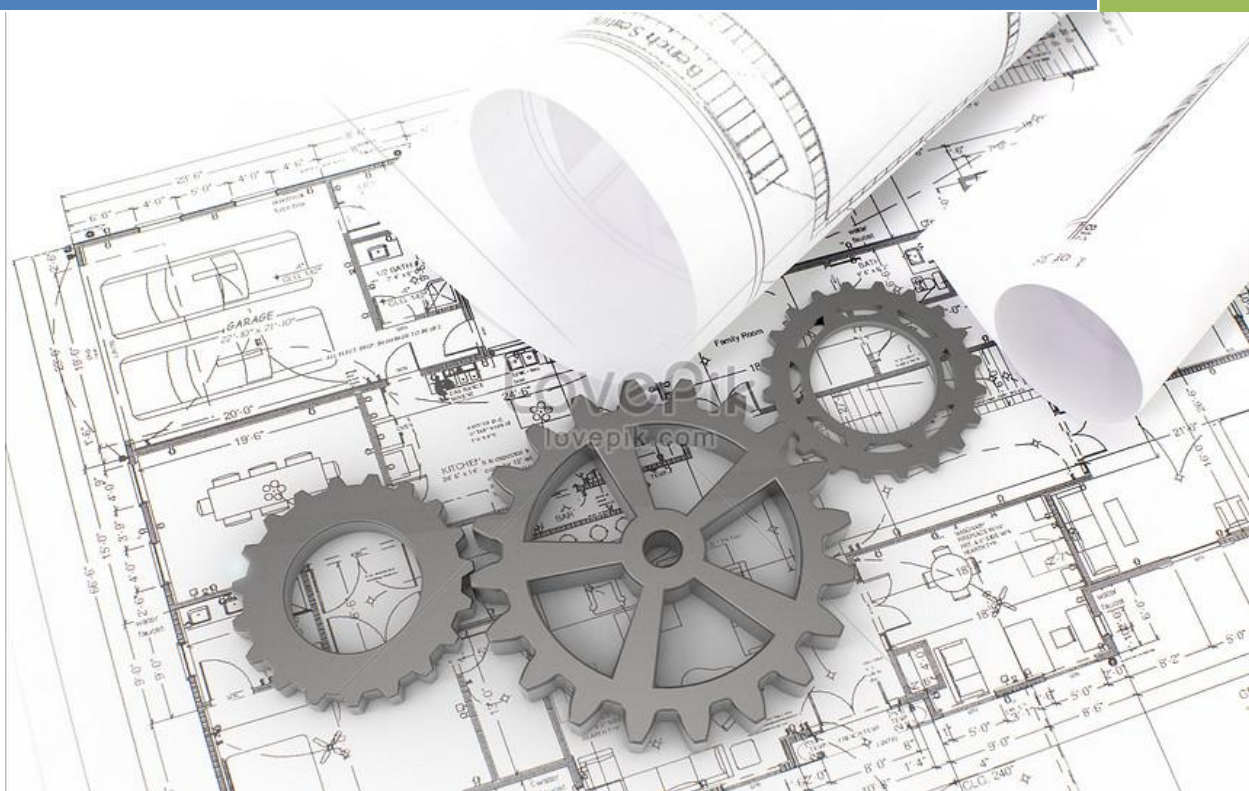




2022

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ МАШИНОСТРОЕНИЯ



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

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Сборник статей
XV Международной научно-технической конференции

22–25 ноября 2022 г.

Томск 2022

УДК 621.002(063)
ББК 34.4л0
С56

С56 **Современные проблемы машиностроения** : сборник статей XV Международной научно-технической конференции / Томский политехнический университет. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2022. – 351 с.

Сборник содержит тезисы научно-исследовательских работ XV Международной научно-технической конференции «Современные проблемы машиностроения», проходившей 22–25 ноября 2022 г. Конференция работала по секциям: конструирование, расчет и надежность машин; 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; школьная секция.

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

А.И. Сечин, доктор технических наук, профессор ТПУ;
М.С. Кухта, доктор философских наук, профессор ТПУ;
Е.Н. Пашков, кандидат технических наук, доцент ТПУ;
В.Н. Козлов, кандидат технических наук, доцент ТПУ;
Е.А. Ефременков, кандидат технических наук, доцент ТПУ;
С.Н. Кладиев, кандидат технических наук, доцент ТПУ;
С.Н. Сорокова, кандидат физико-математических наук, доцент ТПУ;
П.В. Исаенко, кандидат технических наук, доцент ТГАСУ;
Т.Г. Костюченко, кандидат технических наук, доцент ДТ «Кванториум»;
М.С. Черемискина, старший преподаватель ТПУ;
Е.А. Кулинич, кандидат технических наук, ученый секретарь ТПУ;
А.М. Богдан, ведущий эксперт организационного отдела ТПУ;
Т.В. Пегушина, инженер ТПУ.

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 1. КОНСТРУИРОВАНИЕ, РАСЧЕТ И НАДЕЖНОСТЬ МАШИН.....	9
Особенности расчета нестабилизированных течений в полостях вращения турбомашин.....	10
Пресс кривошипно-шатунного типа.	12
A possible way to improve the performance of electro aerodynamics aircrafts.	14
Моделирование многоцикловой усталости материалов при симметричном программном нагружении на разных масштабно-структурных уровнях.....	16
К методике анализа нестабилизированных течений начальных участков проводящих и отводящих устройств турбомашин.	18
Обдирочная расточная головка.	21
Исследование кпд передач с промежуточными телами качения при работе в мультипликаторном режиме.	23
Влияние приведенных коэффициентов трения на кпд сферической роликовой передачи.	25
Определение технологических зазоров при установке циклоидального колеса на генератор передачи с промежуточными телами качения и свободной обоймой.....	27
Обзор существующих передач с промежуточными телами качения.....	29
Исследование влияния циклических деформаций на изменение электросопротивления тензорезисторов.....	31
Анализ определения усилий в зацеплении циклоидальной передачи.	33
Проскальзывание в подшипниках качения.	35
Подборка электродвигателя для привода с циклоидальным редуктором с промежуточными телами качения.....	37
СЕКЦИЯ 2. ЭЛЕКТРОМЕХАНИКА И МЕХАТРОНИКА.	40
Синтез оптимального регулятора напряжения асинхронного электропривода автономного объекта.	41
Пуск электроцентробежного насоса при легких условиях пуска от тиристорного регулятора напряжения.	43
Особенности регулирования положения в электроприводе трубопроводной арматуры.....	45
Зарядное устройство аккумуляторной батареи асимметричным током.....	47
Поиск оптимального расположения щёток реверсивного ДПТ ПВ с помощью программного комплекса ELCUT.	49
Использование активного выпрямителя в энергосберегающих системах электропривода подъема.	51
Система охлаждения компьютерного оборудования автономного объекта.	54
Импульсный регулятор напряжения бортового генератора.	56
Апериодическое звено как интегратор, охваченный обратной связью.	58
Двухзонное регулирование скорости синхронного двигателя с постоянными магнитами.....	60
Генетический алгоритм в задаче настройки наблюдателя вектора переменных состояния двигателя постоянного тока с пропорциональным принципом компенсации невязки по току.	62
Исследование работы электропривода регулирующей арматуры при работе на низких температурах.....	64
Исследование влияния длительности переходного процесса пуска электропривода установки электроцентробежных насосов в циклическом режиме эксплуатации на электромеханическую систему.....	66

СЕКЦИЯ 3. СОВРЕМЕННЫЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ.	68
Разработка нового метода неразрушающего контроля путём анализа вибраций, возникающих в результате работы оборудования.	69
Начальная пространственная нестабильность аргонодугового разряда вольфрамовым электродом.	71
Некоторые особенности стабилизации свойств техногенного ангидритового вяжущего при обезвреживании твердого отхода технологии фтороводорода.	73
Исследование причин плохой обрабатываемости титановых сплавов резанием.	75
Устройство для компенсации паразитной эдс в холодном спае цепи естественной термопары инструмент-деталь.	77
Синтез контура ограничения механических усилий на электрод при его упоре в шихту.	79
Научно-патентный подход как способ решения актуальных задач в области аддитивных технологий.	81
Определение внешней нагрузки для расчёта на прочность режущего инструмента.	83
Построение эпюр контактных напряжений на передней поверхности инструмента при обработке стали.	86
Исследование распределения контактных напряжений на передней поверхности инструмента при обработке стали.	89
Особенности фрезерования образцов после аддитивного синтеза.	92
Исследование эффективности схем электронно-лучевого сплавления.	94
Влияние переднего угла на силы и контактные напряжения при точении титанового сплава.	97
Расчёт контактных напряжений при обработке стали.	100
Повышение стойкости фрез при обработке титановых сплавов.	103
Напряжённое состояние инструмента при несвободном резании стали.	105
Уменьшение времени расчёта требуемого количества станков в мелкосерийном производстве.	107
Напряжённо-деформированное состояние режущей пластины при её износе.	109
Оценка прочности режущего инструмента при обработке титановых сплавов.	111
Альтернативный расчёт резьбы для управляющих программ станков с ЧПУ.	114
Исследование по оптимизации усилия фрезерования резьбы в суперсплаве.	115
Выбор и обоснование параметров многофункциональной ручной машины.	117
Измерение динамических характеристик сварочного выпрямителя.	119
Оценка эффективности режимов работы пневматического эжекторного устройства для распыления вязких жидкостей.	121
Влияние параметров проволочно-дугового аддитивного производства на структуру и механические свойства бронзы.	123
Влияние амплитудно-временных параметров спада тока при дуговой сварке неплавящимся электродом в среде аргона на глубину кратера.	125
Проблемы и сложности изготовления детали типа шар баллон.	127
Сравнение видов 3D печати из пластика.	129
Анализ применения методики QFD в мире и перспективы её развития в россии.	131
Эффективность алмазного выглаживания.	133
История и проблемы создания вечного двигателя.	135
Динамические характеристики материалов элементов гибких кабелей.	137

СЕКЦИЯ 4. МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И НАНОТЕХНОЛОГИИ В МАШИНОСТРОЕНИИ.....	139
Роль плазменного ассистирования при магнетронном распылении в формировании функциональных свойств хромовых покрытий.	140
Высокотемпературное окисление и механическое поведение лазерных сварных соединений из сплава Э110 с хромовым покрытием.	142
Перспективы использования сиалона (SiALON) в машиностроении.	144
Перспективы использования древесины, обработанной низкотемпературной плазмой в машиностроении.	146
Изучение возможностей снижения остаточной пористости материалов полученных SLM-методом за счет инфильтрации.	148
Особенности формирования механических характеристик покрытий из нитрида хрома при магнетронном распылении с горячей мишенью.	150
Алюминиевые сплавы для селективного лазерного плавления.	152
Спектральные детекторы рентгеновского излучения на основе матричных арсенид галлиевых сенсоров для рентгеновских плотномеров и систем неразрушающего контроля.	154
Создание программы для калькуляции технических свойств неметаллических композитных материалов в зависимости от используемых материалов и технологии создания образцов.	156
Исследование металлических материалов методом спектроскопии времени жизни позитронов после высокоскоростной резки.	158
Исследование поверхностных слоев металлических материалов методом позитронной аннигиляции после высокоскоростной резки.	160
Хладостойкие материалы для работы в северных условиях.	162
Осаждение тонкопленочного люминесцентного покрытия состава Y3AL5O12:Ce методом магнетронного распыления.	164
Особенности взаимодействия частиц напыляемого материала с подложкой при детонационном напылении.	166
Структура и свойства нанокompозитных покрытий на основе In-Sn-O.	168
Модификация структуры напечатанной алюминиевой бронзы методом интенсивной пластической деформации.	170
СЕКЦИЯ 5. АВТОМАТИЗАЦИЯ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ	172
Генерация кода из цифрового двойника системы автоматического регулирования температуры.	173
Решение задачи составления оптимального календарного графика выполнения работ проекта при помощи методов тропической оптимизации.	175
Применение сквозной типизации при создании автоматизированных систем управления.	177
Расчет динамики движения системы односекционной солнечной батареи.	179
Программно-аппаратный комплекс для определения дисперсного состава водомасляных эмульсий.	181
Изучение процессов формирования микронеровностей на поверхностях деталей при фрезоточении.	183
Разработка компьютерной программы для моделирования спекания интерметаллидных систем в условиях равномерного нагрева.	186

