напечатанные ушные раковины

Уже успешно были пересажены напечатанные на 3д-принтере мочевого пузыря и трахея. В обоих случаях органы выращивались на основе соединительно-тканного каркаса. Через сохранившиеся кровеносные каналы каркас наполняли клетками, которые изначально брали у испытуемого. Но данный метод подходит только для создания полых органов с тонкой стенкой [4]. Поэтому создать такие сложные, как сердце, лёгкое, печень и почки, органы на данный момент не получается. Можно предположить, что чем меньше различных видов клеток были использованы при печати, а также чем однороднее орган, тем долговечнее напечатанный аналог.

Одной из главных проблем является формирование сосудистой сетки [5]. Решением стала печать сосудов из водорастворимых полимеров, также создание сосудистой сетки можно добиться за счет смерти клеток, временно заполняющих необходимые участки. Но эти способы не идеальны и ученые ищут альтернативные методы решения этой проблемы.

Наравне также стоит выделить проблему сохранения чувствительности имплантированных органов [6]. Первые напечатанные аналоги были похожи лишь на заплатки, так как не имели нервных клеток, протоков слюнных желез и т.д. Тесты на жизнеспособность показали развитие напечатанной части кожи, которая имитирует разные слои натуральной кожи. Эксперименты показывают, что спустя 11 дней после трансплантации лоскута ткани диаметром 6 мм, края напечатанной кожи и кожи мыши плотно срослись между собой. Но для создания полноценных аналогов требуется присутствие всех типов клеток, включая нервные клетки, потовые и слюнные железы. 3д-биопечать имеет возможность использования любых комбинаций клеток путем подачи разных видов клеток через разные форсунки. Для удачного соединения всех клеток, после печати происходит своеобразный уход

за ними и только после нескольких дней клетки успешно соединяются в общий орган. Исследования показывают, что в лабораторных условиях все клетки могут объединиться в эпидермис с нервными клетками, волосяными фолликулами и сальными железами. Таким образом более 80% напечатанных клеток выживают.

Задачи биопечати осветили основные проблемы 3Д-печати, главные из которых следующие. Во-первых, чем точнее создаваемый объект, тем меньше по размерам должны быть используемые элементы 3Д-печати и тем больше времени требуется для производства объекта. В биопечати это время должно быть меньше времени вживления трансплантата в организм человека. Во-вторых, в технике, как правило, используются материалы, являющиеся не однородной смесью различных компонентов, а их сложной композицией. Примером такой псевдокомпозиции являются сплавы. В технике сплавы металлов, как известно, по прочностным характеристикам в разы отличаются от составляющих их чистых элементов [7]. В области биопечати, чем больше различных клеток составляют реальную ткань, тем больше требуется форсунок в оборудовании для биопечати трансплантата, и тем оно сложнее в работе.

Результаты, достигнутые в биопечати – это своеобразное преодоление кризиса аддитивных технологий в технике, который обусловлен кризисом самой концепции – упрощение проектирования и производства. Биопечать по сути – это отрицание такого упрощения. Специалистов по сопротивлению материалов вгоняет в ступор противоречие – как в растущем детском организме одновременно происходит и рост кости, и сопротивление нагрузкам костного материала. Нерешённость этого противоречия возможно определяет неудачи биопечати трансплантатов органов со сложной структурой. Возможно будет реализована идея динамичного каркаса, но в этом случае произойдёт ещё больший отход от концепции – упрощение проектирования и производства.

Решение проблем биопечати активизирует решение проблем 3Д-печати в технических областях. Изучение восстановления живой ткани подсказывает пути создания неживых объектов.

Список литературы:

1. Миронов В.А. По стопам Гутенберга: трехмерная биопечать органов / В.А. Миронов // Природа. – 2013. – №10. – С. 3-12.
2. Кудан Е.В. Как напечатать щитовидную железу / Е.В. Кудан, И.С. Гладкая, Е.А. Буланова, Ю.Д. Хесуани, В.А. Миронов // Природа. – 2015. – №2. – С.56-63.
3. Соколов А.П., Кухта М.С. Математическое моделирование в бионическом дизайне // [Труды Академии технической эстетики и дизайна](#). – 2016. – № 1. – С. 17-21.
4. Будько А.И. 3D-биопринтеры / А.И. Будько, И.А. Иванов, А.Е. Коровин // Клиническая патофизиология. – 2019. – №4. – С. 26-37.
5. Пелешок С.А. Создание искусственных аналогов кожи с использованием трехмерной биопечати / С.А. Пелешок, О.А. Нагибович, М.В. Титова, О.В. Протасов, А.К. Астанина, М.И. Елисеева, Е.В. Городков // Клиническая патофизиология. – 2017. – №2. – С. 9-19.
6. Евстратова Е.С. Современные возможности регенеративной медицины: биофабрикация полых органов / Е.С. Евстратова, П.В. Шегай, С.В. Попов, Н.В. Воробьев, С.А. Иванов, А.Д. Каприн // Вестник трансплантологии и искусственных органов. – 2019. – №2, – С. 92-103.
7. Kukhta M., Sokolov A., Pelevin E. Welding technology in artistic metal processing // [IOP Conference Series: Materials Science and Engineering](#) 20, Modern Techniques and Technologies. Ser. "20th International Conference for Students and Young Scientists: Modern Techniques and Technologies, MTT 2014" 2014. – С. 012044.

ОГРАНИЧЕНИЯ В ЭРГОДИЗАЙНЕ СНАРЯЖЕНИЯ ДЛЯ ПОДВОДНОГО СПОРТА (ПЛАВАНИЕ В ЛАСТАХ)

А.В. Шкляр, к.т.н, старший преподаватель

М.В. Надеина, студент гр. 8Д71

Томский политехнический университет, 634050, г.Томск, пр.Ленина,30

E-mail: mvn11@tpu.ru

В современном мире спорт является достаточно важной составляющей жизни человека. Большая популярность спорта влияет на актуальность производства специализированного оборудования. Дизайн этого оборудования также играет здесь особую роль.

Общая информация

Моноласта – это разновидность ласт, представляющая собой единую конструкцию, приводимую в движение мускульной силой обеих ног одновременно.

Виды моноласт

Моноласты делятся на тренировочные и стартовые (по-другому называют «гиперласта») (рис.1). Некоторое время особой популярностью пользовалась еще одна разновидность моноласт – «флаер».



Рис.1. Виды моноласт (слева-направо: моноласта, гиперласта, флаер)

Тренировочная моноласта состоит из двух элементов: пластина и калоши. Пластина выполняется из стеклотекстолита со встроенными ребрами жесткости. Калоши на тренировочных ластах крепятся плашмя сверху пластины. В гиперласте добавляется такой элемент, как «крылья» - «сэндвич» из различных сортов резины, расположенный по бокам пластины. Калоши крепятся не плашмя, а как бы обхватывая пластину с двух сторон.

Стандарты для моноласт указаны в правилах подводного спорта [1].

2. Особенности строения моноласт

Следует подробно ознакомиться с строением моноласты (рис.2). Главными показателями эргономики является угол наклона (β) и высота подъема стопы (h) относительно горизонта (на рисунке показано зеленым). Данные показатели взаимосвязаны обратной пропорциональностью. Это определяет положение стопы, устойчивость спортсмена на старте, распределение сил во время гребка.

Вторым, важным показателем, является угол наклона пластины относительно горизонта (α), определяющий эффективность распределения сил гиперласту и ее скоростные показатели.

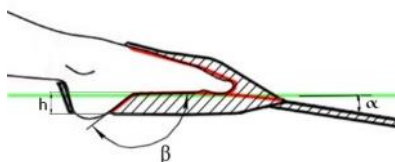


Рис.2. Гиперласта в разрезе

Таблица изменяемых характеристик

Ниже представлена таблица, суммирующая существующие стандарты и возможные изменения, которые можно внести в конструкцию и внешний вид гиперласты.

**XIII Международная научно-техническая конференция
«Современные проблемы машиностроения»**

Таблица 1. Возможные изменения в конструкцию моноласт

| Хар-ка | Стандарт | Возможные изменения |
|-----------------------------------|---|---|
| Ширина, длина, высота ласты | ≤760x760x150 мм | Можно уменьшить, исходя из индивидуальных особенностей заказчика |
| Высота подъема | - | В среднем варьируется в пределах 20-40 мм |
| Форма пластины | - | Можно изменять в пределах стандартных габаритных размеров. |
| Угол наклона пластины | - | Оптимально 10-20 градусов |
| Элементы, улучшающие обтекаемость | Наличие допускается | Должны вписываться в габаритные размеры и не препятствовать устойчивости спортсмена на стартовой тумбочке |
| Материал калош и «крыльев» | - | Различные виды резины и каучука разной плотности. |
| Материал пластины | - | Стеклотекстолит, карбон и др. с похожими свойствами |
| Цвет пластины и калош | - | Ограничен свойствами используемого материала |
| Форма калош | Не должны иметь элементов, придающих доп. упругость | Калоша должна иметь шкалу размеров или изготавливаться по индивидуальным размерам. |
| Ширина запятника | - | Должен обеспечивать надежную посадку калоши на стопе. В среднем 30-60 мм. |

Для доказательства актуальности дизайна моноласт был проведен опрос (61 респондент, 8 вопросов) [2]. Практически полную свободу имеет дизайнер в выборе, улучшении или создании элементов для улучшения обтекаемости. Существующие варианты нравятся лишь 29,5% опрошенных спортсменов. Помимо этого, дизайнер может сочетать различные расцветки материалов. Черный цвет пластины выбирают более 60% опрошенных, далее желтый (11,5%), фиолетовые и голубые оттенки (14,8% и 8,2%); из материалов более популярен карбон, чем стеклотекстолит (его выбирают более 70,5% опрошенных). Лучше сочетать всего пару цветов, такой вариант выбирают больше половины опрошенных. Второй вариант - однотонные калоши. Сочетание 3-х и более цветов выбирают лишь 16,4% спортсменов.

Таким образом, гиперласты хоть и являются лишь частью инвентаря пловца-подводника, но и при этом составляют единый образ для спортсмена. Поэтому, актуальность придания оригинального внешнего вида для стандартизированных объектов обоснована предпочтениями потребителей в индивидуализации.

Список литературы:

1. Об утверждении правил вида спорта "подводный спорт"/ Приказ Минспорта России от 27.04.2018 N 416
2. Дизайн ласт. Выявление статистических данных о необходимости и значимости дизайна ласт для спортсменов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSeeb-SKGcHi-qdabufQVpgOfgDI_vP63gSoz5i2u8EAFDg55w/viewform (Дата обращения: 10.06.2020)

КОНЦЕПТУАЛЬНОЕ КОНСТРУИРОВАНИЕ ТРЕХКОЛЕСНОГО ЛОПИФИТА

И.М. Шеповалов, магистр гр. 4НМ-91

Томский политехнический университет, 634050, г.Томск, пр.Ленина,30,

E-mail: shepovalov.igor@mail.ru

Научный руководитель – М.С.Кухта, д.ф.н. профессор ОМ ИШНПТ

Для кардио тренировок в современном мире широко распространены беговые дорожки, занятия на которых проводятся в тренажерном зале или дома, но этот процесс не всегда приносит удовольствие [1]. На сегодняшний день существует гибрид велосипеда и беговой дорожки – Lorifit который позволяет пользователю совершать пешие кардио тренировки двигаясь по улице со скоростью велосипеда.

В данной статье предложена конструкция трех колесного лопифита, которая обладает следующими преимуществами относительно имеющегося на сегодняшний момент двухколёсного аналога:

- повышенная устойчивость в сравнении с двухколёсным велосипедом;
- нет необходимости поддерживать равновесие за счет скорости, можно передвигаться на комфортных скоростях
- повышение несущей способности относительно двух колесного;

Лопифит трехколесный предназначен для велопогулки.



Рис. 1. Двухколесный Lorifit аналог

Технические характеристики лопифита:

- Длина от 2200-2600 мм, ширина 1000-1250 мм.
- Масса – не более 120 кг.
- Цвет – темно красный;
- Диаметр колес переднего – 29 дм;
- Диаметр заднего колеса – 24 дм;
- Время автономной работы: 10 часа;
- Максимальная скорость – 40 км /ч;

Основные функции лопифита:

- Развлечение;

- Передвижение по трассе;
- Безопасность при эксплуатации;
- Удобство обслуживания и ремонта;
- Удобство управления;

Приводом в данном велосипеде выступает электромотор Quantum Motor оснащенный редуктором для повышения крутящего момента. Крутящий момент передается на заднюю ось по средствам цепной передачи 1:2. В качестве источника питания выступает Li – Ion аккумулятор в прочном углепластиковом корпусе который закреплен на раме. В беговую дорожку встроен генератор, который позволяет частично при движении подзарядить аккумулятор.

Пользователь, используя Lorifit, приводит в движение генератор, вырабатывающий электричество, а это запускает электродвигатель и вращает заднее колесо. Ездок может регулировать скорость, а также полностью выключить двигатель с помощью тормоза и активировать функцию свободного хода. Например, при движении по наклонной вниз. Электричество, в сочетании с передачами для скорости, повышает скорость вашей ходьбы до скорости обычного велосипеда. Это безвредно для окружающей среды, а также полезно для здоровья. Lorifit построен из высококачественных компонентов для обеспечения приятной безопасной прогулки.



Рис. 2. Трехколесный Lorifit.

Список литературы:

1. Лопифит — велосипед с беговой дорожкой // Транспорт и не только URL: <https://transportinet.ru/lopifit-velosiped-s-begovoj-dorozhkoj/>.
2. What is a Lopifit? // Lopifit the electric walking bike URL: <https://lopifitus.com/about/>.
3. Прогулочный велосипед Lorifit со встроенной беговой дорожкой // Goodsi URL: <https://goodsi.ru/progulochnyj-velosiped-lopifit-so-vstroennoj-begovoj-dorozhkoj/>.

КОНСТРУКЦИЯ И ЭСТЕТИКА СВЕТИЛЬНИКОВ

Д.С. Шубин, студент гр. 5А8Ж

А.П. Соколов, к.т.н., доц.,

Томский политехнический университет, 634050, г.Томск, пр.Ленина,30,

E-mail: daniils2000@mail.ru

Не смотря на увеличивающееся разнообразие светильников, дизайнер при проектировании этих объектов часто останавливается в раздумье перед формулированием своих вариантов. Проектировщику часто не хватает концептуальной информации при проектировании новых образцов светильников. В данной статье показана попытка систематизации светильников с точки зрения свободы их формообразования.

В данной работе использован анализ патентной, научной и публицистической литературы. Патентная литература имеет преимущество, т.к. упрощает систематизацию необходимой информации. Однако, в отношении светильников применение патентного поиска имеет свои ограничения, связанные с системой патентной защиты предлагаемых технических решений.

На основе анализа по патентной литературе были выделены тенденции в развитии светильников, которые подразумевают собой улучшение качества эстетики, конструкции и рассеивания света, современным международным стандартам. Однако, часто стандартизация формы достигается за счёт снижения разнообразия форм объекта [1].

При исследовании реестра Федерального института промышленной собственности было найдено 2394 документа об осветительных приборах и более 4000 документах о светильниках с 1910 года по 2020 год в России и странах бывшего СССР. В странах Азии патентных документов на осветительные приборы более 25000, (КНР, Республика Корея, Тайвань). По запросу «светильники» в этих же странах найдено и проанализировано более 10000 документов с 1989 г. по 2020 г. Это показывает, что за промежуток 30 лет в формообразовании светильников зарубежом удалось достичь большего развития. В России преобладает промышленный дизайн и многофункциональное использование конструкций светильников.

При массовом производстве наибольшее внимание уделяется техническим параметрам, которые определяются нормативными документами. При проектировании освещения дизайнеры стремятся повысить технические параметры: освещённость, минимальные габариты и вес, простота настройки и эксплуатации. Меньшее внимание уделялось эстетике [2]. Но эта ситуация постепенно изменяется. Чем больше свободы формообразования у дизайнера, тем легче путь от техники к искусству. И для этого стоит разобраться в структуре, конструкции и его применении.

Структура светильника разделим на три основных элемента: каркас; плафон – светорассеивающий элемент; лампа – светоизлучающий элемент.

Каркас – это условное название, под которым можно понимать всё от простой стойки до сложной системы перемещения лампы и плафона. Каркасы чрезвычайно разнообразны по форме и конструкции, и вызывает удивление – как удаётся патентовать светильники, которые отличаются от аналогов только устройством каркаса? Выбор материала каркаса не ограничен и всё больше определяется вкусом заказчика [3].

Плафоны выполняются в основном из двух материалов: стекло и прозрачный или полупрозрачный пластик. Редко используется цветная бумага. Современная тенденция – происходит замещение стекла нехрупкими видами прозрачного и полупрозрачного пластика. Стекланный плафон более консервативен с точки зрения свободы формообразования в отличие от плафона из пластика.

Лампы – это наиболее консервативный элемент в плане свободы формообразования. Особенно это касается электрической части лампы. Однако, и здесь наблюдается отход от жёстких рамок стандартов. Блестящей иллюстрацией этому тезису являются светодиодные

ленты, которая совмещает в себе признаки лампы и плафона. Светодиодная лента имеет лишь один стандартизуемый участок – участок подключения к электросети.

Светильники можно разделить на подвижные и неподвижные. Особенностью неподвижных светильников является способ крепления: потолок, стена. В плане организации сценария освещённости неподвижные светильники имеют меньшую вариативность по сравнению с подвижными светильниками [4].

Трансформируемые светильники – преобрели популярность около 70 лет назад. В подобных светильниках могут использоваться шарниры для направления света – настольные лампы. Но помимо механики появились светильники с электрическими машинами в основной массе – шаговые двигатели. Данные светильники используются в помещениях с высокими потолками для облегчения обслуживания и замены ламп. Проекторы для массовых мероприятий с электрическим приводом. В составе имеют различные линзы, угловое регулирование и настройку цвета. Светильники с направляющей рейкой для получения точечного света в область необходимого освещения.

В современном мире расширяется использования подвижных элементов в светильниках, от механических шарниров до использования электрических машин для приведения в действие угла поворота освещения или использования рассеивания света в необходимой точке пространства.