СЕКЦИЯ 6. ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ	188
Средства для транспортной иммобилизации при повреждении нижней конечности в чрезвычайных ситуациях, бытовых и дорожно-транспортных происшествиях.	189
Изменения в законодательной базе в области промышленной безопасности.	191
Разработка мероприятий по снижению рисков при эксплуатации линий электропередач.	193
Расчет вентиляционной системы при выполнении электросварочных работ.	195
Методические вопросы проведения мониторинга атмосферного воздуха при помощи малогабаритных приборов	197
Практика применения малогабаритных приборов и датчиков для оценки качества атмосферного воздуха.....	199
Обеспечение безопасности оператора оборудования – вакуумная камера.....	201
Обеспечение промышленной безопасности при камерно-столбовой отработки угольных пластов с применением шагающей механизированной крепи	203
Механоактивация как метод снижения временной жесткости воды	205
Безреагентная очистка подземных вод с повышенным содержанием железа, кремния и органических веществ	207
Использование низкочастотных вибраций промысловых трубопроводов для создания нового метода диагностики	209
Изучение условий низкотемпературного окисления в слое лесных горючих материалов.....	211
Химмотологические аспекты получения высокоэффективных твердотопливных составов	213
Определение времени горения частиц в восходящем тепловом потоке	215
СЕКЦИЯ 7. ДИЗАЙН И ПРОЕКТИРОВАНИЕ В МАШИНОСТРОЕНИИ.	217
Варианты дизайна сушки для тела человека.	218
Система интерактивных динамических информационных указателей.	220
Концептуальные приёмы горячего эмалирования.....	222
Учет антропологических параметров (рост) человека при создании и модернизации промышленного оборудования.	224
Дизайн-реплики исторических украшений.	226
Исследование эргономики реабилитационного оборудования для восстановления мелкой моторики, интеллектуальной деятельности и зрительно-пространственной памяти по средствам соматографического анализа.	228
Инструментальный сценический костюм.....	230
Методология дизайн-проектирования высокоэффективных адаптивных источников света для обеспечения здоровьесберегающей световой среды.	233
Традиции русского зодчества как прообраз ювелирного украшения.....	235
Особенности нейтрального положения тела человека в условиях микрогравитации.	237
Художественное эмалирование в современном ювелирном производстве.	239
Фракталы как метод дизайн-проектирования.	242
Проектирование и дизайн кофемолки.	244
Проектирование сайта для спортивных событий.	246
Увеличение разнообразия светильников.	248
Дизайн спиральных и винтовых форм.....	250
Пластика материала и пластификация символов.....	252
Модернизация конструкции гидравлического пресса.....	254

Вариативность столов со стеклом.	256
Концептуальный дизайн детской игрушки.	258
Художественная сварка.	260
Образы бионики в концептуальном конструировании.	262
Проектирование сайта птичьего рынка.	264
Светильник-мандала как средство регуляции психофизиологических состояний человека.	266
Оценка эмиссионных характеристик кислородно-топливной камеры сгорания с применением численного моделирования.	269
Разработка основ проектирования пылеугольного котла горизонтальной компоновки с кислородным сжиганием топлива.	271
Дизайн-проектирование швейных машин от образа.	273
От натурной модели в дизайне к компьютерному моделированию.	275
Проектирование дизайн пространства сайта для томского планетария.	277
Организация пространства сайта осветительных приборов.	279
Проектирование сайта портфолио фотографа.	281
СЕКЦИЯ 8. НАЗЕМНО-ТРАНСПОРТНЫЕ МАШИНЫ И КОМПЛЕКСЫ.....	283
Диагностирование редукторов мотор-колес автосамосвалов белаз методом люфтометрии.	284
Результаты оценки неравномерности величины цикловой подачи топливных насосов различных моделей.	286
Структурно-фазовое состояние поверхностных слоев антифрикционной оловянистой бронзы на поверхности вкладыша двигателя автомобиля белаз.	287
Оценка изменения показателей экологичности и топливной экономичности бензиновых двигателей при применении промывки системы впрыска топлива.	290
О чистоте моторных масел в дизелях автотранспортных средств.	292
Контроль напряженно-деформированного состояния металлоконструкций подъёмно-транспортных машин.	294
Комплексная оценка работоспособности системы смазки автотракторных двигателей.	296
Интегрированная система безопасности лифта.	298
Выбор электрофизических методов экспресс контроля качества работающего масла.	300
Оценка влияния комбинированных фильтров на очистку дизельных топлив и рабочих жидкостей машин.	302
Основные способы продвижения электротранспорта в россии.	304
ШКОЛЬНАЯ СЕКЦИЯ	306
Робот-уборщик turbotrack.....	307
Система роботизированной уборки городской среды.....	307
Умный дом на колесах.	309
Умная теплица.....	311
Разработка и реализация текстового квеста на языке PYTHON.	313
Создание масштабной модели ракеты-носителя «ВОСТОК» в программной среде «TINKECAD».	315
Особенности применения вторсырья при изготовлении предметов интерьера.	316
Автополив комнатных растений.	317
Система связи нептунолета.....	319
Робот-охранник; ROBOMASTER S1.	321

Бортовой компьютер модельной ракеты.	322
Education python game.	324
Создание модели фрезерного станка.	326
Eco help.	328
Управление системой передвижения напланетного аппарата.....	330
Секреты лазерного станка.	332
Создание полноприводной приводной платформы на базе ардуино с bluetooth управлением.	334
Система гибридного бпла формата дрон-вертолёт.....	336
Выход моделей 3d принтера в серийное производство.	338
Система автоматического распознавания дорожной разметки.	340
Шаблон интерфейса для определенной категории оборудования.	343
Симулятор обучения работы на фрезеровочном станке с чпу в виртуальной реальности.....	345
Беспилотное летательное устройство в сельском хозяйстве.	347
Разработка и реализация программы по тестированию скорости набора текста на языке python.....	349

СЕКЦИЯ 1

КОНСТРУИРОВАНИЕ, РАСЧЕТ И НАДЕЖНОСТЬ МАШИН

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА НЕСТАБИЛИЗИРОВАННЫХ ТЕЧЕНИЙ В ПОЛОСТЯХ ВРАЩЕНИЯ ТУРБОМАШИН

*А.А. Арнгольд, начальник бюро спецсоединителей, приборов и пультовой аппаратуры, АО «Красноярский машиностроительный завод», 660037, Сибирский федеральный округ, Красноярский край, г. Красноярск, проспект им. газеты Красноярский рабочий, 29, тел. 8-923-297-74-88
E-mail: arngoldanna@mail.ru*

*А.А. Берестов, студент группы МЭИЗ 20-01, Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, 660037, Сибирский федеральный округ, Красноярский край, г. Красноярск, проспект им. газеты Красноярский рабочий, 31, тел. 8-983-149-29-46
E-mail: bo55_26@mail.ru*

*Э.С. Манохина, студент группы МРД 22-01, Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, 660037, Сибирский федеральный округ, Красноярский край, г. Красноярск, проспект им. газеты Красноярский рабочий, 31, тел. 8-953-580-03-21
E-mail: elka1232000@mail.ru*

*Научный руководитель – А.А. Зуев, д.т.н., профессор, Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, 660037, Сибирский федеральный округ, Красноярский край, г. Красноярск, проспект им. газеты Красноярский рабочий, 31, тел. 8-913-180-68-69
E-mail: dla2011@inbox.ru*

Рассмотрим канал полости вращения переменного сечения (рис. 1) с различными углами раскрытия образующих α и β . Данный тип каналов характерен прежде всего для полостей между рабочим диском газовых турбин и центробежных насосов и корпусом ТНА ЖРД, для полостей подводящих и отводящих каналов.

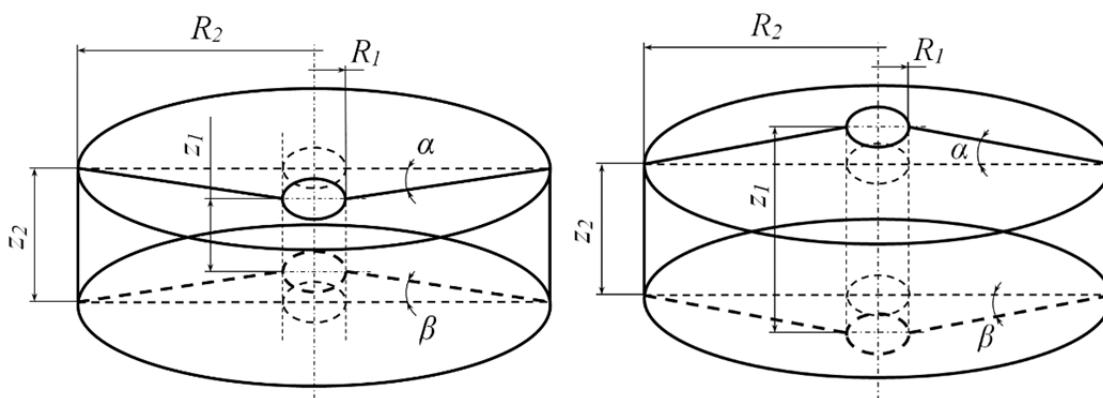


Рис. 1. Схема канала полостей вращения переменного сечения

Течения в полостях вращения представляет более сложный случай и требуется отдельно рассматривать вращательные течения с двумя неподвижными стенками (характерно вращательному течению по закону «свободного вихря» $UR = const$) [1]. Примем следующие обозначения: U – окружная составляющая скорости ядра; V_R – расходная составляющая скорости ядра; C – абсолютная скорость ядра потока. Тогда: $C = \sqrt{U^2 + V_R^2}$.

После определения окружной и расходной составляющих скорости, запишем уравнения для определения абсолютной скорости на некотором расстоянии от входа в полость для начального участка течения в полости с двумя неподвижными стенками:

1. Течение от центра к периферии для расширяющегося и сужающегося канала:

- ламинарное течение:

$$C_x = \sqrt{\left(\frac{E_3}{T_1}\right)^2 + \left(V_{R0}R_1z_1/R_x \left[z_1 \pm T_1 (tg\alpha \pm tg\beta) - 1,328Y_1 \cdot v^{1/2} (R_x^{1/2} - R_1^{1/2}) / V_{Rx}^{1/2} \right]\right)^2}; \quad (1)$$

- турбулентное течение:

$$C_x = \sqrt{\left(\frac{E_3}{T_1}\right)^2 + \left(V_{R0}R_1z_1/R_x \left[z_1 \pm T_1 (tg\alpha \pm tg\beta) - 0,1144v^{1/5} (R_x^{4/5} - R_1^{4/5}) / Y_2 \cdot V_{Rx}^{1/5} \right]\right)^2}; \quad (2)$$

2. Течение от периферии к центру для расширяющегося и сужающегося канала:

- ламинарное течение:

$$C_x = \sqrt{\left(\frac{E_4}{T_2}\right)^2 + \left(V_{R0}R_2z_2/R_x \left[z_2 \pm T_2 (tg\alpha \pm tg\beta) - 1,328Y_1 \cdot v^{1/2} (R_x^{1/2} - R_2^{1/2}) / V_{Rx}^{1/2} \right]\right)^2}; \quad (3)$$

- турбулентное течение:

$$C_x = \sqrt{\left(\frac{E_4}{T_2}\right)^2 + \left(V_{R0}R_2z_2/R_1 \left[z_1 \pm T_2 (tg\alpha \pm tg\beta) - 0,1144v^{1/5} (R_x^{4/5} - R_2^{4/5}) / Y_2 \cdot V_{Rx}^{1/5} \right]\right)^2}, \quad (4)$$

где $E_3 = (U_0R_1 - 2\Delta C_U)$; $E_4 = (U_0R_2 - 2\Delta C_U)$; $T_1 = (R_x - R_1)$; $T_2 = (R_2 - R_x)$; $Y_1 = \frac{(2m+1)}{m}$;

$$Y_2 = \left(\frac{m}{(m+1)(m+2)}\right)^{4/5} (m+1).$$

Получены выражения для определения абсолютной скорости ядра потока C_x на некотором радиусе от входа в полость вращения переменного сечения, позволяющие определять параметры пограничного слоя, в том числе и потери в характерных элементах турбомашин.

Список литературы:

1. Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя : пер. с нем. / Г. Шлихтинг. – М. : изд. «Наука», 1969. – 744 с.

ПРЕСС КРИВОШИПНО-ШАТУННОГО ТИПА

*А. Ассаад, студент гр. 4А21,
Н. Колдомов, студент гр. 4А21
Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30,
тел. (3822) 701-777
E-mail: aa04@tpu.ru, nak91@tpu.ru*

Сегодня трудно представить мир без обтекаемых кузовов автомобилей и самолетов, ложек и вилок на кухне, крепежной продукции и других элементов повседневной жизни. Придать металлу форму любой сложности можно штамповкой. Пластическая деформация сплавов штампованием показывает высокую производительность и точность.