За счёт расширения свободы формообразования можно добиться сближения техники и искусства в создании светильников (рис. 1,2) [5].



Рис. 1. Светильник «Гармония лебедей»



Рис. 2. Светодиодный ночник

Указанная тенденция осуществляется за счёт использования пластичных материалов в каркасе и плафоне.

Список литературы:

1. Кухта М.С., Соколов А.П., Пелевин Е.А. Влияние современных технологий на визуальную эстетику ювелирного дизайна // [Известия высших учебных заведений. Физика](#). – 2015. – № 6/2. – С. 168-172.
2. Васильева М.О. Бионические принципы конструирования в предметном дизайне // Труды Академии технической эстетики и дизайна. – 2017. – № 2. – С. 11-14.
3. Соколов А.П., Кухта М.С. Исследование технологий неразъёмных соединений в художественной обработке металла // [Известия высших учебных заведений. Физика](#). – 2012. – № 5/2. С. – 258-262.
4. Галанин С.И. Декорирование поверхности ювелирных изделий // Труды Академии технической эстетики и дизайна. – 2018. – № 2. – С. 5-6.
5. Жигунова А.И., Соколова М.Л. Явление трансформации в ювелирном дизайне // Труды Академии технической эстетики и дизайна. – 2018. – № 1. – С. 16-18.

ЭСТЕТИКА СВАРНОГО ШВА

М.В. Юрьев, студент гр. 1В91,

А.П. Соколов, к.т.н., доц.,

*Томский политехнический университет, 634050, г.Томск, пр.Ленина,30,
тел.(3822)-606306*

E-mail: yurev@tpu.ru

Первым сварочным процессом была сварка ковкой [1]. Необходимость ремонта, выпуска более совершенных изделий приводила к необходимости разработки и совершенствованию металлургических и сварочных процессов. Сварка с использованием электричества для нагрева металла появилась с открытием электричества, электрической дуги [2].

Настоящее время характеризуется сменой парадигмы – от парадигмы точности переходят к парадигме эстетики. Под понятием «парадигма точности» понимается стремление максимально точно выдержать технические параметры объекта, и при этом получить менее затратные технологии его изготовления. При этом параметры объекта могут быть замерены технически. Парадигма эстетики увеличивает ценность таких качеств объекта, которые не поддаются техническим средствам измерения, но увеличивают конкурентные свойства объекта [3].

Сварка – это бурно развивающаяся область, однако, в рамках парадигмы эстетики её развитие сдерживается визуальными качествами шва. Решение этой проблемы осуществляется в трёх направлениях:

1. Совершенствуют процесс сварки так, чтобы шов не был виден невооружённым глазом, а конструкция выглядит как единое целое, монолит.
2. Сварной шов выполняется эстетически качественно или обрабатывается так, что становится приятен глазу.
3. Объект проектируют так, чтобы швы оказывались вне лицевых поверхностей объекта.

При анализе этих трёх направлений учтём закономерность развития технологий – чем больше серийность выпускаемого объекта, тем шире используется автоматизация и роботизация, но тем сложнее используемое оборудование. Именно при массовом производстве всё шире используются роботы и роботизированная сварка. Роботизированная сварка представляет собой полностью автоматизированный процесс, который реализуется за счёт использования специальных роботов-манипуляторов и другого сварочного оборудования. Основные преимущества сварки с помощью роботов заключаются в качестве готовых изделий и высокой производительности сварочного производства.

Красивый шов можно сделать любым способом сварки, но лидерами являются аргонодуговая сварка и контактная сварка. Высокая свобода в формообразовании присуща электродуговой сварке в среде защитного газа (аргона), которая для краткости называется аргонодуговой сваркой. Сварочный процесс этого типа может быть автоматизирован настолько, что позволяет осуществлять с помощью робота сварочный шов как рисунок (рис. 1) [4].

Контактная сварка разделяется на три основных вида: точечная контактная сварка; шовная контактная сварка; стыковая сварка. Точечная контактная сварка – и это наиболее популярный и доступный метод для соединения небольших деталей и листов толщиной менее 5 мм. Металл размягчается непосредственно лишь в месте соприкосновения с двумя тонкими конусообразными электродами, и диаметр сварной точки получается не более нескольких миллиметров. Шовная контактная сварка (роликовая) создаёт шов, состоящий из множества мелких отдельных сварных точек. Шов может быть как непрерывным так и прерывистым. Все зависит от настроек токоподачи. Стыковая сварка нагревает всю область соприкосновения деталей. Во всех видах контактной сварки шов выполняется настолько малозаметным, что трудно подобрать для него иллюстрации. Поражает точность контактной сварки. Например,

трубы, полученные с помощью шовной контактной сварки, на метре имеют прогиб, не более 2 мм.

Полученные с помощью контактной сварки трубы можно использовать как материал для создания конструкций любой сложности вплоть до форм, идентичных скульптуре по выразительности. При создании таких конструкций широко используется ручной труд, и применение роботов-сварщиков на данный момент не позволяет превзойти производительность ручного труда.

Анализ металлических скульптур, полученных с помощью сварки, показывает, что эстетика шва должна соответствовать создаваемому скульптурному образу. Эта закономерность настолько сильна, что в брутальных скульптурах на шов не обращают внимание (рис. 2) [5].



Рис. 1. Шов как рисунок



Рис. 2. Брутальная скульптура

Обобщая изложенное, можно сделать заключение. Расширение свободы проектировщика в формообразовании объектов требует совершенствования используемого оборудования. Так как доля ручного труда в создании уникальных или малосерийных объектов снижается медленно, то следует всемерно расширять номенклатуру ручного механизированного инструмента, а также специальной оснастки для быстрого позиционирования свариваемых деталей [6]. При проектировании этой номенклатуры мало учитывается опыт скульпторов по металлу, так как скульпторы по металлу – слабые теоретики в области проектирования оборудования для сварки.

Список литературы:

1. Гладков Э. А. Управление процессами и оборудованием при сварке: / Э. А. Гладков. – М. : Академия, 2006. – 430 с.
2. Ленивкин В. А. Автоматизация сварочных процессов. / В. А. Ленивкин, Е. Н. Варуха, А. В. Павленко. – Ростов-на-Дону: ДГТУ, 2003. – 128 с.
3. Кухта М.С. Смысловая емкость вещи в дизайне // [Труды Академии технической эстетики и дизайна](#). – 2013. – Т. 1. – № 1. – С. 31-33.
4. Кухта М.С., Казьмина О.В., Соколов А.П., Пелевин Е.А. Технологии соединения стекла и металла в объектах дизайна // [Дизайн. Теория и практика](#). – 2014. – № 18. – С. 51-61.
5. Соколов А.П. Дизайн металлических арт-объектов // [Труды Академии технической эстетики и дизайна](#). – 2015. – № 1. – С. 31-39.
6. Бердичевский Е.Г. Техническая эстетика наружных поверхностей из цветного металла // [Труды Академии технической эстетики и дизайна](#). – 2018. – № 2. – С. 23-26.

СЕКЦИЯ 8

НАЗЕМНО-ТРАНСПОРТНЫЕ МАШИНЫ И КОМПЛЕКСЫ

МНОГОМЕРНЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ ПРИ ДИАГНОСТИРОВАНИИ МАШИН ПО ПАРАМЕТРАМ МАСЛА

*В.А. Аметов, д.т.н., профессор,
Томский государственный архитектурно-строительный университет,
Тел. 8-960-970-9926*

E-mail: ametov@tsuab.ru

*А.В. Шальков, старший преподаватель,
Филиал Кузбасского государственного технического университета имени Т.Ф. Горбачева в
г. Прокопьевске,
Тел. 8-903-071-73-23*

E-mail: prk-s@yandex.ru

Разработка новых и совершенствование уже известных методов своевременного предотвращения нарушения работоспособности машин, в том числе по параметрам работающего масла имеет важное значение в современной инженерной практике.

Из всего многообразия методов обработки стохастической информации, носителем которой служат пробы (образцы) масла, можно выделить метод многомерного анализа данных, позволяющий исключать необоснованные наблюдения (выбросы); проверять предположения о равенстве средних для выборок; выявлять не измеряемые, но отражающие процессы факторы, например, процесс старения самого масла.

Очевидно, что одной из задач анализа масла является оценка его качества. Это обеспечивает контроль его качественных характеристик, требующий четкую визуализацию и автоматизацию обработки данных с целью выявления логически несовместимых значений.

В качестве примера рассмотрим результаты физико-химического и эмиссионного спектрального анализа проб отработанного масла с двигателей КамАЗ-740, отобранных на момент прохождения автотягачами КамАЗ-5410 ($n_1=13$) и автосамосвалами КамАЗ-5511 ($n_2=28$) технического обслуживания ТО-2, связанного с заменой масла (табл. 1).

Таблица 1. Исходная матрица показателей анализа масла из двигателей КамАЗ-740

| Показатели | Min | max | Median | mode | mean | Std.dev |
|--------------------------------|------|-------|--------|----------|-------|---------|
| Lm $\times 10^3$ км | 0,02 | 22,00 | 4,35 | 3,00 | 6,49 | 5,51 |
| V^{100} , мм ² /с | 5,80 | 15,10 | 8,55 | 8,60 | 8,63 | 1,70 |
| Np, % | 0,10 | 0,25 | 0,08 | Multiple | 0,09 | 0,04 |
| pH | 5,60 | 8,90 | 6,82 | 6,15 | 6,87 | 0,77 |
| ЩЧ, мг KOH/г | 0,86 | 3,23 | 1,91 | 1,90 | 1,89 | 0,62 |
| КЧ, мг KOH/г | 0,37 | 1,87 | 0,97 | 0,75 | 1,01 | 0,34 |
| Fe, г/м | 3,16 | 67,50 | 13,10 | 3,92 | 19,62 | 15,25 |
| Pb, г/м | 1,57 | 76,10 | 6,63 | No | 12,34 | 17,19 |
| Ba, г/м | 0,35 | 0,84 | 0,58 | 0,70 | 0,58 | 0,13 |
| Al, г/м | 4,22 | 64,10 | 13,80 | Multiple | 20,89 | 14,30 |
| Cu, г/м | 2,16 | 57,20 | 10,80 | No | 14,88 | 11,37 |
| Cr, г/м | 0,38 | 7,88 | 0,74 | Multiple | 1,43 | 1,63 |
| Si, г/м | 2,82 | 62,20 | 6,88 | 20,70 | 13,19 | 14,43 |

В результате применения процедур многомерного анализа, позволяющего выполнить требований однородности и нормальности данных с использованием процедур Махаланобиса и проверки гипотез о равенстве средних выборок на базе статистики Хотеллинга была получена «очищенная» выборка, в которой условие однородности уже выполняется. Поиск факторов, отражающих протекание физико-химических процессов, был выполнен путем расчета парных коэффициентов корреляции (табл. 2). В результате обнаружена тесная линейная связь между наработкой (Lm) двигателя, качеством масла (вязкость - V^{100} , щелочное и кислотное число – ЩЧ и КЧ), содержанием в масляной системе загрязнений от дорожной

**XIII Международная научно-техническая конференция
«Современные проблемы машиностроения»**

пыли (Si, Al) и продуктами износа (Fe, Pb, Cu, Cr), характеризующих износ ЦПГ и подшипников коленчатого вала [2].

Таблица 2. Матрица парных коэффициентов корреляции для «очищенной» выборки ($\alpha=0,05$)

| | | | | | | | | | | | | | |
|------------------|-------------|------------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|-------------|------------|------------|------------|------------|
| | Lm | V ¹⁰⁰ | Np | Ph | Щч | Кч | Fe | Pb | Ba | Al | Cu | Cr | Si |
| Lm | | .10 | -.10 | .05 | -.17 | -.20 | .37 | .08 | .08 | .13 | .12 | .10 | .02 |
| V ¹⁰⁰ | .20 | | -.21 | -.01 | -.10 | .11 | .13 | -.02 | -.31 | -.19 | -.02 | -.07 | -.12 |
| Np | -.23 | .10 | | .23 | -.02 | .19 | .16 | .57 | .15 | .33 | .47 | .41 | .30 |
| pH | -.08 | .10 | .18 | | .45 | -.59 | -.13 | .11 | .37 | .40 | .06 | -.10 | .17 |
| Щч | -.10 | -.28 | -.04 | .47 | | -.30 | -.30 | -.03 | -.01 | -.14 | -.01 | -.12 | -.15 |
| Кч | -.11 | .04 | .07 | -.57 | -.32 | | .17 | .23 | -.10 | -.18 | .12 | .33 | -.01 |
| Кч | .34 | .26 | -.06 | -.24 | -.26 | .05 | | .39 | -.10 | .45 | .44 | .38 | .36 |
| Fe | .12 | .27 | .11 | -.23 | -.20 | .08 | .69 | | -.11 | .53 | .85 | .66 | .55 |
| Pb | -.23 | -.32 | .24 | .27 | .16 | .07 | -.30 | -.13 | | .35 | -.06 | -.10 | .18 |
| Ba | -.25 | -.13 | .08 | .33 | .02 | -.35 | .17 | .31 | .34 | | .48 | .43 | .71 |
| Al | .20 | .26 | -.21 | -.26 | -.09 | -.13 | .57 | .72 | -.20 | .21 | | .69 | .46 |
| Cu | -.18 | -.01 | -.15 | -.07 | -.11 | .04 | .38 | .54 | -.00 | .59 | .35 | | .45 |
| Cr | -.23 | -.01 | -.02 | .20 | -.00 | -.24 | .38 | .43 | .17 | .88 | .35 | .78 | |

Деление матрицы основных компонентов «очищенной» выборки позволило выделить три значимых (выделено жирным) факторных нагрузки (Фактор 1, Фактор 2 и Фактор 3), суммарная дисперсия которых составила порядка 60 % (табл. 3).

Таблица 3. Основные факторные нагрузки «очищенной» выборки

| Компоненты | Фактор 1 | Фактор 2 | Фактор 3 | Фактор 4 | Фактор 5 |
|------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|
| Lm | .21 | .06 | .09 | .80 | .25 |
| V ¹⁰⁰ | -.10 | .39 | -.25 | .62 | -.27 |
| Np | -.07 | .12 | .04 | .09 | .92 |
| pH | -.01 | .18 | .94 | .06 | .12 |
| Щч | -.09 | .09 | .51 | .29 | -.27 |
| Кч | -.04 | -.06 | .92 | -.08 | .07 |
| Fe | -.53 | .21 | .19 | .59 | -.04 |
| Pb | .64 | -.09 | -.23 | -.43 | .27 |
| Ba | -.06 | .92 | .10 | .14 | .09 |
| Al | .74 | .47 | .28 | .15 | .18 |
| Cu | .56 | -.09 | -.17 | -.55 | -.06 |
| Cr | .86 | -.04 | -.04 | .15 | -.07 |
| Si | .88 | .23 | .24 | .08 | .06 |
| Дисперсия, % | 30.0 | 21.7 | 12.3 | 7.7 | 7.1 |

Таким образом, было установлено, что метод многомерного анализа данных позволяет на основе информации, заключенной в пробах работавшего масла, выявлять глубинные причинно-следственные связи между ними и процессами, происходящими в химмотологических системах типа «двигатель-масло-эксплуатация».

Список литературы:

1. Соколов А.И., Тищенко Н.Т., Аметов В.А. Оценка работоспособности машин по параметрам работающего масла: учеб. пособие. – Томск: изд-во Томского ун-та, 1991. – 200 с.
2. Современные материалы в автомобилестроении. Справочник. – М.: Машиностроение, 1977. – 271 с.

ГИДРОФОБНАЯ КОМПОЗИЦИЯ ДЛЯ ЗАЩИТЫ АВТОМОБИЛЕЙ ОТ КОРРОЗИИ

*Ю.А. Власов, д.т.н., доц.,
Н.Н. Дебелова, к.т.н., доц.
Д.А. Гришин, магистрант гр. М23.19/ 1
Томский государственный архитектурно-строительный университет,
634003, г.Томск, пл.Соляная,2,
тел.(3822)-653-468
E-mail: yury2006@yandex.ru*

Виды коррозионных разрушений достаточно разнообразны – равномерная коррозия, неравномерная, пятнами, коррозия язвами, питтинговая, структурно-избирательная и др. Межкристаллитная коррозия наиболее опасный вид коррозии, который обусловлен сложностью выявления. Последствия скрытно протекающих коррозионных процессов зачастую приводят к авариям, большим финансовым потерям и др. [1].

В настоящее время без антикоррозийного покрытия не обходится ни один автомобиль в мире. Так, вследствие деформации кузова на ухабах, вибрации на неровностях дорог при движении, провоцируются подвижки в сварочных швах кузова автомобиля. Соединения теряют жесткость, что снижает плотность прилегания деталей друг к другу. Другой негативный фактор – это воздействие камней и гравия на днище и подкрылки автомобиля. Все это в совокупности приводит к развитию очагов коррозии.

В настоящее время для обработки металлических поверхностей автомобиля наиболее широко применяются такие защитные материалы, как пушечное сало и различные композиции полимеров.

Пушечное сало это состав, включающий в качестве основы нефтяное масло, загущённое петролатумом и церезином, и антикоррозионные присадки различной природы. Основные эксплуатационные характеристики таких составов: высокие адгезионные и консервационные свойства, водостойкость, способность удерживаться на наклонных и вертикальных поверхностях. Составы эксплуатируются при температуре $-50...+50$ °С. Область применения: защита от коррозии металлических изделий, предотвращение процессов проявления ржавчины консервация металлических изделий и механизмов. Внешне напоминает литол и содержит около 1 % ингибитора коррозии.

Композиции с использованием полимерных связующих представляют собой полимеры неорганической и органической природы с наполнителями в количестве до 96 масс. %. В качестве наполнителя, преимущественно, применяется цинковая пыль. Формируется такое покрытие путем нанесения на металл особого жидкого или порошкообразного состава в камере для полимеризации.

В настоящей работе рассмотрен синтез композиции для эффективной защиты поверхности стали от коррозии и результаты исследования ее эксплуатационных свойств.

Исследуемая композиция включает компоненты серы и мелкодисперсного железа. Выбор компонентов состава обусловлен тем, что сера является многотоннажным отходом производства в нефтяной промышленности и является дешевым сырьем. Мелкодисперсное железо является металлом, близким по своей природе к стали. Применение металла другой природы, в случае нарушения целостности поверхности защиты, неизбежно приводит к возникновению гальванической пары и, как следствие, к более интенсивному развитию процессов коррозии.

Синтез состава проводили путем перемешивания элементарной серы и мелкодисперсного железа в различных соотношениях по массе. Оптимальным по результатам предварительных экспериментальных исследований оказался состав, содержащий 50 масс. % железа и 50 масс. % серы. Смесь тщательно перемешивали и нагревали до температуры 280 ± 40 °С. Затем

XIII Международная научно-техническая конференция «Современные проблемы машиностроения»

расплав смеси наносили тонким слоем на поверхность стали марки 09Г2С (96,1 % железа, 0,9% углерода, 2% марганца, 1% кремния).

Полученный состав испытывали на коррозионную стойкость, прочность при сжатии, морозостойкость, виброустойчивость, гидрофобность.

Коррозионную стойкость исследовали на образцах стали размерами 3×3 см путем их погружения в 3 % раствор поваренной соли. Исходный образец стали выдерживали в течение 1, 4 и 16 часов в солевом растворе, что показано последовательно на рис. 1.

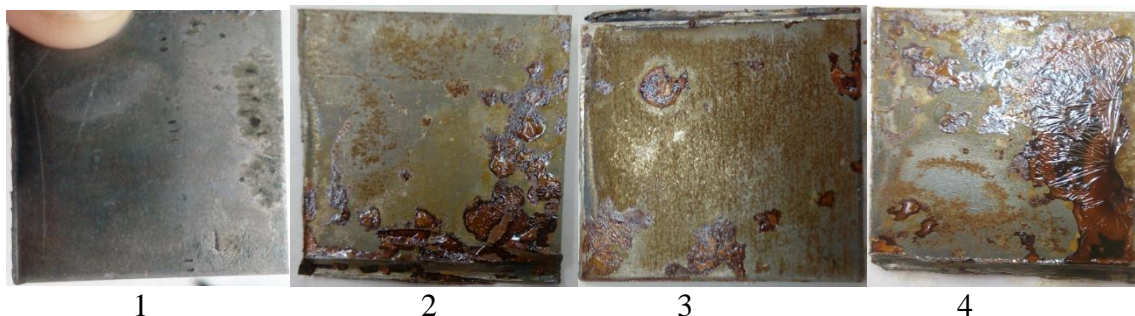


Рис. 1. Фотографии образцов стали в различные сроки выдержки в солевом растворе:
1 – исходный образец; 2 – после 1 часа выдержки; 3 – после 4 часов выдержки;
4 – после 16 часов выдержки

На рисунке 2 приведено изображение нанесенного на сталь исследуемого раствора:

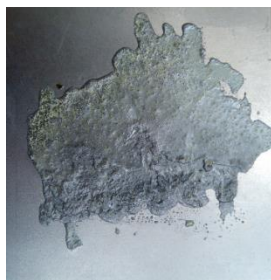


Рис. 2. Образец стали с нанесенным раствором

Экспериментальные исследования показали, значительное улучшение эксплуатационных характеристик стали, обработанной гидрофобной композицией:

- прочность при сжатии – не менее 24 МПа;
- морозостойкость – не менее 60 циклов;
- виброустойчивость – при частоте вибрации 50 Гц и 28 циклах нагружения образцов в течение 30 минут не наблюдаются появление трещин или отслоение композиции от поверхности стали;
- краевой угол смачивания капли воды на поверхности композиции составляет более 90° , что указывает на высокие значения гидрофобных свойств.

Вывод. Предложенная композиция является эффективной коррозионной защитой стали 09Г2С, широко используемой в автомобильной промышленности.

Список литературы:

1. Семенова И.В., Флорианович Г.М., Хорошилов А.В. Коррозия и защита от коррозии: учебное пособие – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. – 416 с.

ОРГАНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ БОЛЬШЕГРУЗНЫХ САМОСВАЛОВ В УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

*Ю.А. Власов, д.т.н., доц., А.Н. Ляпин, инженер ОМТС,
О.В. Ляпина, ст. преподаватель, В.Р. Фукс, к.т.н., доц.
Томский государственный архитектурно-строительный университет,
634003, г.Томск, пл.Соляная,2,
тел.(3822)-653-468
E-mail: yury2006@yandex.ru*

В настоящее время известен ряд методов диагностического контроля агрегатов большегрузных самосвалов, имеющих свои преимущества и недостатки. Одним из таких методов является диагностика по анализу работающего масла [1]. Эта диагностика не является универсальной и не заменяет полностью другие виды диагностики. Однако главным преимуществом этой диагностики является то, что она позволяет оценить качество работающего масла с точки зрения влияния его на долговечность работы агрегата. Таким образом, с внедрением современных методов диагностирования силовых агрегатов транспортно-технологических машин по анализу масла решаются в определенной степени два важных вопроса – своевременное устранение ряда технических неисправностей диагностируемых агрегатов и своевременная замена работающего масла, отрицательно влияющего на долговечность.

Организацию системы контроля большегрузных самосвалов покажем на примере разреза «Шестаки» Кемеровской области, в эксплуатации которого находится парк машин большой грузоподъемности с гидромеханической трансмиссией Белорусского автозавода. В частности – самосвалы БелАЗ-7547, БелАЗ-7548, БелАЗ-7555В.

Проведенные исследования статистики отказов данных машин показывают [2, 3], что основную долю неисправностей составляют агрегаты с замкнутой системой смазки: двигатели внутреннего сгорания – 40%; трансмиссия – 25%; тормозная система – 7%; рулевое управление – 4%; гидравлическая система – 2%; электрооборудование – 5%; шасси – 17%. На основе комплексного характера информации работающего масла появилась возможность создавать высокоэффективные системы эксплуатационного контроля и управления надежностью автосамосвалов в условиях разреза «Шестаки».

Информация, полученная при помощи параметров работающего масла, позволяет с высокой достоверностью оценить техническое состояние узла или группы деталей в целом, но не может дать конкретной информации о месте нарушения неисправности. Эту задачу можно решить с применением методов инструментальной диагностики, что нарушает принцип безразборного подхода к оценке работоспособности.

Инструментальная диагностика на разрезе включает набор приборов и специального оборудования: профессиональный инструмент фирмы STANLWILLE (Германия), тестер тормозной жидкости, рефрактометр, мультиметр, компрессометр, неконтактный инфракрасный термометр (пирометр), дымомер ИНФРАКАР-Д, эндоскоп, включающий осветитель, стробоскоп дизельный, гидротестер и другое оборудование.

Данные приборы значительно улучшили работу службы диагностики разреза «Шестаки». Однако, как отмечалось выше, инструментальный контроль дополняет информацию о состоянии машины, а наибольшая эффективность диагностирования достигается внедрением системы контроля и управления надежностью агрегатов машин по параметрам масла (СКУНА ПМ).

Материально-технической базой СКУНА ПМ на ОАО «Разрез Шестаки» является лаборатория физико-химических и спектральных методов анализа. Лаборатория осуществляет комплексное решение вопросов диагностики агрегатов машин, определение пригодности работающего масла к дальнейшей эксплуатации, нахождение и устранение причин,

приводящих к снижению долговечности силовых агрегатов и увеличению расхода топлива и смазочного материала. Кроме того, лаборатория осуществляет контроль и несет ответственность за качество поступающих свежих нефтепродуктов (моторные и трансмиссионные масла, смазочные материалы, а также топливо и рабочие жидкости), поступающих на предприятие.

Для организации контроля пригодности работающего масла к дальнейшей эксплуатации, а также для диагностики двигателей и агрегатов трансмиссии выбраны следующие параметры, по которым определяют качество работающего масла: негорючие механические примеси в масле; температура вспышки масла; наличие воды в масле; наличие водорастворимых кислот; водородный показатель; щелочное число.

Диагностика технического состояния силовых агрегатов методом спектрального анализа масла на фотоэлектрической установке МФС-7 производится на основе определения концентрации характерных химических элементов износа в работающем масле.

Общая схема диагностики силового агрегата и контроля качества работающего масла в предприятии выглядит следующим образом. Каждая партия поступающего в предприятие масла подвергается анализу, на основе которого выдается заключение о пригодности его в эксплуатации.

На каждый силовой агрегат (двигатель внутреннего сгорания, гидромеханическая передача, редуктор заднего моста, бортовой редуктор, гидросистема) заведена учетная карточка, в которой отмечаются результаты анализа работающего масла, даты смен масла и пробег при каждой смене масла и его техническое состояние.

Результаты анализа работающего масла с рекомендациями по техническому обслуживанию и списком устраненных неисправностей ежедневно регистрируются в специальном журнале. Результаты анализа свежего масла и топлива регистрируются по мере поступления их на предприятие.

Системный контроль работающего масла отобранного из двигателей, гидромеханических передач, редукторов заднего моста автосамосвалов БелАЗ, от количества выполненных анализов проб в лабораториях физико-химического и спектрального анализа, позволяет выявлять не менее 15% неисправностей, не прибегая к разбору агрегата.

Очевидно, что совершенствование организации службы инструментального диагностирования самосвалов, а также внедрение системы контроля и управления надежности по параметрам работающего масла на разрезе «Шестаки» позволяет на ранних стадиях предупреждать возникновения неисправностей и предотвращать дорогостоящий ремонт силовых агрегатов.

Список литературы:

1. Соколов А.И., Тищенко Н.Т., Аметов В.А. Оценка работоспособности машин по параметрам работающего масла: Учебное пособие. – Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1991. – 200 с.
2. Власов Ю. А., Хохрин А. В., Родимов Д. А. Диагностирование гидросистем транспортно-технологических машин по параметрам работающего масла. // Вопросы современной науки: проблемы, тенденции и перспективы: материалы международной научно-практической конференции, г. Новокузнецк. – Ульяновск: Зебра, 2017. – С 22–27.
3. Власов Ю. А., Петров В. В., Ляпин А. Н. Организация системы диагностирования на автотранспортных предприятиях горнодобывающей отрасли // Вопросы современной науки: проблемы, тенденции и перспективы: материалы международной научно-практической конференции, г. Новокузнецк. – Ульяновск: Зебра, 2017. – С. 27–32.

ПЕРСПЕКТИВЫ ФОТОФИКСАЦИИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ

Ю.А. Власов, д.т.н., доц.,

В.Р. Фукс, к.т.н., доц.

Р.С. Усов, магистрант гр. М23.19/1

Томский государственный архитектурно-строительный университет,

634003, г. Томск, пл. Соляная, 2,

тел. (3822)-653-468

E-mail: yury2006@yandex.ru

Неудовлетворительные дорожные условия, небрежность или ошибки водителя, а также неисправность автомобилей считаются основными причинами в большинстве случаев при расследовании дорожно-транспортных происшествий (ДТП). Процедура фиксации и оформления ДТП в настоящее время предусматривает три варианта:

1. Европейский протокол, участники происшествия сами оформляют и фиксируют все обстоятельства, с обязательным использованием фото и видео аппаратуры.

2. Аварийный комиссар, оформляет и фиксирует все обстоятельства происшествия, с обязательным использованием фото и видео аппаратуры.

3. Инспектор ГИБДД, оформляет и фиксирует все обстоятельства происшествия, использование фото и видео аппаратуры не обязательно.

Довольно часто возникают спорные ситуации, расследование и экспертиза которых производится по имеющимся материалам, к которым в том числе относятся фотографии и видеосъемка. В большинстве случаев, участник происшествия использует мобильное устройство при фиксации и оформлении сложившейся ситуации (рис. 1).



а)



б)

Рис. 1. Фотографии выбоин в дорожном покрытии:

а) общий вид дорожной обстановки; б) перчатка водителя мотоцикла в выбоине

На рис.1, а – водитель мотоцикла зафиксировал общую дорожную ситуацию. На рис.1, б – с целью понимания масштаба и размера выбоин, водитель использовал перчатку как масштабный маркер. В данной ситуации, владельцу мотоцикла придётся доказывать, что дорожное покрытие не соответствует требованиям к эксплуатационному состоянию, допустимому по условиям обеспечения безопасности дорожного движения [2].

В настоящее время вычислительные возможности мобильных устройств существенно выросли, что позволяет применять метод фотофиксации при оценке повреждений по измерениям на серии последовательных кадров видеосъемки, которая сводится к формированию по графическим меткам элементов матрицы геометрических преобразований и восстановлению трехмерных координат точек объекта по перспективным проекциям в каждой картинной плоскости [3].

Практическое применение предлагаемого метода при фотометрии может быть довольно широким. Однако, при фиксации и определении реальных размеров, например, выбоин в дорожном покрытии или вмятин поврежденных кузовных деталей автомобилей, применение данного метода становится очевидным и перспективным [4].

Рассмотрим стереопару для иллюстрации метода мобильной фотофиксации и возможностей использования фотометрии для оценки ущерба автомобиля при ДТП (рис. 2).

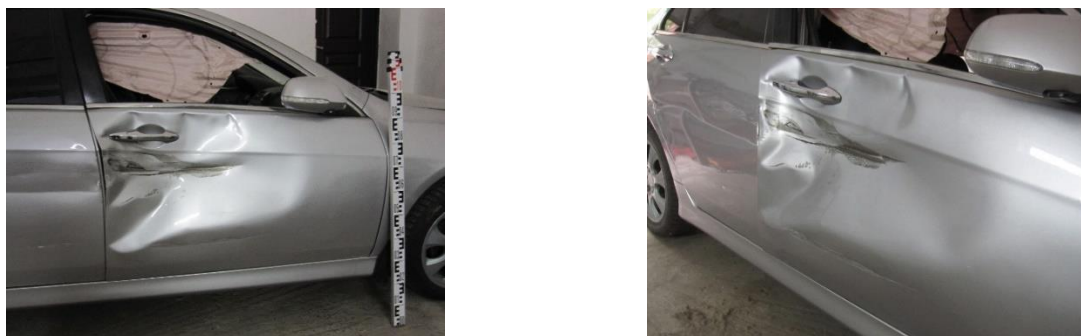


Рис. 2. Фотографии автомобиля повреждённого в ДТП

Координаты вершин исследуемого 3D-объекта, в нашем случае вмятины кузовной детали автомобиля, измерялись линейкой. Координаты соответствующих точек на изображениях фиксировались в графическом редакторе с использованием манипулятора «мышь». Попытка восстановления 3D-координат вершин объекта дала хорошее совпадение с исходными значениями [4]. Более того, в ходе расчетов удалось поправить измерения на фото и опечатки при снятии отсчетов. Задаваясь измеренными значениями точки поверхности кузовной детали на левом и правом снимках стереопары, можно проверить выполнение теоремы Пифагора. В нашем случае вычисленное расстояние исследуемой вмятины автомобиля по предлагаемому методу составило 31,97 см, что на 0,08% отличается от измеренного значения 32 см.

Реализация метода осуществлялась на смартфоне под управлением ОС Андроид [5].

Вывод. Решение задачи автоматизации поиска графических маркеров и опорных точек на фотоизображениях, в том числе поврежденных автомобилей, позволит сократить время обследования и создать объективную цифровую модель не только ущерба автомобиля, но и места происшествия. Это в значительной степени повлияет на точность составления схемы ДТП, более быстрое освобождение проезжей части от участников происшествия и восстановление пропускной способности дороги.

Список литературы:

1. Домке Э.Р. Расследование и экспертиза дорожно-транспортных происшествий. М.: Издательский центр «Академия», 2009. – 288 с.
2. ГОСТ Р 50597-93 «Автомобильные дороги и улицы. Требования к эксплуатационному состоянию, допустимому по условиям обеспечения безопасности дорожного движения».
3. Роджерс Д., Адамс Дж. Математические основы машинной графики. М.: Мир, 2001. – 604 с.
4. Перспективы использования мобильной фотофиксации для оценки повреждений автотранспортных средств // Давыдов А.В., Калинин В.С., Эшаров Э.А., Власов Ю.А. В сборнике: Безопасность колёсных транспортных средств в условиях эксплуатации. Материалы 106-й МНТК. 2019. С. 29–35.
5. Федотова М.А., Ковалёв А.П., Кушель А.А. [и др.]. Оценка машин и оборудования. М.: ИНФА-М, 2017. – 324 с.

УСТАНОВКИ ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ СИЛОВЫХ АГРЕГАТОВ

*Ю.А. Власов, д.т.н., доц.,
М.Ю. Мещеряков, магистрант гр. М23.19/1
Томский государственный архитектурно-строительный университет,
634003, г.Томск, пл.Соляная,2,
тел.(3822)-653-468
E-mail: yury2006@yandex.ru*

На сегодняшний день актуальны работы, направленные на совершенствование системы технического обслуживания путём создания испытательного оборудования, позволяющего проводить проверку работоспособности систем смазки силовых агрегатов транспортно-технологических машин (ТТМ) [1, 2].

Проверка технического состояния элементов указанных систем осуществляется в рамках текущих или капитальных ремонтов с использованием стационарных стендов.

На сегодняшний день известно большое количество стендов для проведения испытаний и обкатки силовых агрегатов ТТМ [3, 4, 5, 6]. Как правило, при диагностировании таким оборудованием показатели работы систем оцениваются не комплексно [3, 7], не предусматривается имитация нагрузки на агрегат [8], кроме того, подобные стенды являются стационарными, в них используют электрический привод, а для осуществления работы обязательно наличие трехфазной электрической сети.

Для решения выше указанных проблем предлагается использование в качестве нагружающего устройства установку, включающую в себя гидравлическую систему.

Общий вид и гидравлическая схема установки представлены на рисунке 1.