В качестве оборудования для штамповки используют прессы гидравлический или станок с кривошипным приводом. Рассмотрим пресс кривошипно-шатунного типа.

Пресс кривошипный применяют в тех случаях, когда необходимо выполнить несложную обработку металла давлением. Основным элементом такого оборудования, который преобразует вращательное движение вала приводного электродвигателя в возвратно-поступательное перемещение ползуна, является кривошипно-шатунный механизм. Именно поэтому пресс кривошипный часто называют штамповочным кривошипно-шатунным прессом. Он очень популярен как среди производителей, так и среди частных мастеров, существуют даже модели настольного кривошипного прессы.

В основе устройства оборудования лежит кривошипно-шатунный механизм. Он превращает вращательное движение привода в поступательное перемещение ползуна. Прессы классифицируются по количеству ползунов: 1, 2 и 4. На производстве, в основном, востребованы одностоечные станки с 1 и 2 кривошипами. Работающие синхронно от одного привода и распределительного редуктора 4 узла стоят на крупном оборудовании, предназначенном для изготовления габаритных деталей с большой степенью деформации, например, крылья, капоты и багажники автомобилей.

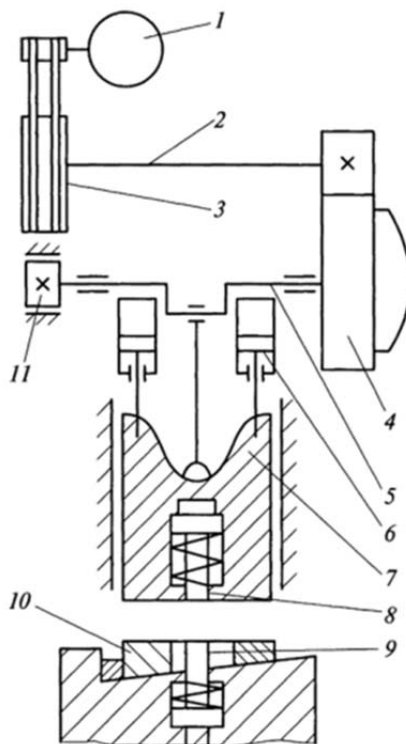


Рис. 1. Схема кривошипного горячештамповочного прессы

*1 – электродвигатель; 2 – промежуточный вал; 3 – маховик; 4 – муфта; 5 – кривошипный вал;
6 – цилиндры-уравнители; 7 – ползун; 8, 9 – выталкиватели; 10 – стол прессы; 11 – тормоз*

Двигатель (1) передает движение на большой шкив (3) (маховик) через клиновый ремень. Движение передается по шестерне, а затем на зубчатое колесо (3). Большая передача передает механическую энергию в сцепление (4). После этого сцепление передает движение на коленчатый вал (5). Нижний конец коленчатого вала соединен с ползуном (7). Однако вращательное движение коленчатого вала изменяется на линейное возвратно-поступательное движение ползуна. Верхняя форма монтируется на ползун, а нижняя форма монтируется на столе (10). Поэтому, когда материал помещается между верхней и нижней формами, могут быть выполнены процессы штамповки и других штамповок.

В связи с потребностями производственного процесса слайдер иногда перемещается, а иногда останавливается. Поэтому, помимо сцепления, на торце коленчатого вала также устанавливается тормоз, а пресс работает в течение короткого промежутка времени в течение всего рабочего цикла, то есть нагрузка работает. Время короткое, и большая часть времени не является мертвым временем груза. Для того чтобы сделать нагрузку мотора равномерной и эффективно использовать энергию, устанавливается маховик.

Достоинства кривошипных прессов:

- простая регулировка;
- высокая производительность;
- малая погрешность.

Основной недостаток кривошипа заключается в его возможном заклинивании. Если мощности не хватает, ползун останавливается в крайней нижней точке. Чтобы его поднять, необходимо разобрать половину механизма.

Список литературы:

1. https://studme.org/116865/tehnika/shtampovka_krivoshipnyh_goryacheshtampovochnyh_pressah

A POSSIBLE WAY TO IMPROVE THE PERFORMANCE OF ELECTRO AERODYNAMICS AIRCRAFTS

*Н.Б. Шахова, к.х.н., доц.,
А. Ассаад, студент гр. 4А21, ИШНПТ (Ливан)
Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30,
тел. (3822) 444-555
E-mail: aa04@tpu.ru;*

Introduction

Electro aerodynamics has been a subject of interest for engineers and physicists for a long time. As a solid-state propulsion, electro aerodynamic (EAD) is a growing research area for small and lightweight aircraft. Recently, MIT engineers built and flew a plane with no propellers, turbine blades or fans. Instead of these moving parts, the plane is powered by ionic wind that generates thrust to propel the aircraft. Such new technology can be revolutionary in the field of military engineering, as aircraft using it are silent, unlike today's drones.

Unfortunately, for now, the MIT team directed by associate professor of aeronautics and astronautics Steve Barret achieved a steady level flight of 55 meters of distance and 12 seconds. This paper suggests a new way to improve the performance of electro-aerodynamic aircraft.

Background and Possible Solutions

An ionic wind is an electric current between a thick and thin electrode. If the voltage between the electrodes is large, enough energy can be produced to propel an aircraft with a specific mass. The thrust of the ion wind flows in the opposite direction of the ion flow. Electro aerodynamics is the mean of propulsive sources generation. MIT engineers used the corona discharge method to generate ions. It is known as the most common method of ion generation. The Corona discharge method is achieved by positioning two high-voltage electrodes asymmetrically. As demonstrated by Barret's team testing, their aircraft suffered from high drag in gliding, mostly due to the electrode configuration.

To improve the performance of such aircraft, most researchers have focused on the electrode type material, size and location. Other efforts were put into maximizing the limitations of low thrust to the area and to power ratios, which are both considered the major limitations of electro aerodynamics propulsion. However, one of the possible solutions can be the dependency on the dielectric-barrier-discharge (DBD) method in ion generation instead of corona discharge which is more effective by using a decoupled ion source. DBD can provide a better thrust-to-area and power ratio [3]. Also, to solve the high drag while gliding, the electrodes should have a better-integrated structure. A better approach can be implementing a retractable electrode system in the aircraft. Such systems can allow the electrodes to change positions at specific times during the flight. Different stages of electrode deployment can be designed in such a system. Raspberry Pi can control the deployment level of electrodes. This approach could better manage power usage and help in the increase of flights' range. Thus, better results can be obtained to improve this new technology.

Theory

From Gauss's law we have the following equation for electrostatic behavior:

$$\frac{dE}{dx} = -\frac{d^2V}{dx^2} = \frac{\rho}{\varepsilon},$$

where E is the electric field strength, V is the electric potential, ρ is the density, x is the distance, and ε is the permittivity of free space. Christenson and Moller substituted the above equation with density's and Euler's equation and derived them to acquire the following equation: [2]

$$\frac{T}{P} = \frac{1}{\mu E(1+\varphi)},$$

where μ is the ion mobility of the fluid, and φ is the non-dimensional fluid performance parameter related to the fluid dielectric constant, ion mobility, and fluid density. This proves lower thrust to power for higher electric field strengths. With the increase of the distance between electrodes, electric field strengths also increase [1]. Based on this, the proper ratio to mass should be found.

For thrust to area, Barrett and Gilmore got to the following equation: [4]

$$\frac{T}{A} = \frac{9}{8} = \varepsilon \lambda E^2,$$

where A is the electrode area, and λ is the current density ratio. This proves the counteracting nature between thrust to area, which should be taken into consideration when determining the parameters of the EAD aircraft.

Conclusion

In this paper, a few ways to improve electro aerodynamics flights were suggested. Michael Alexander Fredricks, a student from the University of Arkansas, in Fayetteville, performed experiments using a prototype aircraft and retractable electrode system. However, he didn't obtain the expected results due to several factors. More experiments should be performed based on these suggestions with proper management.

References:

1. Alessia Ongaro, Monica De Mattei. (March 2018). Effect of Electrode Distance in Grid Electrode: Numerical Models and In Vitro Tests. *Technology in Cancer Research & Treatment*, 1–11.
2. Edward A. Christensen and Paul S.Moller. (1967). Ion-Neutral Propulsion in Atmospheric Media. *AIAA Journal*.
3. Fredricks, M. A. (2021, May). *Improving the Performance of an EAD Aircraft by use of a Retractable Electrode System*. Fayetteville, USA: University of Arkansas. Retrieved from Mechanical Engineering Undergraduate Honors Theses.
4. Haofeng Xu , Kieran L. Strobel, Christopher K. Gilmore, Sean P. Kelley, Thomas Sebastian, Steven R.H. Barrett. (2018). Flight of an Aeroplane with Solid-State Propulsion. *LETTER*, 532–539.

МОДЕЛИРОВАНИЕ МНОГОЦИКЛОВОЙ УСТАЛОСТИ МАТЕРИАЛОВ ПРИ СИММЕТРИЧНОМ ПРОГРАММНОМ НАГРУЖЕНИИ НА РАЗНЫХ МАСШТАБНО-СТРУКТУРНЫХ УРОВНЯХ

Э.Б. Завойчинская, д.ф.-м.н., проф.,
И.Ю. Панарин, студент
119991 г.Москва, БСП-1, Ленинские Горы,
механико-математический факультет,
кафедра теории упругости,
тел. +7 (495)-9395539
E-mail: elen@velesgroup.com;

В настоящей работе в рамках системного подхода к оценке безопасности эксплуатации инженерных систем на стадиях проектирования и эксплуатации исследуется проблема конструкционного риска элемента при программных нагрузениях следующего вида:

$$\sigma(\tau) = \sigma_a \sin \frac{2\pi n}{t} \tau \sum_{q=1}^Q \sigma_{a,q} \left[h(\tau - \hat{t}_{q-1}) - h(\tau - \hat{t}_q) \right], \quad 0 \leq \sigma_{a,q} \leq 1, \quad \tau \in [0, t], \quad \hat{t}_0 = 0, \quad \hat{t}_q - \hat{t}_{q-1} = \frac{2\pi n_q}{\omega}, \quad (1)$$

где \hat{t}_q – характерные времена действия амплитуды $\sigma_{a,q}$.

Нагружение (1) рассматривается как иерархический случайный процесс [1] на шести масштабных-структурных уровнях: в результате зарождения и роста нанодфектов (первый уровень, $j = 1$) путем их слияния осуществляется переход на микроуровень образования и роста микротрещин ($j = 2$), слияния последних ведут к нераспространяющимся трещинам ($j = 3$), вследствие слияния последних имеет место переход на мезоуровень развития коротких трещин ($j = 4$), слияния коротких трещин приводит к развитию разрушения на макроуровне образования и дальнейшего роста макротрещин ($j = 5, 6$). Функция распределения вероятности достижения предельных состояний каждого уровня $Q_j = Q_j(\tau)$, $\tau \in [0, t]$, $j = 1, \dots, 6$, определяется линейным оператором на процессе нагружения. В качестве такого оператора рассматривается интегральный оператор Гильберта–Шмидта. Определяющие соотношения для $Q_j = Q_j(\tau)$ при нагружении (1) записываются в виде:

$$Q_j(\tau) = \alpha_j(\tau) \frac{1}{t} \max_{z \in [0, t]} \int_0^t K_j(z, \tilde{t}) \sigma(\tilde{t}) d\tilde{t} = \alpha_j(\tau) \max_{z \in [0, t]} \sum_{k=0}^{\infty} \frac{D_k \Omega_k(z)}{\lambda_k^j}, \quad (2)$$

$$\Omega_0 = 1, \quad \Omega_1 = \sin \frac{2\pi\tau}{t}, \quad \Omega_2 = \cos \frac{2\pi\tau}{t}, \dots, \quad \Omega_{2k-1} = \sin \frac{2\pi\tau k}{t}, \quad \Omega_{2k} = \cos \frac{2\pi\tau k}{t}, \quad k \in \mathbb{N}, \quad (3)$$

$$\sigma(\tau) = \sum_{k=0}^{\infty} D_k \Omega_k(\tau), \quad D_0 = \frac{1}{t} \int_0^t \sigma(\tau) d\tau, \quad D_k = \frac{2}{t} \int_0^t \Omega_k(\tau) \sigma(\tau) d\tau, \quad k = 1, \dots, \infty, \quad (4)$$

где по теореме Гильберта–Шмидта оператор представляется в виде ряда по собственным функциям своего положительно определенного симметрического ядра $K_j = K_j(z, \tilde{t})$ при условии, что $\int_0^t \sigma^2(\tau) d\tau \leq M^2$, $M = const$; λ_k^j – собственные значения оператора, для которых формулируется система базовых экспериментов.