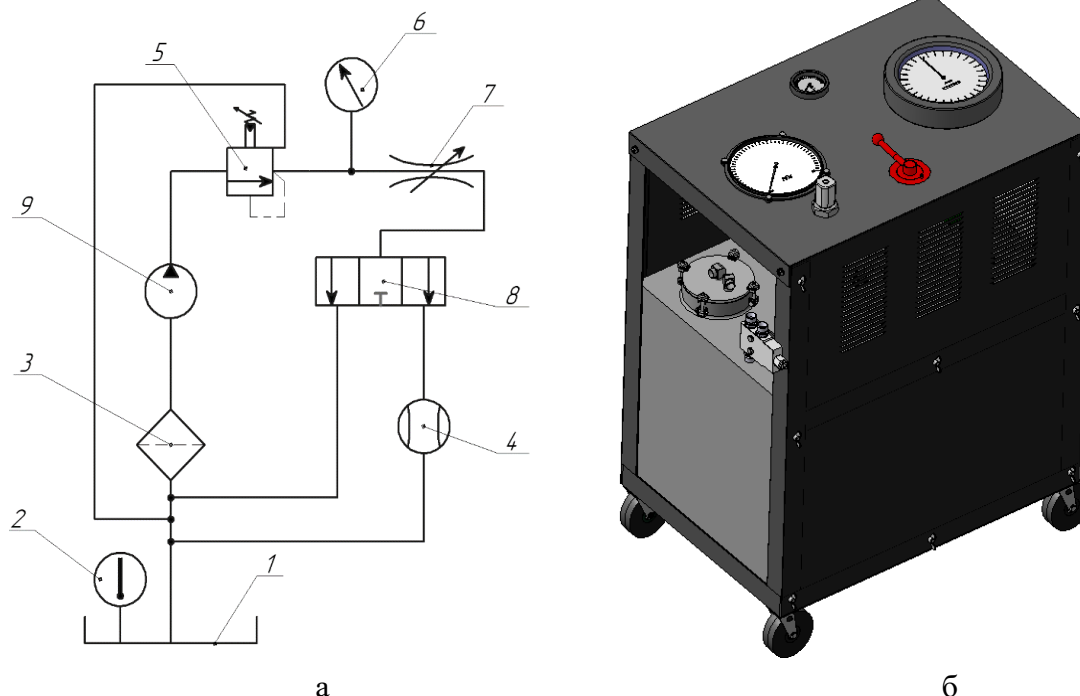


Рис. 1. Гидравлическая схема работы (а) и общий вид (б) установки.

Принцип работы установки.

Гидравлическое масло из бака (1) проходит очистку в полнопоточном фильтре (3), затем поступает в гидравлический насос (9), установленный на испытуемом агрегате. При помощи изменения подачи топлива двигателем внутреннего сгорания и положения регулируемого дросселя (7) устанавливается характерный скоростной и нагрузочный режим работы

испытываемого агрегата. Контроль частоты вращения осуществляется при помощи штатных или переносных тахометров, давление масла измеряется при помощи манометра (6) на приборной панели установки. После установления характерного режима работы при помощи переключения рукоятки управления двухпозиционным распределителем (8) поток масла направляется на расходомер объемного типа (4), показания которого необходимы для расчета параметров нагрузки на агрегат. После прохождения расходомера масло поступает обратно в бак установки. Для предотвращения нарушения герметичности трубопроводов перед регулируемым дросселем устанавливается клапанный блок с регулируемым предохранительным клапаном (5).

В процессе проведения испытаний контролируются следующие параметры работы:

- давление в линии высокого давления;
- температура масла в гидравлическом баке;
- расход масла за период времени;
- частота вращения вала (опционально).

Применение разработанной установки с гидравлическим приводом позволяет реализовать следующие преимущества:

- меньшие массово-габаритные параметры;
- мобильность, т.к. разработанная установка размещена на тележке;
- возможность проводить испытания, как двигателей ТТМ, так и коробок передач, благодаря сравнительно низким частотам вращения гидравлического насоса;
- обеспечение плавного регулирования частоты вращения.

Список литературы:

1. Модульный обкаточно-тормозной стенд для обкатки дизелей / Носихин А.С. // Механика и машиностроение. № 4. 2012. С 59–62.
2. Распределение отказов двигателей / А.Е. Королев // Научный журнал «Novaum» <http://novaum.ru/public/p.412>.
3. Универсальное контрольно-диагностическое сервисное оборудование для технического обслуживания и ремонта агрегатов гидропривода, трансмиссии МТП / Н.А. Петрищев, С.Н. Саяпин, А.А. Данков, А.О. Капусткин // Механизация строительства, 2013. № 1 (823). С 5–10.
4. Малахов, В.С. Ремонт тракторов Т-150 и Т-150К / В.С. Малахов, А.С. Мудрук, П.М. Кривенко. – М.: Колос, 1982. – 222 с.
5. Стенды динамические для обкатки двигателей внутреннего сгорания / ООО «КОПИС» // URL: <http://kopis.ru/products/138>.
6. Стенды для обкатки и испытаний ДВС / СТЕНДЫ ИСПЫТАНИЯ ДВС // URL: http://stenddvs.ru/katalog/stendy_obkatki_i_ispytaniy_dvs/.
7. Диагностика технического состояния центробежных фильтров очистки масла на стенде КИ-28256.01 / Капусткин А. О. // Труды ГОСНИТИ. 2013. № 1. С. 13-17.
8. Диагностика степени износа подшипников дизельного двигателя в процессе эксплуатации / Е.П. Барыльникова, А.А. Гафиятуллин, О.А. Кулаков // Проблемы функционирования систем транспорта. Материалы международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – Тюмень, 2015. С. 68–75.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ОПТИМАЛЬНОЙ ВЕЛИЧИНЫ НАГРУЗКИ КОЛЬЦЕВОГО ЧЕТЫРЁХСТУПЕНЧАТОГО ТЕРМОАКУСТИЧЕСКОГО ДВИГАТЕЛЯ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ ГОРЯЧЕГО ТЕПЛООБМЕННИКА

И.Б. Горшков, аспирант 4 курса.

*Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени
Н.Г.Чернышевского, 410012, г. Саратов, ул. Астраханская, 83,
тел.8 927 117 19 13
E-mail: GoshX3@mail.ru*

В качестве акустической нагрузки термоакустического двигателя наиболее перспективным является турбогенератор на основе двунаправленной импульсной турбины [1] (рис. 1).

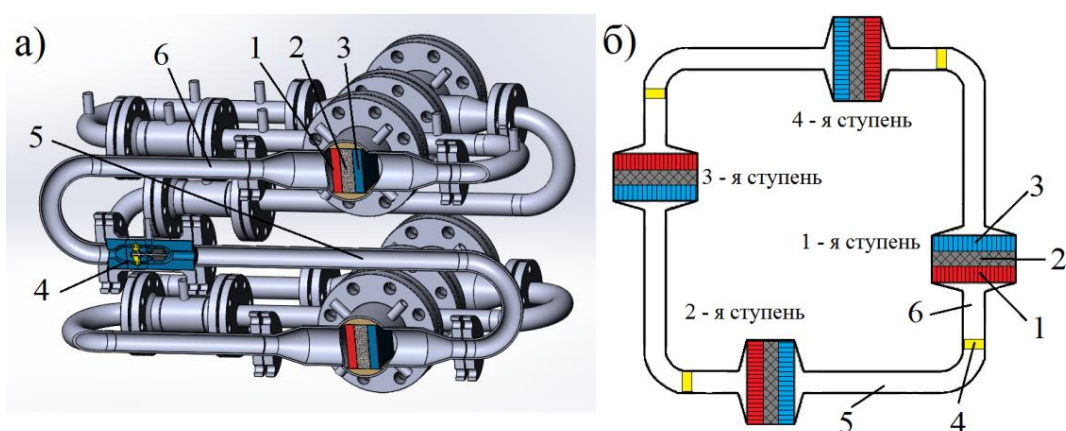


Рис. 1. Конструкция моделируемого термоакустического генератора:

а) 3D модель, б) схематичное изображение;

1 – горячий теплообменник; 2 – регенератор; 3 – холодный теплообменник;

4 – акустическая нагрузка; 5 – концевая часть резонатора;

6 – термальная буферная трубка

Оптимальная геометрия лопаток сопловых аппаратов и лопаток ротора в такой турбине практически не зависит от интенсивности акустической волны [2].

Основным параметром, определяющим величину акустической нагрузки при использовании турбины, является отношение площади поперечного сечения лопаток турбины на входе к площади поперечного сечения резонатора.

В программе Delta EC [3] было проведено численное моделирование 4-х ступенчатого двигателя с площадью поперечного сечения теплообменной части $0,02 \text{ м}^2$. Поперечная площадь резонатора в 15 раз меньше, чем у теплообменной части. Длина кольцевого корпуса составила 8 метров. Рабочее тело – аргон под давлением 15 атм. Было произведено 5 расчётов для различных температур горячих теплообменников, при температуре холодных теплообменников $40 \text{ }^\circ\text{C}$. Была произведена оптимизация величины нагрузки для каждого из расчётов.

Полученные результаты занесены в табл. 1.

При температуре горячего теплообменника $T_r = 300 \text{ }^\circ\text{C}$ максимальная амплитуда колебаний давления относительно давления накачки составила $6,77 \%$ в зоне холодного теплообменника. Это максимальная относительная компрессия $k_{отн}$ во всём кольцевом корпусе. При этом амплитуда колебаний перепада давления на нагрузке $|P_l|$ составила только $1,94 \%$, то есть $0,287$ часть от максимальной амплитуды колебаний в двигателе. С

уменьшением T_T отношение $|P_l|/k_{отн}$ стремительно уменьшается, что свидетельствует о том, что условия для работы турбины становятся неблагоприятными.

Таблица 1. Зависимость оптимальной величины нагрузки от температуры горячего теплообменника

| Температура горячего теплообменника, °С | Максимальная относительная компрессия $k_{отн}$, % | Оптимальная относительная амплитуда колебаний перепада давления на нагрузке $ P_l $, % | $ P_l /k_{отн}$ |
|---|---|---|-----------------|
| 300 | 6,77 | 1,94 | 0,287 |
| 250 | 6,06 | 1,41 | 0,233 |
| 200 | 4,85 | 0,84 | 0,173 |
| 150 | 3,53 | 0,37 | 0,105 |
| 120 | 2,65 | 0,15 | 0,057 |

Для турбины желательна как можно большая амплитуда $|P_l|$ для повышения её эффективности.

Резкое уменьшение амплитуды колебаний давления на нагрузке с уменьшением температуры нагрева горячих теплообменников свидетельствует о том, что при температуре нагрева горячих теплообменников ниже 200 градусов условия для работы двунаправленной турбины складываются крайне не благоприятные.

Низкая амплитуда колебаний давления на турбине сопряжена с низкой частотой вращения, соответственно с плохими массогабаритными характеристиками, и с большими относительными потерями.

Таким образом, использование турбин в термоакустике желательно только при достаточно высокой температуре нагрева горячих теплообменников.

Список литературы:

1. Timmer M. A. Theo H. M., Optimizing bidirectional impulse turbines for thermoacoustic engines // The Journal of the Acoustical Society of America. – 2020. – Vol. 147. – P. 2348 – 2356. – DOI: <https://doi.org/10.1121/10.0001067>
2. Timmer M. A. Theo H. M., Optimizing bidirectional impulse turbines for thermoacoustic engines // The Journal of the Acoustical Society of America. – 2019. – Vol. 146. – P. 3524 – 3535. – DOI: <https://doi.org/10.1121/1.5134450>
3. Ward B., Clark G., Swift G. Design environment for low-amplitude thermoacoustic energy conversion, version 6.4b27, users guide // Los Alamos National Laboratory. 2012. 288 p. URL: https://www.lanl.gov/org/ddste/aldps/materials-physics_applications/condensed-matter-magnet_science/thermoacoustics/_assets/docs/UsersGuide.pdf

ВЛИЯНИЕ СКОРОСТНОГО РЕЖИМА НА СНИЖЕНИЕ ДОРОЖНОЙ АВАРИЙНОСТИ

Д.В. Гуков, магистрант гр. М23.19/1.,

В.Р. Фукс, к.т.н., доц.,

Ю.А. Власов, д.т.н., профессор

Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г.Томск,

пл.Соляная,2,

тел.(3822)-654875

E-mail: yury2006@yandex.ru

В Российской Федерации за последние 10 лет в ДТП погибло более трехсот тысяч человек, ранено около трех миллионов [1].

Ежегодные экономические потери страны от ДТП составляют около 2 процентов валового внутреннего продукта и сопоставимы в абсолютных показателях с валовым региональным продуктом таких субъектов Российской Федерации, как Краснодарский край или Республика Татарстан [1].

Для лучшего понимания можно сравнить социальные и экономические потери страны с потерями от пандемии коронавируса 2020 года.

Для изменения сложившейся ситуации необходимо произвести комплексные стратегические изменения структуры организации дорожного движения и главное - изменить психологию мероприятий. Существующую сегодня стратегию на снижение количества дорожно-транспортных происшествий (ДТП) необходимо заменить на снижение тяжести последствий после ДТП. В качестве примера, необходимо принять и применить опыт Швеции и Финляндии.

Одним из факторов снижения тяжести последствий ДТП является снижение скоростного режима. Экспериментально доказано, что, при ДТП автомобиля движущегося со скоростью 30 км/ч, большинство людей выживают. При наезде автомобиля, едущего со скоростью 50 км/ч, большинство людей гибнут.

На кафедре автомобильного транспорта и электротехники Томского государственного архитектурно-строительного университета были проведены исследования скоростного режима на дорожном маршруте Лагерный сад – проспект Ленина – улица Пушкина – Иркутский тракт – Приборный завод. Некоторые результаты работы приведены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты исследования скоростного режима

| Участок | Протяженность участка, км. | Светофоры | | Время движения, мин. | | |
|--------------------------|----------------------------|---------------|---|---------------------------------|--------------------|-----------------------------|
| | | кол-во единиц | Суммарное время работы «красного»/«зеленого» сигнала, мин | Разрешенная скорость на участке | Скорость 40 км/час | Разница во времени движения |
| Лагерный сад – ТГАСУ | 5 | 18 | 8 мин 42 с. /17 мин. | 9 мин. 30 с. | 11 мин. | 1 мин. 30 с. |
| ТГАСУ – ДОСААФ | 3 | 8 | 3 мин. 27 с. /7 мин. 46 с. | 4 мин. 57 с. | 6 мин. 20 с. | 1 мин. 23 с. |
| ДОСААФ – Приборный завод | 6,3 | 6 | 2 мин. 29 с. /6 мин 36 с. | 8 мин. 20 с. | 10 мин. | 1 мин. 40 с. |

Анализ полученных данных позволяет сделать следующие выводы и предложения. Снижение максимально разрешенной скорости движения на маршруте Лагерный сад – проспект Ленина – улица Пушкина – Иркутский тракт – Приборный завод незначительно (не более полутора минут) увеличит продолжительность нахождения в пути на каждом из рассмотренных участков. Не повлечет изменения режима работы светофоров. Позволит снизить тяжесть последствий ДТП при столкновениях автомобилей и наездах на пешеходов.

Поворот налево и разворот, обгон с выездом на полосу встречного движения входят в число наиболее часто происходящих ДТП приводящих к летальным исходам и ранениям участников дорожного движения. По итогам первого полугодия 2020 года доля этих нарушений составила более 15 процентов и привела к гибели 990 человек.

С целью исключения ДТП по выше указанным причинам на участке ДОСААФ – Приборный завод, предлагается изменить прерывистую разметку на сплошную. Водители будут обязаны двигаться до участка дороги с круговым движением.

Данный маршрут протяженностью шесть километров имеет четыре участка с круговым движением (остановки ДОСААФ, Суворова, Лазо, 53 школа). Расстояние между участками с круговым движением составляет не более полутора километров. Протяженность маршрута увеличится не более трех километров, а время в пути увеличится не более 2-3 минут. Опыт городов, внедривших подобную систему организации движения (Хельсинки, Осло, Санкт-Петербург) показывает на значительное сокращение ДТП на аналогичных участках дорог.

Основной целью предлагаемых мероприятий является минимизация возможности лобовых столкновений на рассматриваемом участке. Необходимо исключить физическую возможность пересечения встречных потоков. Решением будет установка разделительных полос. Таким образом, возможность лобового столкновения практически полностью исключается.

Однако, этим положительный эффект разделительных полос не исчерпывается. Можно выделить еще несколько моментов, положительно влияющих на безопасность движения и общее состояние городской среды:

- упорядочение движения (исключение левых поворотов, разворотов, выезда недисциплинированных водителей на встречную полосу движения, ситуация на дороге становится прогнозируемой и менее нервной);

- защита пешеходов (выделенные полосы могут служить удобными промежуточными убежищами для пешеходов при пересечении перекрестков, при использовании нерегулируемых пешеходных переходов они просто необходимы);

- упорядочение рядности (в наших городах немало дорог определить рядность которых не представляется возможным, они широки для двухрядного движения, но узкие для четырехрядного движения, разделительные полосы позволят упорядочить движение и снять нервное напряжение водителей при движении).

Предлагаемые мероприятия не повлекут значительных финансовых затрат, но позволят сократить количество и тяжесть ДТП и сохранить жизни и здоровье людей.

Список литературы:

1. Распоряжение Правительства РФ от 08.01.2018 N 1-р «Об утверждении Стратегии безопасности дорожного движения в Российской Федерации на 2018 - 2024 годы» [Электронный источник] / http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_288413/ (дата обращения 03.09.2020)

2. Федеральный закон от 10 декабря 1995 г. № 196-ФЗ (ред. От 30.07.2019) «О безопасности дорожного движения» [Электронный источник] / http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_8585/ (дата обращения 04.09.2020)

КАЧЕСТВО ПОДГОТОВКИ ВОДИТЕЛЕЙ КАК ВАЖНЕЙШИЙ ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

Д.В. Гуков, магистрант гр. М23.19/1.,

В.Р. Фукс, к.т.н., доц.,

Ю.А. Власов, д.т.н., профессор

Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г.Томск,

пл.Соляная,2,

тел.(3822)-654875

E-mail: yury2006@yandex.ru

Стратегией безопасности дорожного движения в Российской Федерации на 2018 - 2024 годы [1] предусмотрено повышение требований к организации учебного процесса и качества подготовки для получения права на управление транспортными средствами соответствующих категорий.

К сожалению, требования к качеству работы автошкол в настоящее время четко не определены. Возникает вопрос: по каким критериям оценить качество подготовки?

Применяемый сегодня критерий качества подготовки водителей – «сдача квалификационных экзаменов в ГИБДД с первого раза», на наш взгляд является не совсем корректным и не всегда отражает действительную картину. Статистика показывает, что количество дорожно-транспортных происшествий, совершенных сдавшими экзамены со второго и более раза не отличается от сдавших с первого раза.

Наиболее объективным показателем работы автошколы будет количество человеко-экзаменов на одного выпускника автошколы, сдавшего квалификационные экзамены в ГИБДД. В идеале данный показатель должен быть равен единице.

Важнейшей составляющей в процессе подготовки водителей является качество нормативной базы для подготовки водителей. Основным документом являются Примерные программы подготовки водителей автотранспортных средств, введенные в действие в 2014 году [2] и на основе которых разрабатываются программы учебных организаций.

Рассмотрим некоторые пункты данных примерных программ на примере подготовки водителей категории «В»

Занятия по практическому вождению проводятся по маршрутам утвержденным ГИБДД. При этом не рассматривается то, что после успешной сдачи квалификационных экзаменов новоиспеченный водитель останется в машине один на один с дорогой. Как он поведет себя в создавшихся условиях неизвестно. Считаем необходимым на заключительном этапе ввести занятия по практическому вождению по маршрутам наиболее часто используемым кандидатом в водители. Например: «дом – работа», «дом- школа» и т.д. Подобный подход позволит молодому водителю избежать психологического стресса и по мере получения опыта вождения увеличивать количество и протяженность маршрутов.

При обучении вождению на закрытой площадке 6 часов отводится на вождение с прицепом, практическое вождение в условиях городского движения не предусмотрено. В рабочей программе [2] предмета «Вождение» имеется примечание: упражнения выполняются по желанию обучающегося и могут быть заменены на другие упражнения без прицепа. При отказе количество часов сокращается до 50. Целесообразно использовать эти 6 часов отведенных на управление автомобиля с прицепом на изучение маршрутов наиболее часто используемым кандидатом в водители. Желающие управлять автомобилем с прицепом должны пройти подготовку по программе «Е к В».

В целом практические занятия по вождению составляют чуть более четверти от общего количества часов предусмотренных на освоение программы. С учетом того, что по законодательству присваивается профессия водитель, этого явно недостаточно.

И еще об одном несоответствии. По окончании обучения выдается свидетельство о профессии водителя. Ранее выдавалось свидетельство о профподготовке, а после экзамена в ГИБДД - водительское удостоверение. Поясняем, в чем парадокс, на наш взгляд. Федеральным законом [3] от 10 декабря 1995 г. № 196-ФЗ "О безопасности дорожного движения" подготовка водителей отнесена к профессиональному обучению. В свою очередь, Федеральным законом [4] от 29 декабря 2012 г. № 273-ФЗ "Об образовании в Российской Федерации" установлено, что профессиональное обучение в образовательной организации заканчивается квалификационным экзаменом, что подтверждается свидетельством о профессии водителя. Однако нигде нет упоминания об экзаменах в ГИБДД МВД России. И получается, что после окончания автошколы ученик получает профессию "водитель", но у него нет водительского удостоверения, позволяющего управлять транспортным средством.

Созрела необходимость изменения нормативно правовой базы. В настоящее время водительское удостоверение, за исключением отдельных случаев, действительно десять лет. Предлагается для лиц получивших право управления транспортным средством впервые, выдавать водительские удостоверения с испытательным сроком, например, один год. По истечении установленного срока сделать анализ нарушений. За систему оценки можно взять, к сожалению отмененную, бальную систему учета нарушений ПДД водителями. Итогом анализа может быть направление на дополнительную подготовку или получение водительского удостоверения с полным или неполным сроком действия.

Существующая система подготовки кандидатов в водители предусматривает изучение ряда предметов, в числе которых первая помощь при ДТП и психофизиологические основы деятельности водителя. В большинстве случаев в автошколах эти предметы изучаются формально, отсутствуют квалифицированные преподаватели и современная материальная база.

Предлагается передать изучение данных дисциплин специализированным организациям, например, МЧС или Центру медицины катастроф. Реализация данного предложения позволит привлечь квалифицированных специалистов-практиков и использовать современную материально-техническую базу, что значительно повысит качество подготовки.

Действующие Нормативно-правовая база подготовки водителей не в полной мере соответствуют современным требованиям обеспечения безопасности дорожного движения и требует внесения дополнений и изменений.

Список литературы:

1. Стратегия безопасности дорожного движения в Российской Федерации на 2018 - 2024 годы. Распоряжение Правительства РФ от 08.01.2018 N 1-р [Электронный источник] / http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_28413/ (дата обращения 07.09.2020)
2. Программа профессиональной подготовки водителей транспортных средств категории "В" Приказ Минобрнауки России от 26.12.2013 N 1408 (ред. от 19.10.2017) «» [Электронный источник] / http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_65639/ (дата обращения 07.09.2020)
3. Федеральный закон от 10 декабря 1995 г. № 196-ФЗ (ред. От 30.07.2019) «О безопасности дорожного движения» [Электронный источник] / http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_8585/ (дата обращения 08.09.2020)
4. Федеральный закон от 29.12.2012 N 273-ФЗ (ред. От 31.07.2020) «Об образовании в Российской Федерации» [Электронный источник] / http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_140174/ (дата обращения 08.09.2020)

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА РЕСУРСА СПИРОИДНЫХ ПЕРЕДАЧ С УЧЕТОМ ЭКВИВАЛЕНТНОГО ВРАЩАЮЩЕГО МОМЕНТА

*А.В. Зайцев, старший преподаватель
Сибирский государственный университет путей сообщения,
630049, Россия, г. Новосибирск, ул. Д. Ковальчук, 191
E-mail: zaitsev.zaw@yandex.ru*

В результате эксплуатации механизмов грузоподъемных машин происходят разрушения активных поверхностей зубьев передач червячного класса, что приводит к преждевременному отказу машин. Основными причинами отказа являются преждевременный износ и заедание зубьев червячных колес [1-4].

В настоящее время отсутствует метод прогнозирования ресурса спироидных передач, учитывающий переменность нагрузки и время её действия на выходном валу редуктора.

На рис. 1 приведены экспериментальные зависимости интенсивности $J_{иср}$ изнашивания и ресурса L зубьев спироидного колеса от значений вращающего момента на выходном валу редуктора T_i тяговой лебедки укладочного крана для замены элементов железнодорожного пути. Для тяговой лебедки характерны тяжелые режимы эксплуатации, при которых значительно изменяются полезные сопротивления на выходном валу спироидного редуктора и длительность их действия в течение цикла работы.

Данные зависимости $J_{иср}=F(T_i)$ позволяют найти интенсивность изнашивания зуба спироидного колеса для соответствующего значения эквивалентного вращающего момента T_{HE} установленного графика переменного нагружения вала редуктора тяговой лебедки.

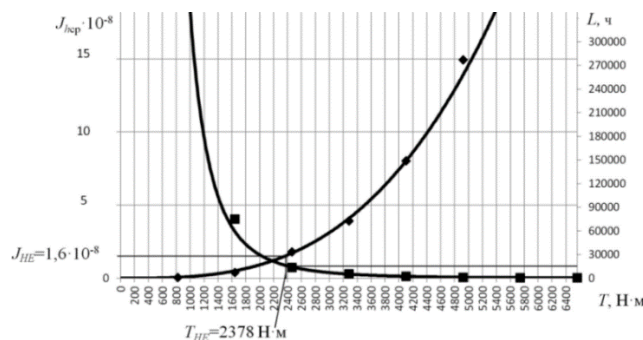


Рис. 1. Интенсивность изнашивания и ресурс спироидного колеса в зависимости от значений вращающего момента на выходном валу редуктора тяговой лебедки

Цель исследования – разработка метода расчета ресурса спироидного редуктора по износу с учетом эквивалентного вращающего момента на выходном валу на основе полученных экспериментальных графиков зависимости интенсивности изнашивания и ресурса спироидного колеса от значений вращающего момента на выходном валу спироидного редуктора, а также с учетом графика ступенчатого нагружения выходного вала спироидного редуктора.

Расчет ресурса спироидного редуктора в приводе лебедки для перетягивания пакетов звеньев рельсошпальной решетки

1. Эквивалентный вращающий момент на выходном валу спироидного редуктора:

$$T_{HE} = T_{max} \sqrt[3]{\sum_{i=1}^n \left(\frac{T_i}{T_{max}}\right)^3 \cdot \frac{N_i}{N_{\Sigma}}}, \quad (1)$$

где $T_{max}=3280$ Н·м – максимальный рабочий вращающий момент; T_i/T_{max} – относительное значение вращающего момента на i -й ступени нагружения выходного вала редуктора (рис. 2); N_i/N_{Σ} – относительное количество циклов действия относительного значения вращающего момента на i -й ступени нагружения выходного вала редуктора (рис. 2); n – число ступеней

нагружения выходного вала редуктора.

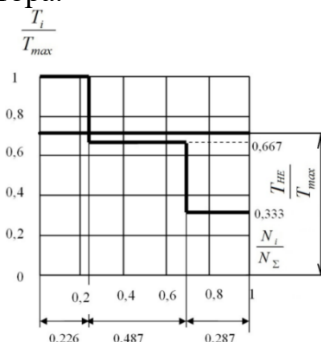


Рис. 2. График ступенчатого нагружения выходного вала спироидного редуктора тяговой лебедки

$$T_{HE} = 3280 \cdot \sqrt[3]{1^3 \cdot 0,226 + 0,667^3 \cdot 0,487 + 0,333^3 \cdot 0,287} = 2378 \text{ Н}\cdot\text{м},$$

2. Удельная расчетная сила в зацеплении соответствующая эквивалентному вращающему моменту T_{HE} :

$$w_{HE} = \frac{T_{HE}}{T_{max}} w_{HEmax}, \quad (2)$$

где $w_{HEmax}=389$ Н/мм-удельная расчетная сила в зацеплении соответствующая максимальному рабочему вращающему моменту T_{max} .

$$w_{HE} = \frac{2378}{3280} \cdot 389 = 282 \text{ Н/мм}$$

3. Предельно допустимый износ зубьев спироидного колеса для машин данного типа:

$$[h_2] = 0,125 \pi m \cos \alpha_{xR}, \quad (3)$$

где $m=8$ мм – расчётный осевой модуль витка червяка; $\alpha_{xR}=8^\circ$ – правый делительный осевой угол профиля витков червяка.

$$[h_2] = 0,125 \cdot 3,14 \cdot 8 \cdot \cos 8^\circ = 3,11 \text{ мм}$$

4. Прогнозируемый ресурс спироидного редуктора:

$$L = \frac{[h_2]}{60 \cdot 2,25 \cdot J_{HE} \sqrt{w_{HE} \cdot \eta \cdot (\rho_{red1,2})_R} \cdot \frac{V_{SY2} \cdot n_2 \cdot i}{V_{FY2}}}, \quad (4)$$

где $[h_2]=3,11$ мм – предельно допустимый износ зубьев спироидного колеса; $J_{HE}=1,6 \cdot 10^{-8}$ – экспериментально определенное значение интенсивности изнашивания материала спироидного колеса соответствующая эквивалентному вращающему моменту T_{HE} (определяется по графику рис. 1).

$$L = \frac{3,11}{60 \cdot 2,25 \cdot 1,6 \cdot 10^{-8} \sqrt{282 \cdot 1,4 \cdot 10^{-5} \cdot 91,2 \cdot \frac{4037}{962} \cdot 37}} = 14654 \text{ часа}$$

Представленный алгоритм расчета позволяет прогнозировать ресурс спироидного редуктора в зависимости от переменности нагрузки на выходном валу.

Список литературы:

1. Дроздов Ю.Н., Анферов В.Н. К расчету ресурса спироидных передач по износу // Расчетно-экспериментальные методы оценки трения и износа. М.: Наука, 1980. – С. 19–22.
2. Дроздов Ю.Н. Метод расчета на износ зубчатых передач // Передачи и трансмиссии. – 2002. – № 2. – С. 37–43.
3. Зайцев А.В., Ткачук А.П., Анферов В.Н. Расчет ресурса спироидного редуктора в приводе кабелесборочного механизма электропогрузчика // Вестник ИжГТУ имени М. Т. Калашникова. – 2017. – Т. 20. – № 2. – С. 24–28.
4. A. Zaitsev. Calculation of the resource of spiroid transmissions from wear in the step of loading mode. 2019. IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 403 012221

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ЗАПИСИ ПАРАМЕТРОВ АВТОМОБИЛЯ ПРИ АНАЛИЗЕ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ

*А.И. Захаров, к.т.н., доц.,
А.В. Семенов, студент гр. 3047/1,
Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, Сибирский
федеральный округ, Томская область, г. Томск, пл. Соляная, д. 2
тел.(3822)-653-251
E-mail: avtosn@mail.ru*

При расследовании дорожно-транспортных происшествий (ДТП) определяющее значение имеет возможность анализа действий участников в последние секунды перед происшествием.

Согласно пункту 10.1 Правил дорожного движения [1] «при возникновении опасности для движения, которую водитель в состоянии обнаружить, он должен принять меры к снижению скорости вплоть до остановки транспортного средства». Поэтому до последнего времени наиболее распространенной была методика оценки действий водителя по наличию следов торможения на поверхности дороги [2]. Однако, в связи с повсеместным внедрением антиблокировочных систем, применение этой методики становится невозможным, так как при торможении колеса не блокируются и, соответственно, не оставляют следов. Кроме того, в зимних условиях следы невозможно отследить из-за наличия льда и снега на поверхности дороги.

Согласно проведенным исследованиям, в 53% случаев тормозной путь установить невозможно и необходимо пользоваться усредненными данными [3].

Считается, что обстоятельства ДТП возможно прояснить путем допроса участников и очевидцев. Однако, опыт участия в экспертизах по делам о ДТП, а также опрос экспертов, позволяет сделать вывод о ненадежности подобных источников информации. Участники ДТП являются заинтересованными сторонами. А очевидцы могут непредумышленно исказить информация под воздействием как субъективных, так и объективных факторов.

Использование видеорегистраторов также не позволяет полностью решить проблему, так как дает только визуальную картину ДТП без технических данных.

Для более надежного анализа причин возникновения дорожно-транспортных происшествий используется методика EDR (Event Data Recorder). Она предполагает постоянно перезаписываемый непрерывный цикл информации о состоянии и поведении автомобиля. Эта методика становится все более актуальной в связи с предстоящим появлением в широкой эксплуатации беспилотных автомобилей, управляемых искусственным интеллектом.

Для более эффективного применения методики EDR исследовались вопросы, касающиеся необходимого временного периода записи и выбора записываемых параметров. Согласно проведенным исследованиям, период времени от момента возникновения опасности до момента ДТП в 80% случаев составляет 2,3 с. Исходя из этого, устанавливается период перезаписи данных с достаточной степенью надежности.

Наиболее важными параметрами для установления причин ДТП являются действия водителя органами управления автомобилем, а именно:

- положение рулевого колеса (42%);
- положение педали рабочего тормоза (98%);
- включение указателя поворота (60%);
- подача звукового сигнала (63%);
- степень открытия дроссельной заслонки (90%);
- ремни безопасности (75%);
- включение фар (56%).

С точки зрения поведения автомобиля наиболее существенными факторами являются:

**XIII Международная научно-техническая конференция
«Современные проблемы машиностроения»**

- скорость автомобиля (95%);
- ускорение и замедление (82%);
- поперечное скольжение (78%).

Указанные данные можно получить путем подключения блока EDR к бортовой сети автомобиля и при помощи встроенных датчиков (таблица 1).

Таблица 1 Типовые параметры (выборочно)

| | | | | | | | | |
|------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Время,с | -4,85 | -3,85 | -3,35 | -2,85 | -1,85 | -0,85 | -0,35 | 0 |
| Скорость, км/ч | 78 | 77 | 78 | 100 | 90 | 80 | 72 | 67 |
| Замедление, м/с ² | 3,66 | -0,93 | 3,52 | 2,87 | 2,58 | -8,83 | -5,03 | -8,97 |
| Стоп-сигнал | выкл | выкл | выкл | выкл | выкл | вкл | вкл | вкл |
| Положение педали газа, % | 0 | 0 | 39 | 100 | 95 | 0 | 0 | 0,5 |

Не все современные автомобили оснащаются специальными модулями для записи данных. Тем не менее, получение части параметров автомобиля в момент ДТП возможно по данным самодиагностики системы OBD II (On Board Diagnostic Generation II). Эта система состоит из пакета американских и европейских стандартов. В частности, стандарты SAE J2012 [4] и ISO 15031-6, описывающие данные, которые записываются в память любой электронной системы при возникновении неисправности, требуют, чтобы обязательно записывался т.н. freeze frame (стоп-кадр), в котором содержатся данные о состоянии автомобиля и его систем в момент возникновения неисправности. В подавляющем числе ДТП выходят из строя одна или несколько электронных систем автомобиля и в память записываются соответствующие коды неисправностей и ,что особенно важно, их стоп-кадры.

Существенной проблемой при использовании EDR технологий является отсутствие на месте ДТП аппаратуры и специалистов для работы с электронными блоками. Кроме того, отсутствуют общедоступные базы данных, которые бы позволили при составлении первичных документов по ДТП изымать необходимые электронные устройства.

При анализе возможности использования данных глобальной системы позиционирования и речевого самописца был сделан вывод о невысокой информативности подобной информации и законодательной неурегулированности вопроса. В частности, использование системы позиционирования позволяет отслеживать перемещение водителя, что противоречит закону о защите персональных данных [5]. Кроме того, необходимо защитить подобные данные от действий злоумышленников.

Список литературы:

1. Правила дорожного движения Российской Федерации на 2020 : новые дорожные знаки по ПНСТ на 2018-2020 годы. – Москва : АСТ, сор. 2020. – 95 с., [8] л. ил.
2. Иларионов В.А. Экспертиза дорожно-транспортных происшествий. – М. : “Транспорт”, 1989. – 255 с.
3. Суворов Ю.Б. Судебная дорожно-транспортная экспертиза. – М.: “Экзамен”, 2003. 190 с.
4. SAE J2012: Diagnostic Code Definitions: Society of Automotive Engineers, 2002. – 62 p.
5. О персональных данных: Федеральный закон от 27.07.2006 № 152-ФЗ // СЗ РФ. – 2006.