Кривые усталости по уровням дефектности определяются по таким уравнениям:

$$Q_j(t_j) = Q_{j,th}, \quad j = 1, \dots, 6, \quad (5)$$

$$Q(t_f) = 1, \quad Q(t) = \sum_{j=4}^6 \frac{Q_j(t)}{1-Q_j(t)} \prod_{j=4}^6 (1-Q_j(t)), \quad (6)$$

где t_j – моменты времени, при которых дефекты j -го уровня достигают предельного состояния с вероятностью $Q_{j,th}$, t_f – долговечность по образованию макротрещины конечной длины (ее развитие описывается моделями механики разрушения).

Для симметричного одночастотного нагружения с амплитудой σ_a и круговой частотой ω_k ненулевым значением в выражениях (2) – (4) является величина $D = \sigma_a$ при собственной функции $\Omega_k = \sin \frac{2\pi kz}{t}$, $\omega_k = \sin \frac{2\pi k}{t}$. Принимая для функции $\alpha_j = \alpha_j(\tau)$, $j = 1, \dots, 6$, такие выражения: $\alpha_j(\tau) = \sqrt{\lg \tau (t_{j-1}(\sigma_a))^{-1}}$, выписываются следующие соотношения для собственных значений λ_k^j : $\lambda_k^j = \sigma_j(\omega_k, T_j) \sqrt{\lg T_j - \lg(t_{j-1}(\sigma_j))}$. Таким образом, для при одночастотном нагружении имеют вид:

$$Q_j(\tau) = \frac{\sigma_a}{\sigma_j(\omega_k, T_j)} \frac{\sqrt{\lg \tau - \lg(t_{j-1}(\sigma_a))}}{\sqrt{\lg T_j - \lg(t_{j-1}(\sigma_j))}}, \quad \sigma_a \geq \sigma_{j-1}, \quad \lg \tau \geq \lg(t_{j-1}(\sigma_a)), \quad Q_j(t_j) = Q_{j,th}, \quad \sigma_0 = 0, \quad \tau \in [0, t]$$

Базовые характеристики модели (σ_j, T_j) , $j = 1, \dots, 6$, определяются по сериям макроэкспериментов по усталостной прочности с обработкой шлифов стандартными исследованиями микроструктуры при симметричном нагружении и достижении соответствующих предельных состояний [1,2].

Для программного нагружения вида (1) соотношения модели (2) – (4) записываются таким образом: $\lg \tau \geq \lg \tilde{t}_{j-1}$, $j \in [1, \dots, 6]$:

$$Q_j(\tau) = \sigma_a \sqrt{\lg \tau - \lg \tilde{t}_{j-1}} \max_{z \in [0,1]} \left[\sum_{q=1}^Q \sigma_{a,q} \left[\frac{1}{\sigma_j(n, T_j) \sqrt{\lg T_j - \lg(\tilde{t}_{j-1}(\sigma_j(n, T_j)))}} (t_q - t_{q-1}) \sin 2\pi n z + \tilde{f}_q^1(z) \right] \right],$$

$$\tilde{f}_q^1(z) = \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq n}}^{\infty} \frac{\sin 2\pi k z}{\sigma_j(k, T_j) \sqrt{\lg T_j - \lg(\tilde{t}_{j-1}(\sigma_j(k, T_j)))} \pi(k-n)} \sin[\pi(k-n)(t_q - t_{q-1})] \cos[\pi(k-n)(t_q + t_{q-1})] -$$

$$- \sum_{k=1}^{\infty} \frac{\sin 2\pi k z}{\sigma_j(k, T_j) \sqrt{\lg T_j - \lg(\tilde{t}_{j-1}(\sigma_j(k, T_j)))} \pi(k+n)} \sin[\pi(k+n)(t_q - t_{q-1})] \cos[\pi(k+n)(t_q + t_{q-1})],$$

При различных процессах пропорционального трехмерного нагружения, а также одноосных симметричных бигармонических нагружениях для представительного ряда сталей, титановых, никелевых, алюминиевых сплавов показано удовлетворительное соответствие модели опытным данным [1, 2, 3].

Список литературы:

1. Завойчинская Э.Б. Общие закономерности и критерии разрушения твердых тел на разных масштабно-структурных уровнях при длительном нагружении (обобщающая статья)// Заводская лаборатория. Диагностика материалов. Т. 8. № 7. 2022. с. 48–62. DOI:10.26896/1028-6861-2022-88-7-48-62.
2. Zavoychinskaya E. A Stochastic Theory of Scale-Structural Fatigue and Structure Durability at Operational Loading, Understanding complex systems, Springer Nature Switzerland AG, 2021. p. 71-89. DOI: 10.1007/978-3-030-50302-4.
3. Панарин И.Ю. Моделирование хрупкого усталостного разрушения сталей при двухчастотном нагружении //Международная научная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «ЛОМОНОСОВ-2022» М.: МАКС Пресс. 2022. 138583_uid678970_report.pdf (lomonosov-msu.ru).

К МЕТОДИКЕ АНАЛИЗА НЕСТАБИЛИЗИРОВАННЫХ ТЕЧЕНИЙ НАЧАЛЬНЫХ УЧАСТКОВ ПРОВОДЯЩИХ И ОТВОДЯЩИХ УСТРОЙСТВ ТУРБОМАШИН

*А.А. Зуев, д.т.н., профессор, Сибирский государственный университет науки и технологий
имени академика М.Ф. Решетнева, 660037, Сибирский федеральный округ,
Красноярский край, г. Красноярск, проспект им. газеты Красноярский рабочий, 31
тел. 8-913-180-68-69
E-mail: dla2011@inbox.ru*

*А.А. Арнгольд, начальник бюро спецсоединителей, приборов и пультовой аппаратуры
АО «Красноярский машиностроительный завод», 660037, Сибирский федеральный округ,
Красноярский край, г. Красноярск, проспект им. газеты Красноярский рабочий, 29,
тел. 8-923-297-74-88
E-mail: arngoldanna@mail.ru*

*А.А. Берестов, студент группы МЭИЗ 20-01, Сибирский государственный университет
науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, 660037,
Сибирский федеральный округ, Красноярский край,
г. Красноярск, проспект им. газеты Красноярский рабочий, 31,
тел. 8-983-149-29-46
E-mail: bo55_26@mail.ru*

Рассмотрим характерные параметры динамического пограничного слоя при течении в канале цилиндрической формы переменного сечения.

Отметим, что течение в цилиндрическом канале переменного сечения существенно отличается от течения на плоской пластине, это отличие заключается в наличии радиуса кривизны стенки, что влечет за собой существенное влияние на параметры динамического и, как следствие, температурного пограничных слоев. Отметим, что чем меньше радиус трубы, тем большее влияние будет оказано. Начальный участок развивающегося динамического слоя можно отнести к внутренней задаче, так как по длине канала происходит изменения скорости ядра потока $U_{(x)} \neq const$. Изменение скорости ядра потока обуславливается как геометрическими особенностями канала переменного сечения, так и наличием развивающегося динамического пограничного слоя (при внешней задаче скорость ядра потока $U_{(x)} \neq const$).

Отметим, что для канала основной характеристикой будет не толщина вытеснения, а площадь вытеснения, тогда скорость рабочего тела в ядре потока в зависимости от координаты x будет определяться как:

$$U_{(x)} = U_0 R_1^2 / (R_2 - \delta^*)^2, \quad (1)$$

где U_0 – скорость потока при входе в канал.

Схематически течение на начальном участке в канале цилиндрической формы переменного сечения приведено на рис. 1. Определим условие, что угол раскрытия образующей α не приводит к отрыву потока.

Учитывая угол раскрытия образующей, уравнение (1) можно записать:

$$U_{(x)} (R - \delta^* \pm x \cdot tg\alpha)^2 = U_0 R^2, \quad (2)$$

где R – начальный радиус канала, знак «+» при увеличивающейся площади проходного сечения канала (расширение), знак «-» при уменьшающейся площади проходного сечения канала (сужение).

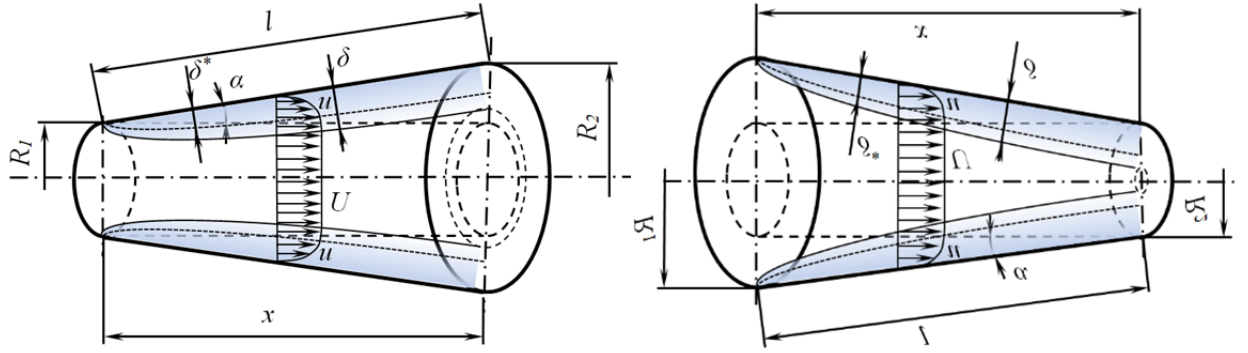


Рис. 1. Схема цилиндрического канала переменной формы

Турбулентный режим

Для турбулентного режима течения, также как и для случая канала постоянного сечения, затруднительно получить аналитическое решение уравнения (2) и требуется численное решение относительно параметра скорости ядра потока $U_{(x)}$. С учетом выражения для толщины вытеснения [1, 2] запишем эти уравнения для расширяющегося канала:

$$U_{(x)} R^2 - 2R \cdot A \cdot U_{(x)}^{\frac{4}{5}} + 2R \cdot x \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot U_{(x)} + U_{(x)}^{\frac{3}{5}} A^2 - 2 \cdot U_{(x)}^{\frac{4}{5}} A \cdot x \cdot \operatorname{tg} \alpha + U_{(x)} x^2 (\operatorname{tg} \alpha)^2 = U_0 R^2, \quad (3)$$

для сужающегося канала:

$$U_{(x)} R^2 - 2R \cdot A \cdot U_{(x)}^{\frac{4}{5}} - 2R \cdot x \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot U_{(x)} + U_{(x)}^{\frac{3}{5}} A^2 + 2 \cdot U_{(x)}^{\frac{4}{5}} A \cdot x \cdot \operatorname{tg} \alpha + U_{(x)} x^2 (\operatorname{tg} \alpha)^2 = U_0 R^2, \quad (4)$$

где $A = 0,0572 v^{\frac{1}{5}} x^{\frac{4}{5}} / (m / (m+1)(m+2))^{\frac{4}{5}} (m+1)$.

Ламинарный режим

Рассмотрим ламинарный режим течения в канале цилиндрической формы переменного сечения. Учитывая уравнение (2), уравнение толщины вытеснения и исходя из граничных условий: при $x = 0$, соответственно $C = 0$ – толщина ламинарного пограничного слоя в зависимости от расстояния от входной кромки:

$$\delta = \frac{0,664}{m / (m+1)(2m+1)} \frac{1}{\operatorname{Re}_x^{0,5}} x, \quad (5)$$

запишем для расширяющегося канала:

$$U_{(x)} R^2 - 2R(A) U_{(x)}^{\frac{1}{2}} + 2R \cdot x \cdot \operatorname{tg} \alpha U_{(x)} + (A)^2 - 2U_{(x)}^{\frac{1}{2}} (A) \cdot x \cdot \operatorname{tg} \alpha + U_{(x)} (x \cdot \operatorname{tg} \alpha)^2 = U_0 R^2, \quad (6)$$

для сужающегося канала:

$$U_{(x)} R^2 - 2R(A) U_{(x)}^{\frac{1}{2}} - 2R \cdot x \cdot \operatorname{tg} \alpha U_{(x)} + (A)^2 + 2U_{(x)}^{\frac{1}{2}} (A) \cdot x \cdot \operatorname{tg} \alpha + U_{(x)} (x \cdot \operatorname{tg} \alpha)^2 = U_0 R^2, \quad (7)$$

где $A = 0,664(2m+1) v^{\frac{1}{2}} x^{\frac{1}{2}} / m$.