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ФАКТОРОВ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ ИЗНАШИВАНИЯ МЕХАНИЗМОВ

*В.Д. Исаенко, к.т.н., с.н.с., П.В. Исаенко, к.т.н., доц., А.В. Исаенко, к.т.н., доц.
Томский государственный архитектурно-строительный университет,
634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, тел. (3822)-65-98-02
E-mail: isaenko_pv@mail.ru*

Многолетний опыт использования мобильных машин указывает напрямую зависимость надежности их механизмов и узлов от многочисленных факторов, учесть которые при описании процессов изнашивания достаточно сложно. Поэтому при формализации процесса в формулы вводят корректирующие коэффициенты, как это представлено в зависимостях, описываемых интенсивность изнашивания деталей машин [1,2]:

$$I = k \frac{P_h}{H} \text{ и } I = v^m. \quad (1)$$

Здесь k – коэффициенты, зависящие от свойств материала, абразива и параметров потока смазывающей жидкости, не раскрывая содержания этих свойств;

p_h , H , v , m – соответственно контактное давление, твердость поверхности детали, скорость потока жидкости и показатель степени различных сталей.

С другой стороны для объективной оценки динамики изнашивания деталей механизмов с замкнутой системой смазки с точки зрения управления их надежностью этого недостаточно.

Для двигателей внутреннего сгорания, редукторов, коробок перемены передач машин и т. п., как замкнутой системы «механизм–масло», из многообразия видов изнашивания твердых тел преимущественным является абразивное [3,4].

Классически считается [1,2], что механизм изнашивания трущихся пар заключается в процессе микроцарапания (микрорезания) поверхности материала более твердыми механическими частицами (абразивом) в присутствии или без смазывающей жидкости. Авторами работы [5] выполнено исследование интенсивности изнашивания пары трения зубчатого зацепления редуктора мотор-колеса большегрузных автосамосвалов, которая в общем виде представлена как

$$I = \Delta r \cdot n, \quad (2)$$

где Δr – глубина царапин на поверхности зуба, мм;

n – число циклов зацепления.

Глубина царапания:

$$\Delta r = \frac{2 p_h \sum S_i (1 - \mu^2)}{E h}, \quad (3)$$

где p_h – контактное давление, кг/мм²;

S_i – площадь поперечного единичного выступа, вступающего в контакт при вращении, мм²;

E – модуль упругости, кг/мм²;

μ – коэффициент Пуассона;

h – толщина масляной пленки в зубчатом зацеплении, мм.

Очевидно, что при теоретическом изучении процессов изнашивания системы «механизм–масло» требуется учитывать по возможности все ее параметры.

В этой связи авторы настоящей работы сделали попытку раскрыть внутренне содержание коэффициента k , входящего в выражения (1), исходя из собственных представлений о взаимосвязях трибологической системы «машина–масло».

В результате выведено безразмерное выражение вида

$$k = n \frac{p_h \Sigma A}{G \rho_s S} \cdot \frac{g_{\text{м.п.}} \tau v \Delta \lambda}{\mu a \Delta C}, \quad (4)$$

где τ – текущая наработка трущейся пары механизма машины, км (ч);

n – частота соприкосновений (соударений) выступов, с^{-1} ;

p_h – контактное давление внешней нагрузки на сопряженную пару механизма, Па;

ΣA – суммарная площадь контактов, м^2 ;

G – модуль сдвига поверхностных слоев материала деталей, Па;

ρ_s – поверхностная плотность материала, $\text{кг}/\text{м}^2$;

S – площадь поверхностной активности смазывающего материала в зазоре между сопряженными деталями, мм^2 ;

$g_{\text{м.п.}}$ – удельное содержание твердых механических примесей, циркулирующих вместе с маслом, смазывающим узел контакта, $\text{кг}/\text{м}^3$;

v – кинематическая вязкость масла в пробе, взятой из работающего механизма, $\text{м}^2/\text{с}$;

$\Delta \lambda$ – разность теплопроводности материала деталей и масла, $\text{кг} \cdot \text{м}/\text{с}^3 \cdot \text{К}$;

ΔC – разность удельной теплоемкости материалов контактной пары, $\text{м}^2/\text{с}^2 \cdot \text{К}$;

μ – массовая скорость потока масла, смазывающего узел, $\text{кг}/\text{с} \cdot \text{м}^2$;

a – поверхностная активность масла, как абсорбента, $\text{м}^3/\text{с}^2$.

Очевидно, что для снижения коэффициента, a , следовательно, и интенсивности изнашивания сопряжений, необходимо:

- минимизировать суммарную площадь контакта за счет конструктивных мероприятий;
- обеспечивать механическую систему эффективными агрегатами очистки смазывающего масла, недопускающими повышения вязкости за счет механических примесей как органического, так и неорганического происхождения;
- подбирать марку масел, обладающих свойствами, положительно взаимодействующими с конкретной маркой металла (материала детали);
- повышать поверхностную плотность контактирующих поверхностей за счет их упрочнения;
- повышать активность масла в зоне контакта за счет модифицированных присадок;
- не допускать снижения работоспособности масляного насоса, обеспечивающего прокачиваемость масла через зазор, вынося из зоны контакта механические примеси;
- увеличивать площадь активности масла в зазоре путем конструктивных особенностей узла;
- повышать теплопроводность масла и снижать ее у деталей при повышенной разности удельной теплоемкости сопряженной пары за счет подбора материала деталей.

Список литературы:

1. Кузнецов В.Д. Физика твердого тела. Том 4. – Томск: Полиграфиздат, 1947. – 543 с.
2. Ханин М.В., Крагельский И.В. Единство механизмов эрозионного разрушения материалов при трении и при обтекании их поверхности потоком жидкости или газа // ДАН СССР. – 1968. – Т. 181. – № 6. – С. 1372–1374.
3. Лукинский В.С., Котиков Ю.Г., Зайцев Е.И. Долговечность деталей шасси автомобиля. – Л.: Машиностроение, Лен.отд., 1984. – 231 с.
4. Григорьев М.А., Пономарев Н.Н. Износ и долговечность автомобильных двигателей. – М.: Машиностроение, 1976. – 248 с.
5. Исаенко В.Д., Исаенко А.В., Исаенко П.В. Основы теории надежности технических систем (Автомобильный транспорт): учеб. пособие. – Томск: ТГАСУ, 2018. – 208 с.

К ВОПРОСУ О РАБОТОСПОСОБНОСТИ ВОЗДУШНЫХ ФИЛЬТРОВ ДИЗЕЛЕЙ АВТОСАМОСВАЛОВ

В.Д. Исаенко, к.т.н., с.н.с.,

П.В. Исаенко, к.т.н., доц.,

А.В. Исаенко, к.т.н., доц.

*Томский государственный архитектурно-строительный университет,
634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, тел. (3822)-65-98-02*

E-mail: isaenko_pv@mail.ru

Известно, что эксплуатационная надежность трущихся деталей двигателей внутреннего сгорания (ДВС) автотракторных средств всецело зависит от чистоты воздуха, топлива и масла, что обеспечивается работоспособностью соответствующих систем очистки.

Особые требования предъявляются к системам очистки воздуха (СОВ) дизельных ДВС карьерных автосамосвалов, работающих в различных регионах страны, по обслуживанию угольных разрезов при повышенной запыленности воздуха (3,5–11,7) г/м³ и размером частиц пыли до 80 мкм и выше [1, 2].

СОВ дизелей большегрузных автосамосвалов БелАЗ, М-200 и HD-1200, работающих в разрезах Кузбасса, способны задерживать абразивные частицы опасных размеров при условии современного выполнения требований НТД по контролю их работоспособности.

Однако, как показал многолетний опыт эксплуатации автосамосвалов, не все водители и обслуживающий персонал выполняют эти требования, в связи с чем СОВ, имея свои конструктивные особенности, зачастую содержат различные неисправности, обусловленные некачественным обслуживанием (табл. 1).

Таблица 1. Доля основных неисправностей СОВ дизелей и влияние на содержание износного железа (*Fe*) в работающем масле

| Характер неисправностей | БелАЗ-75211 (Беларусь) | | М-200 (США) | | HD-1200 (Япония) | |
|---|------------------------|---------|---------------------|---------|---------------------|---------|
| | Доля неисправностей | Fe, г/т | Доля неисправностей | Fe, г/т | Доля неисправностей | Fe, г/т |
| 1. Ослабление узла крепления картонного фильтроэлемента | 32,1 | 58,4 | 42,7 | 35,6 | 47,9 | 44,2 |
| 2. Разрыв прокладок КФЭ | 12,0 | 46,8 | 6,6 | 25,4 | – | – |
| 3. Деформация корпуса картонного фильтра | 8,5 | 55,7 | 10,3 | 48,6 | 27,0 | 43,4 |
| 4. Разрушение резиновых патрубков фильтра | 0,8 | 66,2 | 1,7 | 42,6 | 17,3 | – |
| 5. Перекос при установке КФЭ | 23,0 | 80,4 | 21,0 | 64,6 | 7,8 | 14,6 |
| 6. Деформация с разрывом фильтрующей шторы КФЭ | 23,0 | 77,8 | 13,8 | 45,5 | – | – |
| 7. Разрушение сварных конструкций воздухопроводов | 0,6 | 24,2 | 3,9 | 30,6 | – | – |
| Итого | 100 | – | 100 | – | 100 | – |

В результате абразивные частицы дорожной или кварцевой пыли (кремния), проникая в цилиндры дизеля и далее в поддон, в той или иной мере интенсифицируют износ трущихся поверхностей деталей и, главным образом, цилиндро-поршневой группы и кривошипно-шатунного механизма.

Очевидно, что при равных условиях эксплуатации автосамосвалов в одном и том же автотранспортном предприятии наиболее защищенными от возникновения неисправностей являются японские СОВ за счет конструктивных особенностей.

Следует отметить, что в материалы цилиндровой втулки импортных дизелей входят такие износостойкие металлы, как ванадий, вольфрам [4], что и снижает влияние кремния на износ.

**XIII Международная научно-техническая конференция
«Современные проблемы машиностроения»**

В результате анализа динамики загрязнения кремнием в зависимости от конструктивных особенностей СОВ дизелей установлена наработка автомобилей до нормативно-предельного содержания износного железа в масле (табл. 2).

Таблица 2. Зависимость наработки автомобиля до ремонта СОВ от загрязнения масла

| Марка автомобиля | Содержание кремния (Si), г/т, в масле при наработке (L), тыс. км | | Нормативное содержание железа (Fe), г/т, при $Si = 20-30$ г/т | Наработка автомобиля (L) до ремонта СОВ, тыс. км |
|------------------|--|------|---|--|
| | 80 | 95 | | |
| HD-1200 | 14,5 | 15,2 | 25-30 | 210 |
| M-200 | 17,1 | 18,4 | 35-40 | 180 |
| Б-75211 | 20,0 | 23,0 | 35-40 | 130 |

Из представленного материала следует, что наиболее работоспособной является СОВ дизелей японского производства. Однако последние десятилетия производители БелАЗов особо большой грузоподъемности (например, серии БелАЗ-7513) учли возникающие неисправности СОВ в реальных условиях эксплуатации и повысили их надежность.

Бесконтрольная работоспособность дизелей и их систем приводит к безграмотному использованию иных рекомендаций производителей автомобилей. Так, иные потребители, используя установку 10-77М промывают картонные фильтроэлементы (КФЭ) с целью увеличения их ресурса [3].

Авторами настоящей работы оценена эффективность этих мероприятий. Внешний вид КФЭ и содержание продуктов загрязнения (Si) и износа (Fe) представлены в табл. 3.

Таблица 3. Содержание продуктов загрязнения (Si) и износа (Fe) в пробах работающего масла при работе дизелей КамАЗ с восстановленными КФЭ

| Способ сушки | Внешний вид (состояние) КФЭ | Кремний, Si , г/т | | | Железо, Fe , г/т | | | Содержание от нормы Si/Fe , раз | | |
|---|-----------------------------|---------------------------------------|---|------|--------------------|------|-------|-----------------------------------|------|---------------------|
| | | MO | S | V | MO | S | V | | | |
| На открытом воздухе при $t^{\circ} = 20^{\circ}C$ | в состоянии покоя | без механических повреждений, влажный | неравномерная укладка шторы, коробление, точечные разрывы | 56,6 | 32,3 | 0,57 | 135,6 | 128,2 | 0,95 | $\frac{2,83}{3,02}$ |
| | при вращательном движении | без механических повреждений, сухой | замечания отсутствуют (видимые) | 37,4 | 17,2 | 0,46 | 118,7 | 91,4 | 0,77 | $\frac{1,87}{2,64}$ |
| Продувка воздухом при $t^{\circ}, ^{\circ}C$ | 50-60 | без механических повреждений, сухой | замечания отсутствуют (видимые) | 25,8 | 18,0 | 0,70 | 120,4 | 113,2 | 0,94 | $\frac{1,29}{2,66}$ |
| | 60-70 | коробление гофр шторы | коробление гофр, разрывы на сгибах шторы | 84,5 | 70,0 | 0,82 | 314,8 | 372,0 | 1,19 | $\frac{4,22}{7,0}$ |

Абсурдность этих занятий обусловлена короблением фильтрующей шторы с последующим разрывом, что приводит к запредельным износам дизелей.

Таким образом, для поддержания надлежащей работоспособности систем дизелей, отвечающих за их надежность, необходимо применять регулярный контроль современным диагностическим оборудованием высококвалифицированными работниками [4].

Список литературы:

1. Григорьев М.А., Пономарев Н.Н. Распределение размеров частиц загрязнений в рабочих жидкостях // Автомобильная промышленность. – 1981. – № 10. – С. 23–24.
2. Исаенко А.В. Повышение надежности топливных систем дорожных и строительных машин: дисс... канд. наук. – Томск. – 2006. – 177 с.
3. Антропов Б.Г., Нилов В.Б., Бацула Б.В. Установка для промывки фильтрующих элементов воздухоочистителей // Автомобильный транспорт. – 1977. – № 11. – С. 30–31.
4. Исаенко В.Д., Рычков С.Н. Повышение ресурса двигателей карьерных автомобилей-самосвалов силами автотранспортного предприятия // Автомобильная промышленность. – 1987. – № 3. – С. 23–24.

СПОСОБЫ КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ТОРМОЗОВ МЕХАНИЗМОВ ПОДЪЕМА ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ МАШИН

*Д.Ю. Орлов, к.т.н., доц., Ю.А. Орлов, к.т.н., доц.,
Д.П. Столяров, к.т.н., доц., Р.Н. Кахиев, к.т.н., доц.,
Томский государственный архитектурно-строительный университет,
634003, г. Томск, пл. Соляная, 2,
E-mail: orlovdenis@inbox.ru*

В промышленности широко применяются грузоподъемные машины с электроприводом. Неотъемлемой частью любой грузоподъемной машины является механизм подъема груза (рисунок 1), состоящий из редуктора 1, тормозного устройства 2, электродвигателя 3, грузового барабана 4, полиспаста 5 и грузозахватного органа (крюковой подвески) 6.

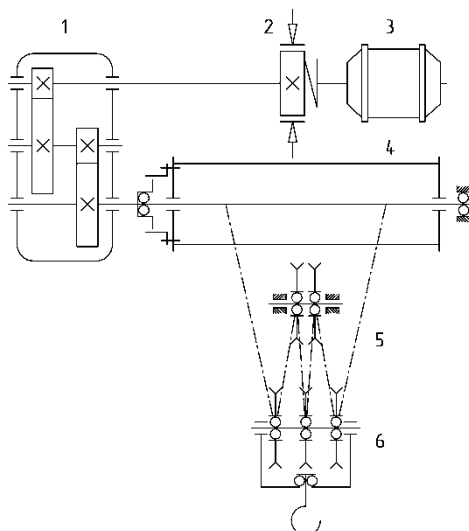


Рис. 1. Механизма подъема груза

Тормоз, входящий в состав механизма подъема груза, предназначен для остановки и удержания груза с заданным коэффициентом запаса торможения [1, 2]. Для обеспечения указанной функции тормоз должен обеспечивать необходимый тормозной момент M_T .

Во время жизненного цикла машины величина тормозного момента M_T по различным причинам может измениться, что может стать причиной аварии. Контролировать фактическую величину тормозного момента затруднительно. Поэтому актуальным представляется создание системы автоматического контроля величины тормозного момента. Задача такой системы – предупреждение аварий, связанных с отказом (неисправностью) тормозов.

Теоретические и экспериментальные исследования позволили выделить четыре способа определения величины тормозного момента:

- по времени затормаживания механизма после отключения электродвигателя;
- по энергии потребляемой электродвигателем при пуске механизма без груза в направлении опускания;
- по скорости разгона механизма;
- по потребляемой активной мощности при работе механизма подъема и кратковременном замыкании тормоза.

1. Определение тормозного момента по времени затормаживания механизма. Суть способа заключается в измерении продолжительности времени от момента отключения приводного электродвигателя до полной остановки механизма. Больше время остановки механизма будет соответствовать меньшему значению тормозного момента M_T .

2. Определение тормозного момента по энергии потребляемой приводным электродвигателем при пуске механизма. Энергетический анализ процессов протекающих при разгоне двигателя показал, что от величины тормозного момента зависит активная мощность P_1 , потребляемая электродвигателем из сети. Энергия W_1 потребляемая электродвигателем из сети с момента пуска двигателя до окончания электромеханических переходных процессов будет пропорциональна величине тормозного момента M_T .

3. Определение тормозного момента по скорости разгона механизма. Сравнивая зависимости $n_2 = f(t)$ – полученную при тормозном моменте отличном от номинального и $n_2^{HOM} = f(t)$ – полученную при номинальном тормозном моменте (рис. 2) видно, что величина тормозного момента M_T пропорциональна значению Δn_{2max} (где n_2 – частота вращения вала приводного двигателя, $\Delta n_2 = n_2 - n_2^{HOM}$). Определив значения Δn_{2max} для нескольких различных значений тормозного момента можно построить зависимость $\Delta n_{2max} = f(M_T)$.