Полученные выражения для скорости ядра потока $U_{(x)}$ на некотором расстоянии x от входа в канал позволяют определять параметры пограничного слоя, в том числе и потери по длине канала.

Список литературы:

1. Дисковое трение при определении баланса мощностей турбонасосных агрегатов жидкостных ракетных двигателей. Зуев А.А., Назаров В.П., Арнгольд А.А., Петров И.М. Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Аэрокосмическая техника. 2019. № 57. С. 17–31.

2. Зуев А.А., Назаров В.П., Арнгольд А.А., Петров И.М. Методика определения дискового трения малорасходных центробежных насосов / Сибирский журнал науки и технологий. 2019. Т. 20, № 2. С. 219–227. Doi: 10.31772/2587-6066-2019-20-2-219-227.

ОБДИРОЧНАЯ РАСТОЧНАЯ ГОЛОВКА

*П.С. Летучий, магистрант группы 4НМ11
Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
тел. (3822) 444-555
E-mail: pavel.letuchii@mail.ru*

OBDIROCHNAYA RASTOCHNAYA GOLOVKA

*P.S. Letuchiy, magistrant gruppy 4NM11
Tomskiy politekhnicheskiy universitet, 634050, g. Tomsk, pr. Lenina, 30
tel. (3822) 444-555
E-mail: pavel.letuchii@mail.ru*

Аннотация: Повышение производительности при черновом растачивании, а также при вспомогательных операциях. Предложение и обоснование технических требований к конструкции. Статья будет полезна разработчикам и изготовителям шпиндельной оснастки, а также научным сотрудникам, занимающимся изучением обработки металлов резанием.

Ключевые слова: растачивание, обдирка, черновая обработка.

Annotatsiya: Povysheniye proizvoditel'nosti pri chernovom rastachivanii, a takzhe pri vspomogatel'nykh operatsiyakh. Predlozheniye i obosnovaniye tekhnicheskikh trebovaniy k konstruktsii. Stat'ya budet polezna razrabotchikam i izgotovitel'yam shpin-del'noy osnastki, a takzhe nauchnym sotrudnikam, zanimayushchimsya izucheniyem obrabotki metallov rezaniyem.

Klyuchevyye slova: rastachivaniye, obdirka, chernovaya obrabotka.

Производственный опыт, опыт ремонтно-восстановительных работ, поиски и подбор комплекта всей необходимой оснастки для универсального фрезерного станка; выявили отсутствие универсальной шпиндельной оснастки для обдирочного растачивания. Имеющиеся в доступности расточные головки имеют конструкции, рассчитанные в первую очередь для получения точного получаемого размера. И не предполагают высоких режимов резания, доступных станку или не предполагают обработку на удар после обварки, по корке, на удар и другие способы применения, характеризующиеся высокой нагрузкой.

В связи с чем, были начаты изыскательные и конструкторские работы по анализу задачи и созданию концепции универсальной обдирочной расточной головки.

Основные задачи использования при ремонтных работах:

1. Расточить отверстия от засверливания до необходимого диаметра с сохранением гарантированного припуска на чистовую обработку;
2. Расточить изношенное отверстие до произвольного диаметра под завтуливание, невзирая на: наклеп, затиры, загрязнения и твердые включения в поверхности;
3. Расточить отверстие после наплавки до диаметра, близкого к необходимому с сохранением припуска под чистовую обработку;
4. Фрезеровка размерных пазов после черного прохода фрезой, в том числе, фасонных;
5. Растачивание поднутрений, углублений с плоским или фасонным донцем;
6. Вырезка больших отверстий в толстолистовом металле прорезным резцом;
7. Чистовая обработка широких торцевых поверхностей, либо плоскость дна широких пазов;
8. Прорезка кольцевых канавок прорезными резцами под уплотнительные кольца, пружины и др.;
9. Наружное черновое обтачивание бобышек на корпусных деталях;
10. Использование в качестве борштанги для отверстий, вмещающих расточную головку, в случае крепления через удлинитель.

Возможны и иные варианты применения.

На основе обозначенных задач сформулировано Техническое Задание, обуславливающее требования к самой конструкции и составляющих ее деталей.

Выполнение операции обдирочного растачивания с высокими режимами резания предусматривает максимально прочную и жесткую конструкцию в допустимых габаритах и рассчитанную на нагрузку, допустимую для выбранного инструментального хвостовика. Для выполнения обозначенных требований применены следующие конструктивные решения:

1. Расточная головка выполняется заедно с хвостовиком, в моем случае ИСО-40;
2. Конструкция имеет минимальный вылет от торца шпинделя. Это же решение увеличивает доступное рабочее пространство;
3. Применен резец с державкой максимально допустимого диаметра для данного конуса;
4. Вместо привычного мелкошагового винта подачи, применен винт с нормальным шагом;
5. Вместо поджима ползуна через клин винтом, применено его затягивание через специальные прижимные планки, затягивающиеся крупными болтами;
6. Выбрана специальная форма направляющих.
7. При максимальном удалении резца от оси вращения, вылет ползуна из направляющих не большой. Это сделано за счет большого вылета ползуна при минимальном удалении резца от оси. То есть, когда нагрузка при расточке минимальна.

Разработанная конструкция будет запатентована и запущена мной в производство на собственных технологических мощностях.

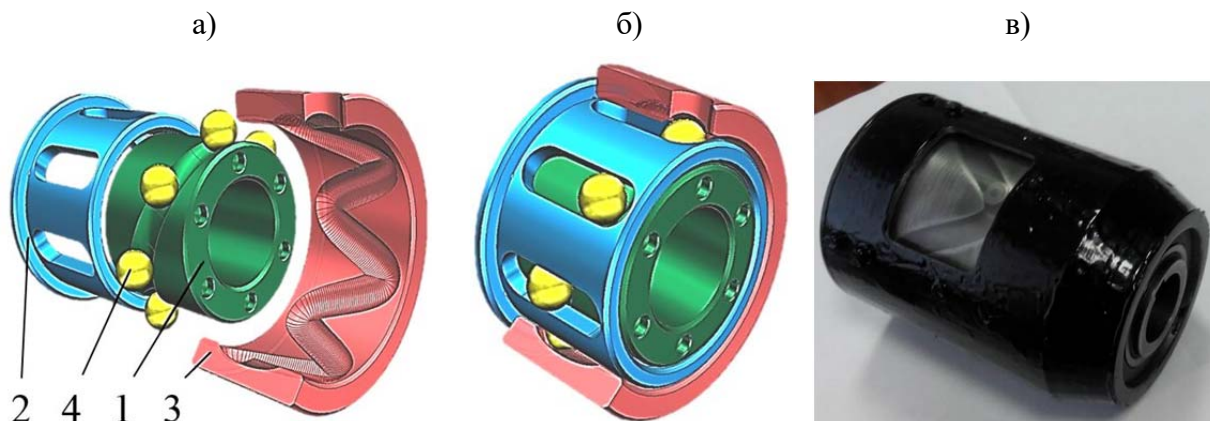
Список литературы:

1. Хвостовики инструментов с конусом 7:24 ГОСТ 25827-93 (ИСО 7388-1-83).
2. Головки расточные универсальные ГОСТ 22393-77* (СТ СЭВ 4644-84).
3. Инструмент вспомогательный к металлорежущим станкам ГОСТ 17166-71.

ИССЛЕДОВАНИЕ КПД ПЕРЕДАЧ С ПРОМЕЖУТОЧНЫМИ ТЕЛАМИ КАЧЕНИЯ ПРИ РАБОТЕ В МУЛЬТИПЛИКАТОРНОМ РЕЖИМЕ

*Е.С. Лустенкова, старший преподаватель
Белорусско-Российский университет,
212000, Республика Беларусь, г. Могилев, пр. Мира, 43
тел. (+375 447)-278-243
E-mail: fittsova@gmail.com*

Передачи с промежуточными телами качения (ППТК) цилиндрического типа применяются в условиях ограничений на радиальные размеры для размещения привода: бурение, ремонт и эксплуатация скважин [1]. В исследуемой передаче шарики 4 перемещаются по беговым дорожкам внутренней 1 и наружной 3 втулок, а также вдоль осевых пазов сепаратора 2 (рис. 1). При работе в редукторном режиме ведущей является внутренняя втулка с беговой дорожкой с числом периодов $Z_1 = 1$ (в форме эллипса). Сепаратор является ведомым звеном, а наружная втулка с многопериодной беговой дорожкой с числом периодов Z_3 остановлена и связана с сепаратором. Целью работы являлась оценка КПД при работе передачи в режиме мультипликатора.



*Рис. 1. ППТК цилиндрического типа:
а) основные элементы; б) передача в сборе; в) натуральный образец*

Передаточное отношение i_p зависит от числа периодов дорожек: $i_p = 1 + Z_3$. Если ведущим сделать сепаратор, а внутреннюю втулку ведомой, то передаточное отношение $i_m = 1/i_p$. КПД рассматриваемой передачи существенно зависит от коэффициента трения f [2], который должен учитывать качение со скольжением. Основными геометрическими параметрами ППТК являются радиус окружности (R), образующей цилиндрической поверхности, на которой расположены центры масс тел качения, и амплитуда беговых дорожек (A). Эти параметры определяют средние значения углов подъема α_{mj} беговых дорожек внутренней ($j = 1$) и наружной ($j = 3$) втулок

$$\alpha_{mj} = \arctg \left(\frac{2 \cdot A \cdot Z_{mj}}{\pi \cdot R} \right). \quad (1)$$

Ранее были получены формулы для определения КПД для ППТК, работающей в редукторном и мультипликаторном режимах, как функции углов α_{m1} , α_{m3} , угла трения $\psi = \arctg(f)$ и передачного отношения [3].

Установим влияние углов подъема на КПД ППТК, приняв следующие значения параметров: $R = 30$ мм, $i_p = 12$ ($Z_1 = 1$, $Z_3 = 11$) для редуктора и $i_m = 0,083$ ($Z_1 = 1$, $Z_3 = 11$) для мультипликатора. При этом рассмотрим влияние угла α_{m1} , т. к. углы подъема связаны зависимостью

$$\operatorname{tg}(\alpha_{m1}) = \frac{Z_1}{Z_3} \cdot \operatorname{tg}(\alpha_{m3}). \quad (2)$$

Дополнительно исследовано влияние приведенного коэффициента трения f (рис. 2).

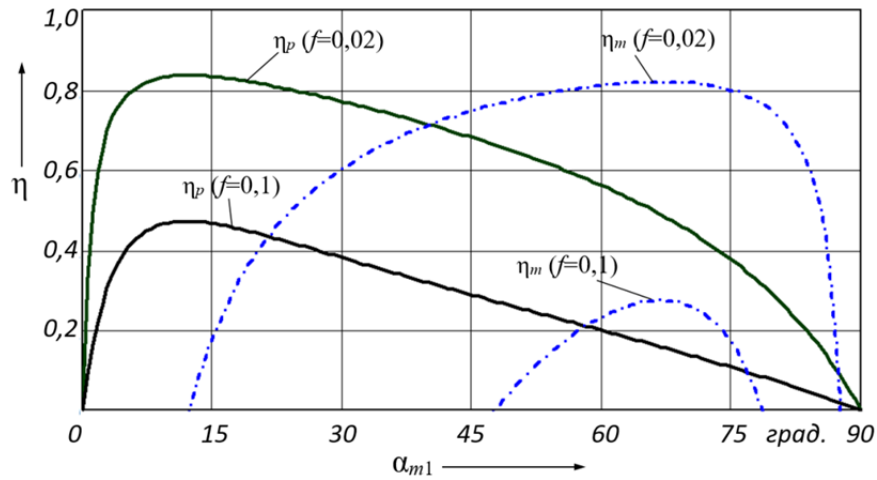


Рис. 2. Зависимость КПД от угла α_{m1}

По результатам расчета устанавливался угол подъема, обеспечивающий максимальный КПД. Из выражения (2) определялось оптимальное значение амплитуды (A) дорожек, так как радиус (R) определяет габариты передачи и при проектировании, как правило, задается. Данные для сравнения приведены в табл. 1.

Таблица 1

КПД и параметры исследуемых передач

Режим работы передачи	f	Максимальный КПД	Оптимальные значения		
			$\alpha_{m1}, ^\circ$	$\alpha_{m3}, ^\circ$	$A, \text{мм}$
Редукторный	0,02	0,836	12,035	66,906	10,054
Мультипликаторный	0,02	0,820	66,921	12,044	10,047
Редукторный	0,10	0,471	12,033	66,902	10,045
Мультипликаторный	0,10	0,274	66,864	12,011	10,026

Установлено, что для ППТК с передаточным отношением 12 оптимальные значения геометрических параметров для редукторного и мультипликаторного режима отличаются незначительно. Однако влияние коэффициента трения на КПД более существенно для мультипликаторов. При определенных значениях α_{m1} (при которых $\eta_m \leq 0$ на рис. 2) возникает самоторможение, и передача движения становится невозможной.

Список литературы:

1. Сазонов И.С. Методология расчета и проектирования передач с составными промежуточными телами качения / И.С. Сазонов, М.Е. Лустенков, А.П. Прудников, Е.С. Фитцова / Вестник Белорусско-Российского университета. – 2014. – № 2 (43). – С. 60–70.
2. 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.
3. Лустенков М.Е. Силовой анализ передач с промежуточными телами качения / М.Е. Лустенков / Известия высших учебных заведений. Машиностроение. – 2016. – № 10. – С. 26–31.

ВЛИЯНИЕ ПРИВЕДЕННЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ ТРЕНИЯ НА КПД СФЕРИЧЕСКОЙ РОЛИКОВОЙ ПЕРЕДАЧИ

*А.Н. Моисеенко, соискатель
Белорусско-Российский университет,
212000, Республика Беларусь, г. Могилев, пр. Мира, 43
тел. (+375 296)-875-121
E-mail: a_an1974@mail.ru*

Передачи с телами качения [1] могут применяться как замена червячным и планетарным передачам с двухрядным сателлитом для получения больших значений передаточных отношений при малых габаритах привода. Передачи с сателлитом, совершающим сферическое движение, обладают рядом компоновочных преимуществ и более уравновешены, чем эксцентриковые. Макет исследуемой сферической роликовой передачи (СРП) и ее 3D модель показаны на рис. 1.

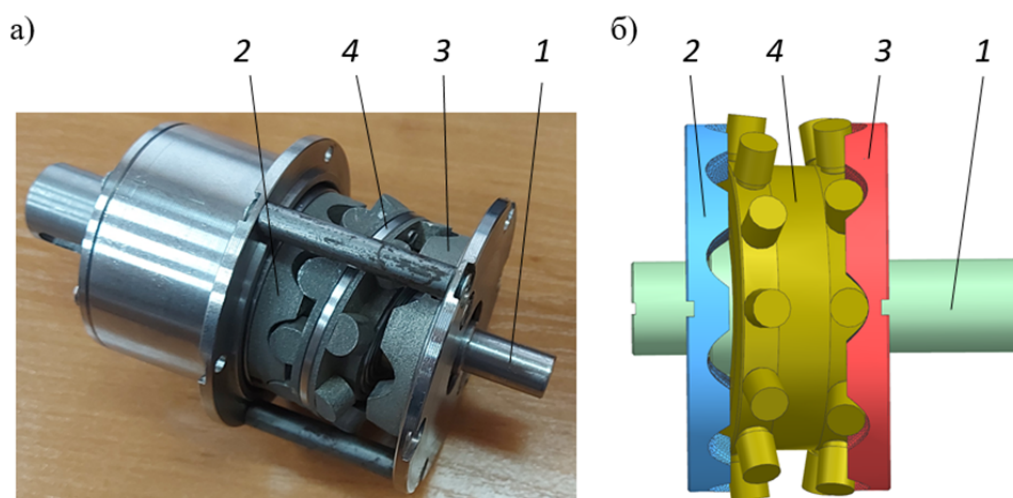


Рис. 1. Сферическая роликовая передача:

*а) макет; б) компьютерная модель;
1) ведущий вал; 2) ведомый кулачок; 3) остановленный кулачок; 4) сателлит*

В [2] были получены зависимости для определения КПД СРП, у которых два ряда роликов на сателлите располагались коаксиально. После преобразований для рассматриваемой передачи, у которой ряды роликов расположены вдоль оси сателлита, это выражение можно представить в виде

$$\eta_{m1} = \frac{\pi \cdot (Z_2 - Z_3) \cdot \sin(\alpha_{m3} - \psi) \cdot \sin(\alpha_{m2} + \psi)}{2 \cdot \Theta \cdot Z_2 \cdot Z_3 \cdot \sin(\alpha_{m2} - \alpha_{m3} + 2 \cdot \psi)}, \quad (1)$$

где α_{m2} , α_{m3} – средние углы подъема кривых, описывающих беговые дорожки ведомого и остановленных кулачков соответственно; Θ – угол наклона кривошипа, на который устанавливается сателлит; Z_2 и Z_3 – число периодов беговых дорожек ведомого и ведущего кулачков соответственно; ψ – угол трения, равный арктангенсу приведенного коэффициента трения f , учитывающего качение и скольжение.

Для рассматриваемой СРП была принята гипотеза о том, что рабочие поверхности кулачков, взаимодействующие с цилиндрическими роликами можно также представить в виде замкнутых цилиндрических кривых, средние углы подъема можно определить по формуле [3]: $\alpha_{mj} = \arctg(2 \cdot \Theta \cdot Z_j / \pi)$, где индекс $j = 2, 3$.

Проанализируем применимость выражения (1) для оценки среднего КПД для СРП, у которого ряды роликов расположены на сателлите в плоскостях, смещенных вдоль оси его вращения. Передаточное отношение СРП равно 55 ($Z_2 = 11$, $Z_3 = 9$), $\Theta = 0,12$ рад.

Кулачки изготавливались методом 3D печати. В макете ролики изготовлены неподвижными, в реальной передаче предполагается их вращение относительно собственных осей, что снижает трение: по результатам экспериментов принималось значение $f = 0,02$.

При моделировании в блоке Motion системы NX задавался постоянный момент на ведомом кулачке $T_2 = -50 \text{ Н}\cdot\text{м}$, а ведущему валу сообщалась скорость вращения $\omega_1 = 2 \cdot \pi \text{ рад/с}$. В программе определялся момент на ведущем валу T_1 , с помощью которого рассчитывался средний КПД СРП по формуле $\eta = T_2 / (i_{12}^{(3)} \cdot T_1)$. Исследовалось влияние приведенного коэффициента трения f , который задавался как параметр «dynamic coefficient» двух 3D контактов сателлита и кулачков при неизменных остальных параметрах: коэффициент жесткости $100\,000 \text{ Н/мм}$, экспонента силы 2, коэффициент демпфирования материала $10 \text{ Н}\cdot\text{с/мм}$, скорость сцепления $0,01 \text{ мм/с}$, скорость трения $0,1 \text{ мм/с}$. Коэффициент сцепления (static coefficient) во всех случаях принимался на $0,01$ больше, чем коэффициент трения f , который изменялся с шагом $0,02$ от 0 до $0,1$. Результаты исследования КПД представлены на рис. 2.

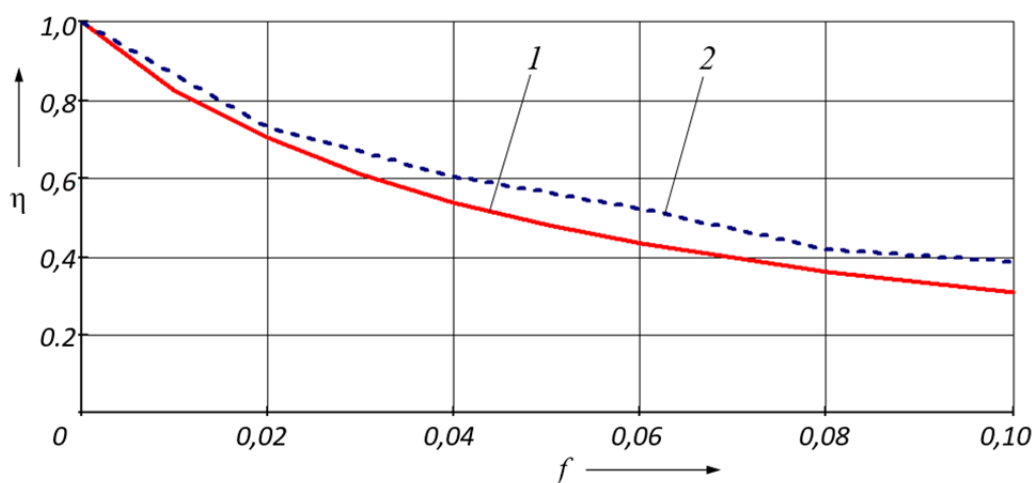


Рис. 2. Зависимость КПД от приведенного коэффициента трения:
1 – по формуле; 2 – по результатам компьютерного моделирования

Анализ показывает достаточно близкие значения $\eta(f)$ теоретической и экспериментальной кривых, что свидетельствует о правомерности использования выражения (1) для оценки среднего КПД СРП на стадии проектирования. Установлено, что увеличение коэффициента трения не только увеличивает требуемый момент на ведущем валу (и снижает КПД), но и увеличивает амплитуду колебаний момента, т. е. динамические нагрузки на привод.

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. Lustenkov M.E. Load Capacity of Spherical Roller Transmission with Double-Row Pinion / M.E. Lustenkov, E.S. Lustenkova // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. – 2020. – 795 (2020) 012020. – 6 p.
3. Лустенков М.Е. Силовой анализ передач с промежуточными телами качения / М.Е. Лустенков // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. – 2016. – № 10. – С. 26–31.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЗАЗОРОВ ПРИ УСТАНОВКЕ ЦИКЛОИДАЛЬНОГО КОЛЕСА НА ГЕНЕРАТОР ПЕРЕДАЧИ С ПРОМЕЖУТОЧНЫМИ ТЕЛАМИ КАЧЕНИЯ И СВОБОДНОЙ ОБОЙМОЙ

*Д.А. Морев, магистрант
А.В. Тюхтенов, магистрант*

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

За исключением создания новых разработок, современное машиностроение идёт путем оптимизации механизмов, демонстрирующих на определённом временном промежутке свою работоспособность и рентабельность. В данном свете, хорошо освоенные технологии получают второе прочтение, вопрос об их актуальности более не может быть аргументированным априори.

В погоне за малыми габаритами при передаче большого крутящего момента была разработана циклоидальная передача, имеющая множество преимуществ перед традиционными редукторами, она имеет больший ресурс, больший диапазон передаточных чисел, однако все параметры имеют свою цену, всё вышеперечисленное стоит больших денег нежели, при производстве классических вариаций редукторов. Для снижения себестоимости изделий при изготовлении, используют стандартные посадки. Данная работа нацелена на рассмотрение зазоров, являющихся критически важным элементом в данном виде передач, при неизменной стандартизированной посадке, однако применимой к различным значениям относительно номинального размера. Рассматриваемая тема касается хорошо изученной области под иным углом.

Стандартная циклоидальная передача состоит из следующих деталей: водило (входной вал), подшипник качения, кулачок, тела качения, сепаратор, венец. Рассмотрим посадку подшипника на водило (рис. 1) при стандартной в данном случае посадке H7/h6 по ГОСТ 3325-85 [2].

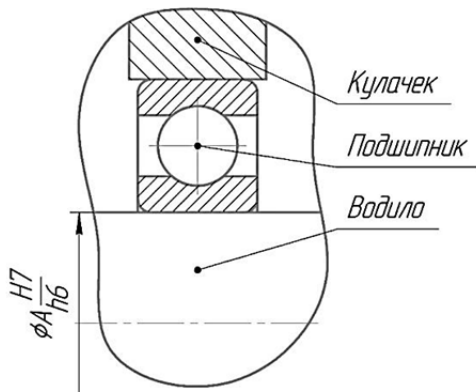


Рис. 1. Посадка подшипника в циклоидальной передаче

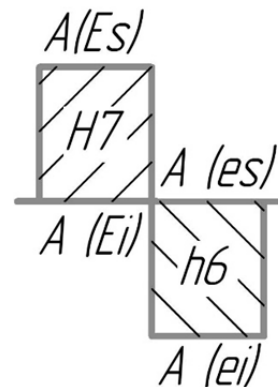


Рис. 2. Поля допусков при посадке H7/h6

В данном случае поля допусков будут расположены относительно номинального размера согласно рис. 2, где ES и EI верхнее и нижнее предельные отклонения отверстия соответственно, а (es) и (ei) предельным значениям вала.