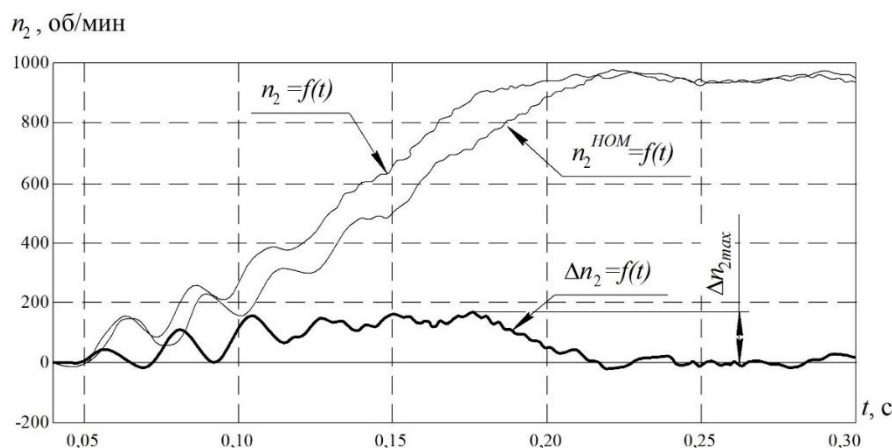


Рис. 2. Определение величины Δn_{2max}

4. Определение тормозного момента по потребляемой активной мощности при работе механизма подъема и кратковременном замыкании тормоза. Способ заключается в сравнении величин потребляемой активной мощности приводным электродвигателем при установившемся движении механизма и при принудительном кратковременном замыкании тормоза. Чем больше разница между измеренными значениями, тем больше значение тормозного момента.

Предложены алгоритмы практической реализации способов определения величины тормозного момента в микропроцессорных системах безопасности грузоподъемных машин. Исследования направлены на повышение безопасности и надежности грузоподъемных машин с электроприводом.

Список литературы:

1. Александров, М.П. Грузоподъемные машины: Учебник для вузов / М.П. Александров. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана – Высшая школа, 2000. – 552 с.
2. Александров, М.П. Справочник. Тормозные устройства / М.П. Александров, А.Г. Лысяков, М.В. Новожилов; под общ. ред. М.П. Александрова. – М.: Машиностроение, 1985. – 312 с.

ИНТЕГРИРОВАННАЯ СИСТЕМА БЕЗОПАСНОСТИ ЛИФТА

*М.Ю. Попов, к.т.н., доц.,
А.В. Негодин, ст.преподаватель,
Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003,
г.Томск, пл.Соляная, 2, корп. 4
тел.(3822)-651-915
E-mail: Semerka.82@mail.ru*

Существующая система безопасности лифта [1], блокирующая падение кабины в случае возникновения аварийной ситуации, состоит из следующих механизмов: 1-ограничителя скорости; 2-рычажной системы включения ловителей; 3-рычага включения ловителей; 4-каната ограничителя скорости; 5-натяжного устройства каната; 6-тяг включения ловителей; 7-клиновых ловителей; 8-рамы кабины; 9-направляющих башмаков ловителей.

Работа данной системы осуществляется следующим образом: при превышении кабиной номинальной скорости, шкив ограничителя скорости за счет центробежных сил блокируется, останавливая огибающий его канат, кабина, продолжая движение, приводит в движение рычаг включения тормозных ловителей через систему тяг. Место остановки кабины определяется, непосредственно, местом срабатывания ограничителя скорости.

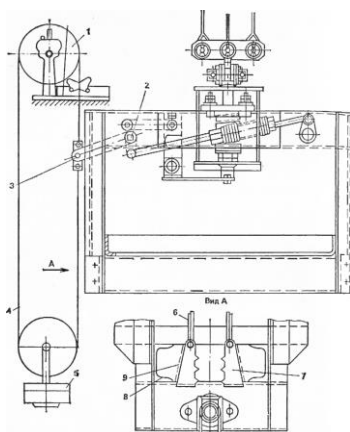


Рис. 1. Существующая система безопасности лифта

Данная система работает уже долгое время и имеет свои достоинства и недостатки. Достоинством данной системы является её механический привод, а, следовательно, и высокая надёжность. Правила нормативной документации по безопасной эксплуатации лифтов до недавнего времени имели пункт, который для привода ловителей не допускал применения электрических, пневматических и гидравлических устройств. Однако, механическая система, работая в агрессивной среде износа и коррозии, требует постоянной диагностики и обслуживания. Канат ограничителя скорости должен соответствовать требованиям регулировки номинальных значений сил трения между шкивом и канатом, чтобы привести в действие ловители. Кроме того, посадка кабины лифта на ловители, произойдет в том месте шахты, где её застанет момент срабатывания ограничителя скорости. Большой процент числа посадок на ловители занимают нарушения пассажирами правил эксплуатации лифтов. Кабина садится на ловители между этажей, в результате пассажиры на неопределенное время остаются запертыми в ограниченном пространстве, с возможным негативным развитием событий (эмоциональное расстройство пассажиров, самовольное открывание дверей кабины и т.д.).

В новых правилах устройства и безопасной эксплуатации лифтов [2] отсутствует пункт о том, что привод ловителей должен быть только, исключительно, механическим.

Предложенная схема работы интегрированной системы безопасности состоит из оптического щелевого датчика, выполняющего роль ограничителя скорости, который при перемещении кабины считывает количество импульсов в определенный период времени. Источником образования импульсов является перфорированная лента, размещенная на направляющей в свободном объеме шахты.

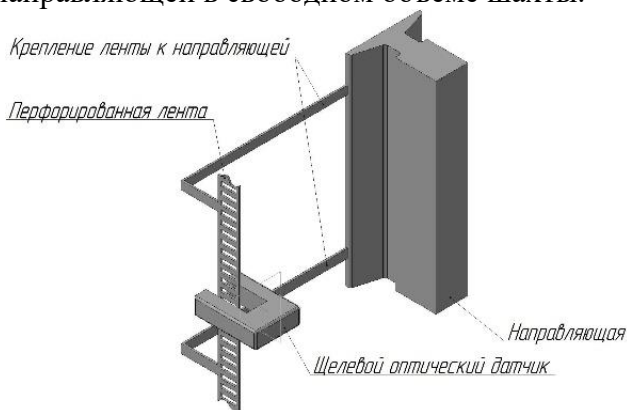


Рис. 2. Предлагаемая схема размещения оптического щелевого датчика

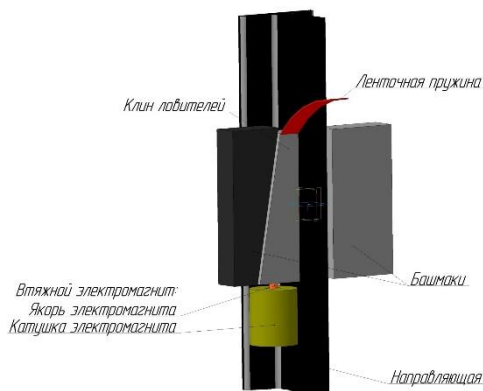


Рис. 3. Предлагаемая схема размещения клинового ловителя

Также в системе находится пара клиновых односторонних ловителей (по обе стороны кабины), приводимых в действие ленточной пружиной (рессорой). В рабочем положении втягивающие электромагниты удерживают ловители в расклиненном положении. При превышении скорости, то есть в аварийном случае, электромагниты отключаются, и рессора приведет в движение клин к направляющей. Произойдет остановка кабины лифта в результате самозатягивания клинового ловителя.

Система безопасности оснащена микропроцессором, который, получая сигнал от датчика ограничителя скорости, анализирует информацию и управляет срабатыванием ловителей.

Предлагаемая система безопасности лифтов более удобна пассажирам, так как остановка кабины будет производиться на этаже с последующим аварийным открыванием дверей для пассажиров.

Система управления будет исключать кратковременные превышения скорости кабины лифта, что благоприятно скажется на ресурсе его работы.

Конструктивная схема системы безопасности более компактна, исключая рычажные и центробежные системы, требующие регулярного обслуживания.

Список литературы:

1. Волков Д. П., Лифты: учебник для вузов. – М.: изд-во АСВ, 1999. – 480 с.
2. Правила устройства и безопасной эксплуатации лифтов. ПБ 10-558-03. – 136 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕЙСТВИЯ ТОРМОЗНОЙ СИЛЫ ЛИФТОВЫХ ЛОВИТЕЛЕЙ ПЛАВНОГО ТОРМОЖЕНИЯ

*М.Ю. Попов, к.т.н., доц.,
А.В. Негодин, ст.преподаватель,
Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003,
г.Томск, пл.Соляная, 2, корп. 4
тел.(3822)-651-915
E-mail: Semerka.82@mail.ru*

Тормозные ловители, применяемые, как средства безопасности, в оборудовании пассажирских лифтов, при срабатывании ограничителя скорости [1] в аварийных ситуациях останавливают на направляющих движущуюся вниз по шахте кабину (противовес). Ловители плавного торможения, которые чаще всего устанавливаются на лифтах, имеют различные конструкции, однако ни одна из них не является совершенной [2]. Кроме того, отклонения линейных размеров толщины головки направляющей, её волнистые формообразования, не прямолинейность, погрешности при выполнении монтажных работ по установке направляющих в шахте также негативно сказываются на эффективности действия тормозных ловителей. Этот фактор характеризуется отличающимися значениями пути торможения при каждой последовательной посадке кабины на ловители, линейные параметры могут достигать 1...2 м, следовательно, пассажиры, находящиеся внутри кабины лифта, могут испытывать физические перегрузки.

Тормозное усилие ловителей плавного торможения всегда переменено по времени [2]. Выкопировки из осциллограмм кинематических параметров торможения кабин пассажирских лифтов [2], показывают, что тренды ускорений при посадке на ловители плавного торможения не являются линейными. Поэтому тормозные силы, действующие на поверхностях ловителей, также не линейны и не являются константой сначала и до окончания пути торможения кабины. Методы расчёта, которые существуют в настоящее время, дают только максимальные и минимальные расчетные значения тормозной силы R , действующие на поверхностях ловителей и направляющих, на линейном участке S_T торможения кабины.

Перед пуском в работу лифта необходимо проводить испытания устройств безопасности и, кроме того, необходимо иметь информацию о нагрузках на упругие элементы конструкций ловителей и уравнения, показывающие изменения усилия торможения, как функциональную зависимость основного параметра для ловителей плавного торможения [1, 4].

Для этого уравнение энергии движения кабины (противовеса) при посадке на ловители [3] представляется в виде полинома, где также учитывается зависимость коэффициента трения от скорости скольжения и силы нормального давления в виде функции $\varphi=f(V,R)$, так как трение рабочих элементов ловителей по направляющей (металл по металлу) является нестабильным процессом и зависит от множества факторов, главным из которых является температура в зоне контакта трущихся поверхностей:

$$E_{i+1} = \left[\frac{m_{\text{Л}} \cdot V_i^2}{2} + m_{\text{Л}} \cdot g \cdot \left(\sqrt{2 \cdot \frac{E_i}{m_{\text{Л}}}} \cdot dt + \frac{\left(\sqrt{2 \cdot \frac{E_i}{m_{\text{Л}}}} - \sqrt{2 \cdot \frac{E_{i-1}}{m_{\text{Л}}}} \right) \cdot dt}{2} \right) \right] - n \cdot V_i \cdot R_i \cdot f(V, R) \cdot dt.$$

где, $m_{\text{Л}}$ – улавливаемая масса кабины (противовеса), кг; V_H – начальная скорость включения ловителей; R – тормозная сила ловителей, Н; V – скорость движения кабины (противовеса), м/с; S_T – путь торможения кабины (противовеса), м; g – ускорение свободного падения, м/с²; E_i – суммарная энергия движущейся кабины на i -временном интервале, Дж; V_i – скорость кабины на i -временном интервале, м/с; S_i – путь

пройденный кабиной на i -временном интервале, м; R_i – сила нормального давления на тормозную колодку, Н; φ – коэффициент трения между колодкой и направляющей, n – количество трущихся поверхностей.

По результатам моделирования вышеуказанного уравнения (при входных данных: масса улавливаемого груза $m_n = 500$ кг; скорость срабатывания ловителей в обоих случаях $V = 1,2$ м/с; количество трущихся поверхностей $n = 4$; коэффициент трения принимался в зависимости от температуры в зоне контакта трущихся поверхностей) были получены графики (рис. 1), где сила нормального давления колодки на клин в одном случае является постоянной (красный тренд), в другом случае плавно нарастающей (синий тренд).

При заданных условиях значение пути торможения составило $S_T = 0,3$ м. Анализ результатов показал, что итоговые расчеты почти одинаковы по величине пути торможения, но в случае плавного нарастания тормозного усилия будут снижены динамические нагрузки на поверхности лифтовых ловителей и их привод, а, следовательно, и на остальные элементы конструкции пассажирского лифта.

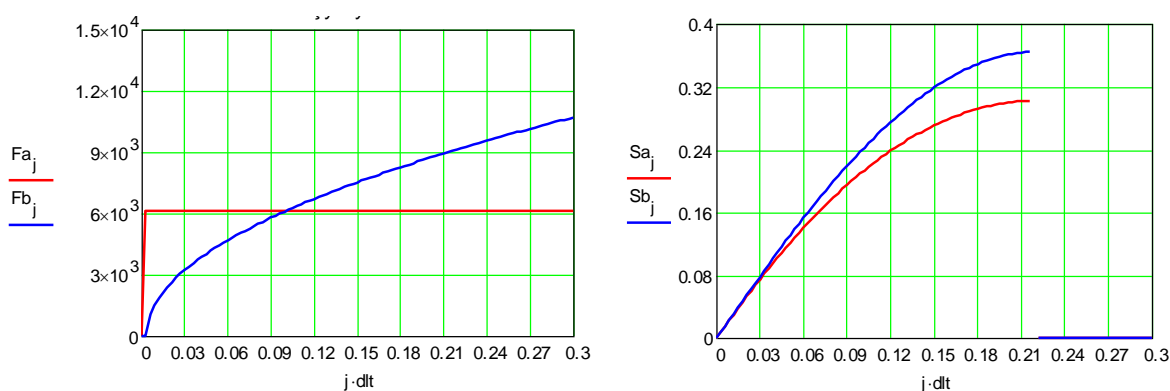


Рис. 1. Графики тормозных усилий и пути торможения кабины
в зависимости от времени

За счёт изменения тормозного усилия ловителей при аварийной остановке кабины лифта можно получить оптимальные значения характеристик процесса торможения, где динамические воздействия на конструктивные элементы лифтового устройства будут минимальными.

Проведенный анализ и моделирование процесса торможения при аварийной остановке кабины лифта показал, что действующие методы расчёта лифтовых ловителей дают результаты максимального и минимального значения тормозной силы, создаваемой ловителями. Это приводит к изменениям линейных значений пути торможения кабины (противовеса) лифта.

При создании уравнений во время торможения кабины (противовеса) лифта необходимо учитывать изменения параметров, характеризующих действия тормозной силы на поверхностях направляющих и лифтовых ловителях.

Список литературы:

1. Правила устройства и безопасной эксплуатации лифтов. ПБ 10-558-03. – 136 с.
2. Иоффе Е.Я., Глумов В.Р., Сертификация лифтов. – М.: Стройиздат, 1994. – 248 с.
3. Волков Д. П., Лифты: учебник для вузов. – М.: изд-во АСВ, 1999. – 480 с.
4. ГОСТ Р 53781-2010 Лифты. Правила и методы исследований (испытаний) и измерений при сертификации лифтов. Правила отбора образцов. - М.: Стандартинформ, 2010.

**ПРОБЛЕМЫ СИСТЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ АВАРИЙНОМ ПАДЕНИИ
КАБИНЫ ГРУЗОПАССАЖИРСКИХ ЛИФТОВ, ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ В
ПРОМЫШЛЕННЫХ И ГРАЖДАНСКИХ ЗДАНИЯХ**

*М.Ю. Попов, к.т.н., доц.,
А.В. Негодин, ст.преподаватель,
Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003,
г.Томск, пл.Соляная, 2, корп. 4
тел.(3822)-651-915
E-mail: Semerka.82@mail.ru*

Лифт стал неотъемлемой частью искусственно созданной среды обитания человека технократической цивилизации.

В настоящее время отмечается непрерывный рост парка лифтов при устойчивой тенденции поиска новых конструктивных решений, отражающих требования рынка и научно-технические достижения в различных отраслях промышленности.

Совершенствуются организационные формы и технические средства службы эксплуатации лифтов. Серьезное внимание уделяется вопросам повышения производительности и качества монтажных работ.

Жесткая конкуренция на внутреннем и мировом рынках, расширяющийся спектр потребностей заказчиков лифтового оборудования, служат хорошим стимулом поиска более эффективных технических решений.

Можно отметить следующие основные тенденции развития лифтостроения:

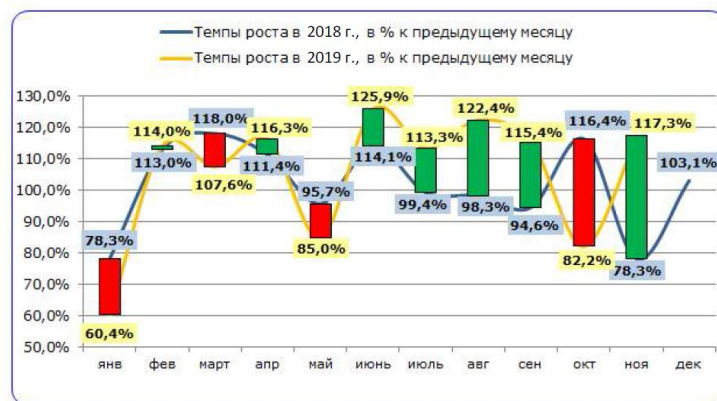
- расширение сферы применения наружной установки лифтов в углублении наружных стен жилых и административных зданий башенного типа;
- повышение надежности устройств, обеспечивающих безопасное применение лифтов;
- совершенствование систем управления на основе достижений промышленной электроники и микропроцессорной техники.
- расширение практики модернизации действующего лифтового оборудования.
- повышение эффективности системы технического обслуживания лифтов на основе применения современных методов компьютерной обработки информации и управления в сочетании с внедрением микропроцессорной системы самодиагностики лифтового оборудования.
- совершенствование методов проектирования лифтов на основе широкого применения САПР.
- повышение эффективности и качества монтажа лифтового оборудования на основе совершенствования технологии и механизации трудоемких процессов.