Расчёт зазоров производится по следующим формулам:

Для максимального технологического зазора:

$$\Delta_{\max} = ES - ei. \quad (1)$$

Для минимального зазора по формуле 2:

$$\Delta_{\min} = EI - es. \quad (2)$$

Для зазора по средним значениям поля допуска по формуле 3:

$$\Delta_{\text{ср}} = (ES + EI)/2 - (es + ei)/2. \quad (3)$$

Примем значение диаметра $A = 30$ мм и произведём расчёты. При данном диаметре предельные значения по ГОСТ 25346-2013 равны: $ES = 30,201$ мм, $EI = 30$ мм, $es = 30$ мм, $ei = 29,987$ мм, подставив их в формулы получим следующие значения [3]:

$$\Delta_{\text{max}} = 30,201 - 29,987 = 0,034 \text{ мм};$$

$$\Delta_{\text{min}} = 30 - 30 = 0 \text{ мм};$$

$$\Delta_{\text{ср}} = (30,201 + 30)/2 - (30 + 29,987)/2 = 0,017 \text{ мм}.$$

Аналогичные расчёты произведём для значений диаметра равных 50 мм, 70 мм, 90 мм и сведём полученные результаты в таблицу 1:

При диаметре 50мм:

$$\Delta_{\text{max}} = 50,025 - 49,984 = 0,041 \text{ мм};$$

$$\Delta_{\text{min}} = 50 - 50 = 0 \text{ мм};$$

$$\Delta_{\text{ср}} = (50,025 + 50)/2 - (50 + 49,984)/2 = 0,0205 \text{ мм}.$$

При диаметре 70мм:

$$\Delta_{\text{max}} = 70,03 - 69,981 = 0,049 \text{ мм};$$

$$\Delta_{\text{min}} = 70 - 70 = 0 \text{ мм};$$

$$\Delta_{\text{ср}} = (70,03 + 70)/2 - (70 + 69,981)/2 = 0,0245 \text{ мм}.$$

При диаметре 90мм:

$$\Delta_{\text{max}} = 90,035 - 89,978 = 0,057 \text{ мм};$$

$$\Delta_{\text{min}} = 90 - 90 = 0 \text{ мм};$$

$$\Delta_{\text{ср}} = (90,035 + 90)/2 - (90 + 89,978)/2 = 0,026 \text{ мм}.$$

Таблица 1

Значения зазоров

$\varnothing A$, мм	Δ_{max} , мм	Δ_{min} , мм	$\Delta_{\text{ср}}$, мм
0	0,034	0	0,017
50	0,041	0	0,0205
70	0,049	0	0,0245
90	0,057	0	0,026

Таким образом, учитывая факт получения действительных размеров приближенных по значению к середине поля допуска по закону нормального распределения [4], а также зазоров, полученных на диаметральный размер, то есть для получения зазора на сторону полученные значения необходимо сократить вдвое, можно сказать о эффективности исследуемой посадки в частности для меньших диаметров, так как при данном классе точности изготовления, величина зазора максимально приближена к величине шероховатости получаемых посадочных поверхностей, однако при больших диаметрах получаемая величина зазора не является критичной и остается в пределах сотых долей миллиметра, что благополучно сказывается на работоспособности механизма. Ещё одним аргументом в пользу данных утверждений поступит то, что циклоидальные передачи с промежуточными телами качения имеют небольшие габариты, относительно аналогичных механизмов, соответственно посадочные диаметры имеют меньшие размеры.

Список литературы:

- ГОСТ 3325-85 Поля допусков и технические требования к посадочным поверхностям валов и корпусов. посадки.
- ГОСТ 25346-2013 Система допусков на линейные размеры. основные положения, допуски, отклонения и посадки.
- Рогов В.А., Основы технологии машиностроения: учебник для вузов / В.А. Рогов. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2022. – 351 с. – (Высшее образование). – ISBN 978-5-534-00889-0. – Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. – URL: <https://urait.ru/bcode/490804> (дата обращения: 12.11.2022).

ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ ПЕРЕДАЧ С ПРОМЕЖУТОЧНЫМИ ТЕЛАМИ КАЧЕНИЯ

*А.А. Русин, студент гр. А2-20,
Е.А. Ефременков, к.т.н., доцент ОмШ
Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
тел. (3822) 444-555
E-mail: aar54@tpu.ru*

В последнее время активно исследуются и развиваются механизмы преобразования движения, в которых используется не эвольвентное зацепление, а циклоидальное зацепление, реализованное с помощью промежуточных тел качения: шариков или роликов [1]. Первые механизмы с таким зацеплением появились в патентной информации еще в начале прошлого века [2, 3], однако широкого практического применения и распространения в технике тех лет не получили. Но сейчас с появлением новых технологий металлообработки практический интерес к циклоидальному зацеплению с промежуточными телами качения возрос, что объясняется их более высокой эффективностью в целом ряде областей промышленности.

В самом общем случае такие механизмы можно описать следующим образом. Два основных звена передачи представляют собой диски с периодическими кулачковыми поверхностями, которые могут быть выполнены в виде волнообразной дорожки качения или зубчатого профиля. В одновременном контакте с кулачковыми поверхностями находится цепочка тел качения (шариков или роликов), размещенных в гнездах третьего звена сепаратора. По аналогии с волновой передачей одно из двух тел вращения является волновым генератором, периодическая дорожка которого воздействует на тела качения, заставляя их совершать волнообразное перемещение. Второе тело вращения с периодической дорожкой или зубчатым профилем выполняет функцию жёсткого колеса.

Обзор и анализ передач с промежуточными телами качения (ПТК) позволяет выявить общие признаки у различных типов циклоидальных передач и в перспективе определить общий подход к определению силовых характеристик таких механизмов.

Рассмотрим конструкции некоторых циклоидальных передач. На рисунке 1 показана схема радиальной цилиндрической передачи с ПТК и силовым сепаратором [4]. Передача содержит: входной вал (1) с эксцентриком, с которым контактируют тела качения (2), находящиеся в сепараторе (3) и контактирующие с центральным зубчатым колесом (4), неподвижно закрепленным в корпусе механизма. Центральное колесо 4 имеет внутренние зубья с циклоидальным профилем, а сепаратор 3, являясь выходным звеном передачи, жестко связывается с выходным валом механизма.

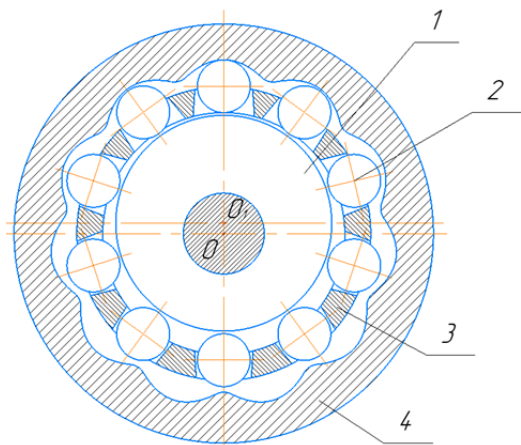


Рис. 1. Схема передачи с ПТК с гладким профилем кулачка

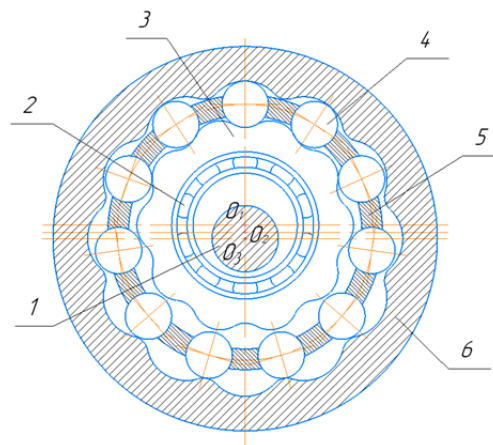


Рис. 2. Схема передачи с ПТК с двумя циклоидальными колесами

Во время работы передачи (рис. 2) в местах контакта тел качения 2 с наружной поверхностью эксцентрика возникает трения скольжения. Для снижения трения скольжения в зацеплении передачи с ПТК и силовым сепаратором на эксцентрик устанавливается подшипник качения, таким образом, в современных механизмах тела качения контактируют с наружным кольцом подшипника.

Использование роликов в качестве тел качения повышает несущую способность передач благодаря увеличению длины контактной линии. Таким образом известно много различных модификаций передачи с ПТК (рис. 1), это и передача с составными телами качения [3], и коническим генератором [5], есть и другие радиальные передачи [6]. Так же есть радиальная циклоидальная передача с двумя кулачковыми колесами (рис. 2) ее называют «передача с промежуточными телами качения и свободной обоймой» (ПТКСО) [7]. Передача содержит: входной вал 1 с эксцентриком, на который через подшипник качения 2 установлено внутреннее колесо с наружным циклоидальным профилем – кулачок 3, промежуточные тела качения 4, находящиеся в обойме 5 и контактирующие с циклоидальными профилями колес 3, 6.

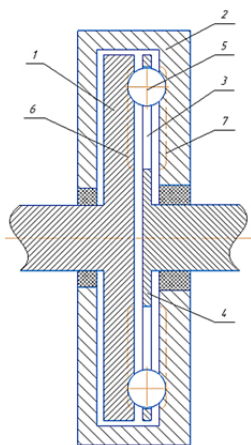


Рис. 3. Схема торцевой цилиндрической передачи с ПТК

Выходным звеном передачи с ПТКСО является кулачок 3, который совершает планетарное движение, а может быть и наружное колесо 6.

На рис. 3 показана схема торцевой цилиндрической передачи с ПТК. На обращённых друг к другу торцевых поверхностях двух крайних дисков 1 и 2 выполнены периодические по азимуту дорожки качения. Между ними в радиальных прорезях 3 промежуточного диска 4 расположены шарики 5, находящиеся в контакте с дорожками 6 и 7 обоих дисков. Износ основных деталей может быть достаточно просто компенсирован поджатием дисков друг к другу, например, с помощью упругих пружин.

Таким образом, конструкции передач с ПТК очень разнообразны и строятся как в радиальном, так и в осевом исполнении. Исследования силовых характеристик вариантов этих передач позволит расширить область исследования современных механических систем.

Список литературы:

1. Беляев А.Е., Механические передачи с шариковыми промежуточными телами. Томск: ТПУ, 1992. – 231с.
2. Турпаев А.И., Винтовые механизмы и передачи / А.И. Турпаев. – М. : Машиностроение, 1982. – 223с. : ил.
3. Pat. 5989144 US, F16H1/32. Oscillatory roller transmission / Chen Zhi, Chen Bo, Chen Shixian. Appl. № 08/828889; fill. 31.03.1997; pat. 23.11.1999. 14 p
4. Ефременков Е.А., Ефременкова С.К., Пашков Е.Н., Проектирование циклоидальных механических передач с промежуточными телами качения и свободной обоймой. – Томск, 2022. – 90 с.
5. Патент SU № 1716227, МКИ F16H 57/12, 1/00. Передача с промежуточными звеньями: заявл. 23.10.1989, опубл. 29.02.1992. Бюл. №8 / С.И. Бакалов, В.В. Мужипов, Б.Г. Хохряков; заявитель ТФ НИИ ТМ – 4 с.
6. Патент № 1587271 СССР, F16H 1/34, F16H 25/06. Планетарная передача: № 4601193 : заявл. 01.11.1988 : опубл. 23.08.1990/ М.Ф. Пашкевич, С.Ф. Янукович, А.И. Дерученко, Е.Г. Денисов, О.П. Самуйлов; заявитель ММИ и СКБ ТО – 4 с.
7. Патент № 2618855 Российская Федерация, МПК F16H 1/36 (2006.01), F16H 25/06 (2006.01). Планетарная передача с шариковыми промежуточными телами: № 2016100269 :

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЦИКЛИЧЕСКИХ ДЕФОРМАЦИЙ НА ИЗМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОСОПРОТИВЛЕНИЯ ТЕНЗОРЕЗИСТОРОВ

*Р.Ф. Сафаргалиев, ассистент,
Тюменский индустриальный университет,
625000, г. Тюмень, ул. Володарского, 38
тел. (3452)-539-286
E-mail: safargalievrf@tyuiu.ru*

В режиме эксплуатации технологических установок, часть из них работает в режиме циклических нагрузок, например, штанги насосов, добывающих нефть. С целью проектирования конструкций, работающих в режиме циклических нагрузок предварительно материал подвергают циклическим усталостным испытаниям, результаты которых позволяют оценить предельные нагрузки для заданного времени эксплуатации. Основными факторами, влияющими на усталостное разрушение детали, являются: наличие концентраторов напряжений, размер зерна, а также химический и фазовый составы сплава, из которого изготовлена деталь [1], способ изготовления детали. Так, образцы, изготовленные с помощьюковки или штамповки, показывают лучшую усталостную долговечность чем литье [2], качество поверхности детали снижение шероховатости поверхности может увеличить число циклов до разрушения в разы [3].