Для развития инфраструктуры отраслевого хозяйства на объектах промышленного и гражданского строительства с давних пор начали применяться пассажирские лифты (далее лифты), обеспечивающие перемещение людей в границах высотного пространства многоэтажных зданий и сооружений.

В связи с повышением темпов строительства многоэтажных объектов в городах и регионах нашей страны с конца 20 века начало бурно развиваться и само лифтостроение (рис. 1), так как повысилась устойчивая потребность в лифтовом оборудовании. Это дало немалый толчок для совершенствования конструкций и производства лифтовых машин заводам-изготовителям.

Можно отметить, что лифт является машиной, которая относится к техническим устройствам, эксплуатируемым на опасных производственных объектах, следовательно, повышенное внимание уделяется процессам и технологиям изготовления данных подъемных машин.

XIII Международная научно-техническая конференция «Современные проблемы машиностроения»



Источник: данные Росстата, аналитика IndexBox

Рис. 1. Динамика производства лифтов РФ в январе 2018-ноябре 2019 гг. в % к предыдущему месяцу в натуральном выражении

В процессе эксплуатации лифтов не может быть незатронутым вопрос о надежности работы при перемещении людей.

Безопасная эксплуатация и надежность лифта в аварийных ситуациях при обрыве канатных связей для экстренного торможения может быть обеспечена предусмотренными конструкцией лифтовыми ловителями. Но и здесь имеет место степень риска нанесения тяжелых и телесных повреждений людям, находящимся в пассажирской кабине. Об этом имеется немало сведений об аварийных ситуациях и последствиях в средствах массовой информации Российской Федерации, а также за пределами нашей страны. По данным Комитета по аналитике и статистике (ЕЛИАС) Национального лифтового союза в России сегодня в многоквартирных домах насчитывается порядка 530 тысяч лифтов, из них около 150 тысяч уже выработали свой нормативный срок 25 лет. В этом году по стране было введено в эксплуатацию около 25 тыс. лифтов в новостройках, а заменено лишь 9518 лифтов, что составляет 2,2% от требуемого количества. В 2020-2021 году предполагается заменить порядка 5 тысячи старых лифтов, при этом каждый год дополнительно вырабатывают свой ресурс 10 тысяч лифтов. Это значит, что темпы старения оборудования, по прогнозам экспертов, будут расти.

Говоря о техническом состоянии лифтового оборудования, на сегодняшний день формируется и динамика смертельного травматизма в лифтах за последние 5 лет в России погиб 141 человек. Это официально учтенные цифры, зарегистрированные в Федеральных службах, также присутствуют и неучтенные составляющие несчастных случаев, произошедших при перемещении людей в лифтах.

Это приводит к решениям о проведении, более детального с документальным подтверждением технического обслуживания основных элементов лифтового оборудования и капитального ремонта смонтированных лифтов, а также дает стимулирование для поиска надежных конструкций устройств безопасности для комфортного перемещения людей в межэтажном пространстве.

Список литературы:

1. Правила устройства и безопасной эксплуатации лифтов. ПБ 10-558-03. – 136 с.
2. Иоффе Е.Я., Глумов В.Р., Сертификация лифтов. – М.: Стройиздат, 1994. – 248 с.
3. Волков Д. П., Лифты: учебник для вузов. – М.: изд-во АСВ, 1999. – 480 с.
4. ГОСТ Р 53781-2010 Лифты. Правила и методы исследований (испытаний) и измерений при сертификации лифтов. Правила отбора образцов. - М.: Стандартинформ, 2010.

**ОСОБЕННОСТИ РАСТРЕСКИВАНИЯ ДОЭВТЕКТОИДНЫХ СТАЛЕЙ
МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ РАБОЧЕГО
ДАВЛЕНИЯ И КАТОДНОГО ВОДОРОДА**

*В.И. Хижняков, д.т.н., проф.,
А.С. Иванов, студент гр. М08.19/17
Томский государственный архитектурно-строительный университет,
634003, г.Томск, пл. Соляная,2,
тел.(3822)-725-020
E-mail: val@tpu.ru*

Проблема коррозионного растрескивания под напряжением на магистральных газопроводах при одновременном воздействии малоциклового нагружения и электролитического (катодного) водорода до настоящего времени остается актуальной и сложной [1]. Трещины практически повсеместно зарождаются локально, вблизи концентраторов напряжений. Здесь, за счет высоких остаточных напряжений, межатомные связи кристаллической решетки ослаблены, что делает эти участки уязвимыми для наиболее активных компонентов коррозионной среды: молекул H_2O и O_2 , анионов Cl^- и адатомов $H_{адс}$. Из перечисленных компонентов только водород способен к хемосорбции и диффузии в стенку трубы. Водород на поверхности труб, проложенных в грунтах с рН 5...7, появляется при перезащите, когда плотность тока катодной защиты $j_{защ}$ превышает плотность предельного тока по кислороду j_{O_2} в десятки раз [2]. При перезащите молекулы воды восстанавливаются за счет эмитируемых из стенки трубы электронов, что приводит к посадке на КЗП трубопровода адсорбированных атомов водорода $H_{адс}$: $4H_2O + 4e \rightarrow 2H_{адс} + 4OH^-$. Под воздействием рабочего давления $P_{раб}$ и электролитического наводороживания изменяются механические свойства трубной стали: повышается твердость, растет число микротрещин в структуре. Микротрещины формируются прежде всего в цементитных пластинах перлита с последующим ростом преимущественно по межкристаллитному механизму (рис. 1).

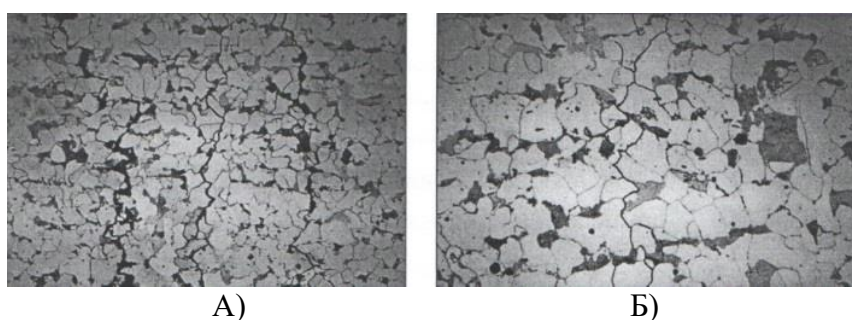


Рис. 1. Зарождение трещин в перлитной составляющей феррито-перлитной стали трубного сортамента (А) и траектория распространения трещины преимущественно по межкристаллитному механизму (Б) [3]

Представленный на рис. 1 травленный шлиф (А) и траектория распространения трещины (Б) свидетельствуют о том, что образование микротрещин в структуре феррито-перлитной трубной стали происходит, прежде всего, в хрупкой цементитной составляющей и процесс распространения трещины происходит преимущественно межкристаллитно, по границам ферритных зерен. В процессе эксплуатации газопровода (при малоцикловом нагружении) в ферритных зернах трубной стали накапливаются внутризеренные повреждения, провоцирующие последующее распространение трещин по телу зерен. У вершин

микротрещин в некотором микрообъеме сталь имеет повышенный уровень напряжений, что создает условия для направленной диффузии к этому объему протонированных атомов катодного водорода. При переходе на внутреннюю поверхность микро- и макрополостей структуры стали, захватывая электрон, протон переходит сначала в атомарное: $H^+ + e \rightarrow H$, затем в молекулярное состояние: $H + H \rightarrow H_2$ при постоянном увеличении давления в приповерхностных полостях стенки трубы. В таблицах 1 и 2 [4] представлены зависимости разрывающей силы $F_{P_{раб}}$, создаваемой кольцевыми растягивающими напряжениями, от рабочего давления в трубе $P_{раб}$ и набора разрывающей силы F_{H_2} , создаваемой давлением молекулярного водорода в микропоре приповерхностного слоя стенки трубы, от длительности эксплуатации газопровода.

Таблица 1

Зависимость разрывающей силы $F_{тр}$, создаваемой кольцевыми растягивающими напряжениями от рабочего давления в трубе $P_{раб}$

| $P_{раб}$, МПа | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 7 | 9 |
|-------------------|-----|-----|------|------|------|------|------|
| $F_{P_{раб}}$, Н | 4,5 | 9,0 | 13,5 | 18,0 | 22,5 | 31,5 | 40,5 |

Таблица 2

Зависимость набора разрывающей силы F_{H_2} от длительности эксплуатации газопровода

| T, годы | 10 | 20 | 30 | 50 | 70 | 90 | 120 |
|---------------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| F_{H_2} , Н | 0,0189 | 0,0378 | 0,567 | 0,945 | 1,123 | 1,701 | 2,268 |

Приведенные данные позволяют сделать вывод, что скорость набора разрывающей силы F_{H_2} , развиваемой давлением молекулярного водорода по сравнению с $F_{P_{раб}}$ не превышает 5,6%. Это означает, что набор давления водорода в микро- и макрополостях приповерхностного слоя стенки трубы не является определяющим, скорее, это сопутствующий побочный процесс. Водородное охрупчивание приповерхностного слоя стенки катодно-защищаемой трубы, по-видимому, состоит в уменьшении когезионной прочности ОЦК решетки трубной стали за счет протонов, внедряющихся в кристаллическую решетку под воздействием катодного тока перезащиты.

Список литературы:

1. Мазур И.И., Иванцов О.М. Безопасность трубопроводных систем. – М.: Елима, 2005. – С. 627.
2. Хижняков В.И. Коррозионное растрескивание трубопроводов под напряжением при транспорте нефти и газа. – М.: КАРТЭК, 2013. – С. 105.
3. Богданов Р.И., Ряховских И.В., Есиев Т.С., Завгороднев А.В., Игнатенко В.Э. Особенности проявления коррозионного растрескивания под напряжением магистральных газопроводов на территории Российской Федерации // Научно-технический сборник Вести газовой науки. – 2016. – № 3 (27). – С. 16.
4. Хижняков В.И., Негодин А.В., Калинин В.С. Определение опасности образования и роста коррозионных и стресс-коррозионных дефектов на основе анализа режимов катодной защиты магистральных газонефтепроводов // Вестник ТГАСУ. – Т. 20. – № 5. – 2016. – С. 128–139.

**О ВОЗМОЖНОСТЯХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭФФЕКТОВ ДИНАМИЧЕСКОГО
НАТЯЖЕНИЯ ЛЕНТОЧНЫХ ПИЛ В ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩИХ
ЛЕНТОЧНОПИЛЬНЫХ СТАНКАХ**

*В.К. Шилько, д.т.н., проф., В.А. Слепченко, к.т.н., доц., И.В. Слепченко, к.т.н., доц.,
Томский государственный архитектурно-строительный университет,
634003, г. Томск, пл. Соляная, 2
E-mail: docent46@yandex.ru*

Ленточнопильные станки (ЛПС) востребованы во многих отраслях, но наиболее массово применяются в деревообрабатывающей промышленности. Рассмотрены основные принципы работы механизмов резания деревообрабатывающих ЛПС, направления их развития и физические процессы при сообщении главного движения ленточным пилам [0, 0].

Сравнительно новым направлением развития механизмов резания древесины является распиловка локально растянутой в зоне резания ленточной пилой. Этот подход значительно снижает напряжения в ленточной пиле и повышает точность реза. В развитии этого подхода, обычно, отказываются от двушкивной схемы механизма резания и переходят на безшкивную схему с передачей движения при помощи фрикционных механических контактов [0]. Здесь натяжение пилы производится за счет динамического натяжения в зоне распила.

Проблемами этого подхода являются неустойчивость холостой ветви пилы при скоростях распиловки от 30–35 м/с и повышенный износ ленточной пилы [0, 0]. Для нивелирования этого вводят несколько приводных (тормозных) фрикционных пар или используют тяговые элементы на основе гусениц, лент и т. д. (например, [0]). Также в безшкивных схемах ЛПС не оптимизирована система регулировки положения пилы и ее удержания от смещения под действием нормальной составляющей силы резания. Предлагаемые исторически решения по удержанию пилы на фрикционных опорах не снимают существующих проблем. Поэтому данные конструкции распространены там, где скорости резания низки (10–15 м/мин – отрезные станки по металлу и т. д.).

На наш взгляд, данные проблемы решаемы. Концептуальная модель механизма резания ЛПС должна отвечать требованиям: а) натяжение ленточной пилы осуществлено только в зоне резания между направляющими; б) отсутствие дополнительных центробежных сил в рабочей ветви пилы; в) надежность придания ленточной пиле нужного положения; г) наличие устойчивых опорных реакций для пилы возле зоны резания с целью противодействия усилию подачи на основе трения относительного покоя.

В таком случае ленточная пила будет натягиваться только в зоне резания за счет необходимого тягового усилия $F_{\text{тяг}}$ привод-направляющего устройства, и должно составить

$$F_{\text{тяг}} \geq (F_{\text{торм}} + P_z) \kappa_T, \quad (1)$$

где P_z – касательная составляющая сил резания; $F_{\text{торм}}$ – необходимое усилие торможения ленточной пилы; $\kappa_T \approx 2,5 \dots 3$ – коэффициент запаса тягового усилия.

Усилие F_p , натяжения ленточной пилы в рабочей зоне составит:

$$F_p \geq F_{\text{тяг}} - F_{\text{торм}} \geq 2F_0 - F_x. \quad (2)$$

где F_0 – усилие предварительного натяжения ветви ленточной пилы в статике; F_x – усилие натяжения в холостой ветви ленточной пилы при работе.

Реализация данной концептуальной схемы ведет к усложнению безшкивного ЛПС [0], также мало изучено поведение ленточной пилы таких станков вне пропила.

Более перспективны двушкивные системы с динамическим натяжением предварительно «слабонатянутой» пилы и локально растянутым ее участком в зоне резания за счет соотношения Ж. Понселе [1]. При этом встает вопрос передачи тягового усилия двухсторонним привод-направляющим устройством и частичного торможения движения пилы тормоз-направляющим устройством. Решением является сочетание классического механизма резания двушкивного ЛПС с обрешиненными роликами, расположенными у ведомого и ведущего шкивов (рис. 1), это дает увеличение тягового усилия и достигается

эффект динамического натяжения за счет ослабления натяжения в холостой ветви. Эффект динамического натяжения присутствует в любой схеме механизма резания двушкивного ленточнопильного станка и определяется из соотношения Ж. Понселе

$$F_0 = 0,5(F_p + F_x), \quad (3)$$

где F_p и F_x – силы натяжения в рабочей и холостой ветви пильной ленты.

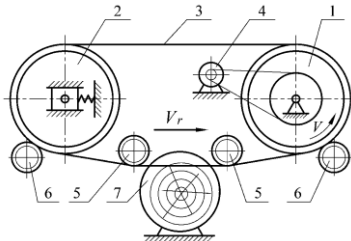


Рис. 1. Предлагаемая схема ЛПС с эффектом динамического натяжения ленточной пилы. 1, 2 – ведущий и ведомый шкивы; 3 – ленточная пила; 4 – электродвигатель привода; 5, 6 – направляющие устройства; 7 – распиливаемый лесоматериал

Так как $F_p \gg F_x$ за счет сопротивления движению пилы от шкивов и направляющих устройств, а также за счет действия сил резания, то для полной компенсации всех усилий, натяжение в рабочей ветви ленточной пилы должно составить с учетом условия (2)

$$F_{\text{тяг}} - (F_{\text{торм}} + P_z) \kappa_T \geq 2F_0 - F_x \quad (4)$$

Поэтому необходимость создания нового направления в развитии механизмов резания ЛПС, которое тесно связано с установлением надежных опорных реакций для ленточной пилы возле зоны резания, предотвращающих ее поперечное смещение по шкивам под действием усилия подачи очевидна. Этого можно достичь применением механизма резания ЛПС с обрезиненными роликами, позволяющими применять динамическое натяжение ленточной пилы. Вышесказанное объединяет преимущества традиционного станка с новым направлением его развития – с созданием двушкивных ленточнопильных станков с динамическим натяжением предварительно «слабонатянутой» ленточной пилы с использованием направляющих устройств по условиям (2) и (4). К ощутимым преимуществам данного направления относится преимущество, которая позволяет использовать технические разработки для создания новых ЛПС, а также для модернизации существующих и находящихся в эксплуатации.

Список литературы:

1. Шилько, В.К. Механизмы резания ленточнопильных станков / В.К. Шилько. – Томск : Изд-во ТГАСУ, 2005. – 220 с.
2. Kondratyuk, A.A. Estimation of band mill traction performances / A.A. Kondratyuk, V.K. Shilko, V. D. Rudnev // 8th International Symposium on Science and Technology KORUS 2004. – Vol. 3. – P. 24 – 27.
3. Пат. 45672. РФ, МПК 7В 27 В 15/00; 13/00. Ленточнопильный станок / В.П. Власов, В.К. Шилько, И.В. Слепченко, М.Ю. Кондратьев. – 2005. – № 15, V ч. – С. 972.
4. Патент 2162404 РФ МКИ 7В 27 В15/04 Ленточнопильный станок / А.М. Лопатин, Н.А. Долгополова // Изобретения. Полезные модели. – 2001. – №3 – С. 312.
5. Пат. 70480. РФ, МПК 7В 27 В 13/00; 15/00; 15/04. Ленточнопильный станок / В.К. Шилько, Д.Е. Степанов, И.В. Слепченко, М.Ю. Кондратьев. – 2008. – № 3, 5 ч – С. 1222.

Научное издание

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Сборник трудов
XIII Международной научно-технической конференции

Издано в авторской редакции

Компьютерная верстка М.С. Черемискина
Дизайн обложки М.С. Черемискина

**Зарегистрировано в Издательстве ТПУ
Размещено на корпоративном портале ТПУ
в полном соответствии с качеством предоставленного оригинал-макета**



Издательство

ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