Реальные режимы эксплуатации показали, что заложенные в проекте механические напряжения не всегда соответствуют действительности. Конструкция либо выходит из строя раньше запланированного, либо работает «бесконечно», что означает избыточный запас прочности и нерациональное расходование материала.

Таким образом, необходимы средства непрерывного слежения за усталостным состоянием конструкции, во-первых, для прогноза остаточного ресурса, во-вторых, для оценки эффективности металлоемкости конструкции.

Одним из возможных путей слежения за усталостным состоянием являются NS-датчик, которые представляют собой специально подготовленные тензорезисторы, наклеиваемые на конструкцию. В процессе циклических деформаций NS-датчики необратимо изменяют свое электросопротивление.

В работе показан результат исследований возможности применения проволочных тензорезисторов в качестве датчиков регистрации напряжений. Применялись константановые тензорезисторы марки 2ФКП с номинальным сопротивлением 350 Ом. В качестве образца для испытаний были выбраны пластины стали СТЗ, ввиду широкого применения данной стали в промышленности.

Для испытания был применен стенд циклических нагрузок с счетчиком количества циклов. Тензорезисторы включались в полный мост Уинстона. Перед началом испытания определяли амплитуду циклических нагрузок на образец испытания. Для этого воспользовались основными формулами сопротивления материалов. Схема проведения опыта показана на рис. 1, а на рис. 1, б фотография измерительного стенда.

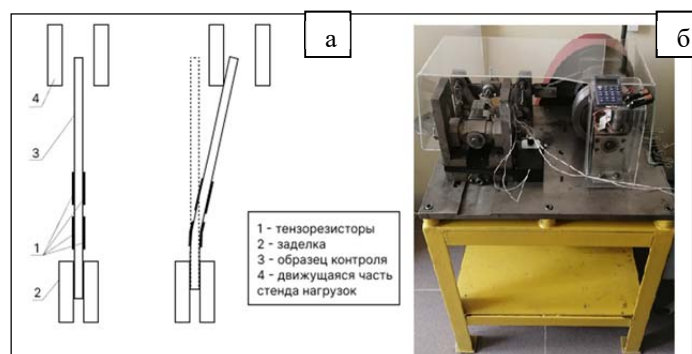


Рис. 1. Методика проведения эксперимента (а); фото измерительного стенда (б)

На исследуемый образец были приложены нагрузки $\sigma = 180$ МПа, $\sigma = 200$ МПа и $\sigma = 250$ МПа. Изменение амплитуды показано на рис. 2, а в виде вертикальных линий.

В ходе работы были получены 3 осциллограммы относительного сопротивления во времени для каждого тензорезистора: при динамике (АС), при динамике (DC), при статике. На рис. 2, б показана осциллограмма, нагруженный при динамике.

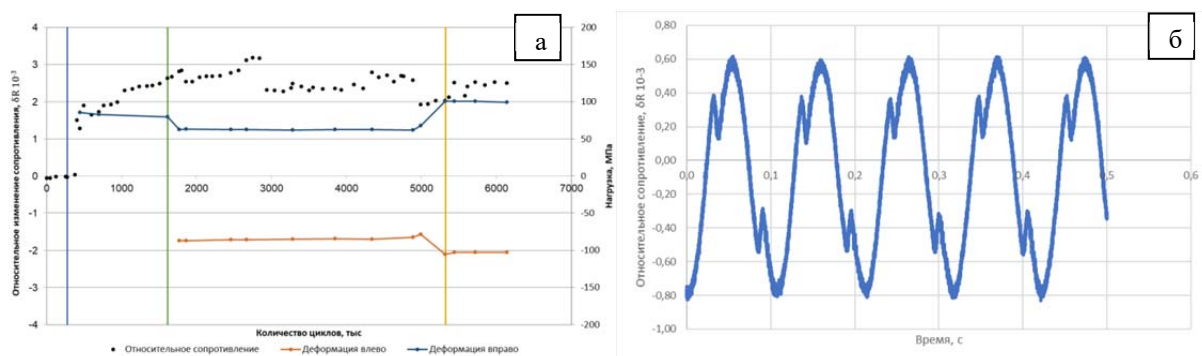


Рис. 2. Зависимость относительного сопротивления первого тензорезистора от количества циклов нагружения (а); осциллограмма относительного сопротивления при динамике (АС) (б)

В результате измерений были получены зависимости относительных сопротивлений от количества циклов, а также исследовали достоверность полученных данных и возможность использования константовых тензорезисторов в качестве NS-датчиков.

Так как наблюдается изменение относительного сопротивления с увеличением числа циклов, следовательно, тензорезисторы фиксируют пластическую деформацию на объекте контроля, таким образом можно сделать вывод, что константовые тензорезисторы можно использовать в качестве NS-датчиков.

В ходе исследования были сделаны выводы, что константовые тензорезисторы работают в двух режимах: изменение сопротивления тензорезистора в следствии пластической деформации металла и изменение сопротивления тензорезистора в следствии накопление дефектов константовой проволоки.

Работа выполнена при поддержке национального проекта «Наука и университеты» Министерства науки и высшего образования РФ (FEWN-2021-0012).

Список литературы:

1. Blinn B. Influence of the Chemical Composition of the Used Powder on the Fatigue Behavior of Additively Manufactured Materials / B. Blinn. – Text : direct // MDPI Metals. – 2019. – № 9. – P. 12–35.
2. Chastand V. Comparative study of fatigue properties of Ti-6Al4V specimens built by electron beam melting (EBM) and selective laser melting (SLM) / V. Chastand. – Text : direct // Materials Characterization. – 2018. – № 143. – P. 76–81.
3. Mohamed R. B. Effect of surface finish on fatigue strength / R. B. Mohamed, A. K. Abdellatif. – Text : direct // Engineering Fracture Mechanics. – 1995. – № 51. – P. 861–870.

АНАЛИЗ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УСИЛИЙ В ЗАЦЕПЛЕНИИ ЦИКЛОИДАЛЬНОЙ ПЕРЕДАЧИ

Е.С. Чавров, Е.А. Ефременков

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет
Томск, Россия*

Передачи с промежуточными телами качения (ПТК) известны достаточно давно. Передачи с ПТК построены на основе циклоидального зацепления. Первое упоминание о передаче с ПТК датировано 1920 годом [1]. Его разработчиком является Антон Янссен, который запатентовал данное изобретение в 1922 году. Несмотря на столетнюю известность циклоидального зацепления, механизмы на его основе до сих пор используются не так широко, как механизмы с эвольвентным зацеплением. Отмечается [2], что циклоидальное зацепление в некоторых областях применения имеет значительные преимущества перед эвольвентным. Достоинствами передач с ПТК являются [3]: малогабаритность, высокий КПД, обширное поле передаточных чисел, высокая износостойчивость, передача высоких крутящих моментов.

Для более широкого применения передач на базе циклоидального зацепления необходимо проводить углубленные исследования зацепления и в частности усилий, возникающих в нем при работе передачи. Усилия в циклоидальном зацеплении влияют на нагрузочную способность механизма, износ и прочность деталей передачи, надежность, габариты и множество других факторов.

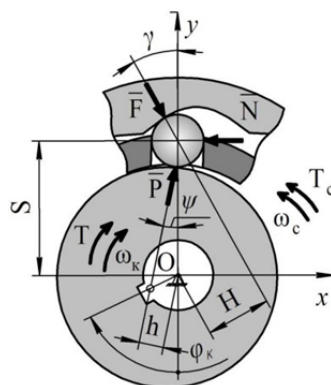


Рис. 1. Схема распределения усилий в передаче с промежуточными телами качения

Исследованию определения и изменения усилий в зацеплении передач с ПТК посвящен ряд работ, как российских, так и зарубежных авторов [3-8]. Определить усилия в зацеплении можно разными методами. Так, например, в работе [4] все усилия в передаче с ПТК (рис. 1) определяются из следующих соотношений:

$$P = \frac{T_1}{s \cdot \sin \psi},$$

$$N = \frac{T_1}{s \cdot \operatorname{tg} \psi \cdot \cos \gamma},$$

$$F = \frac{\operatorname{tg} \gamma}{s \cdot \operatorname{tg} \psi} + \frac{T_1}{s},$$

здесь ψ – угол между линией действия P и осью OY (рис. 1).

Исследованием передач нового поколения «передач с промежуточными телами качения и свободной обоймой» (ПТКСО) занимались в работах [1–3, 5]. В работе [5], максимальное усилие в зацеплении передачи с ПТКСО определяется как:

$$P_{\max} = \frac{T_{\text{вых}} r_1}{\sum_{i \neq j}^n h_i^2},$$

где h_i – кратчайшее расстояние от центра венца/кулачка до линии действия i -го усилия в зацеплении; $T_{\text{вых}}$ – крутящий момент на выходном валу редуктора.

Исследование изменения усилий в зацеплении передачи с ПТКСО [9] показывает, что при изменении одного или двух входных параметров передачи усилия в зацеплении увеличиваются при уменьшении радиальных размеров передачи, что естественно. Но иногда возникает такое сочетание исходных параметров, что происходит обратная картина.

Таким образом, необходимо продолжить исследования изменения усилий в циклоидальном зацеплении передачи с ПТКСО, например, при изменении эксцентриситета передачи, на который влияют сразу два исходных параметра.

Список литературы:

1. Ефременков Е.А., Ефременкова С.К., Пашков Е.Н. Проектирование циклоидальных механических передач с промежуточными телами качения и свободной обоймой. – Томск: ТПУ, 2022. – 90 с.
2. Egor A. Efremenkov, Nikita V. Martyushev, Vadim Yu Skeebea, Maria V. Grechneva, Andrey V. Olisov and Anatoly D. Ens Research on the Possibility of Lowering the Manufacturing Accuracy of Cycloid Transmission Wheels with Intermediate Rolling Elements and a Free Cage // *Applied Sciences* 2022, 12, no. 1: 5. – 10 p. <https://doi.org/10.3390/app12010005>.
3. Ефременков Е.А., Ефременкова С.К. Проектирование тяжело нагруженной циклоидальной передачи со свободной обоймой из условия контактной прочности // *Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов*. Т. 332. № 11. 2021. – С. 182–188.
4. Ан И-Кан, Беляев Д. В. Определение силовых характеристик в волновой передаче с промежуточными телами // *ВТСНТ*. – 2015. – С. 283–285.
5. Ефременков Е.А., Кобза Е.Е., Демидов В.Н. Анализ распределения усилий в зацеплении циклоидальной передачи с учетом погрешностей изготовления звеньев // *Известия Томского политехнического университета*. – 2012. – Т. 321. – № 2. – С. 22–26.
6. Ефременков Е.А. Разработка методов и средств повышения эффективности передач с промежуточными телами качения: Дис. ... канд. техн. наук. – Томск, 2002. – 126 с.
7. Ан И-Кан, Беляев А.Е. Синтез планетарных передач применительно к роторным гидромашинам. – Новоуральск: НПИ МИФИ, 2001. – 92 с.
8. Lustenkov M.E., Moiseenko A.N. Analysis of contact strength of spherical roller transmission with double-row pinion // *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. – 2021. – № 1118. – 6 p.
9. А. М. Амиров Анализ силовых характеристик передач с промежуточными телами качения и свободной обоймой: дис. магистр. – Томск, 2016. – 111 с.

ПРОСКАЛЬЗОВАНИЕ В ПОДШИПНИКАХ КАЧЕНИЯ

М.С. Черемискина, старший преподаватель, аспирант гр. А9-20

И. Боюн, аспирант гр. А0-20

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

E-mail: cms1@tpu.ru

Причины появления при работе подшипника проскальзывания между кольцами и телами качения связаны с особенностями конструкции, а также с реynoльдсовским микропроскальзыванием, вызванным различием упругих деформаций, контактирующих тел. Все подшипники качения, в том числе крупногабаритные крайне чувствительны к этому явлению. Дело в том, что в результате этого процесса возникает трение качения – процесс отличный от обычного качения, свойственного нормально работающим подшипникам. Оно может привести к разрушению поверхности дорожки качения и преждевременному выходу подшипника из строя. Особенно чувствительны к проскальзыванию крупногабаритные подшипники ввиду больших размеров и массы сепаратора и тел качения.

Из экспериментов известно, что длина пути S , который проходит нагруженный шарик при качении, не равен длине окружности составленной из точек касания S_k . Это означает, что качение сопровождается проскальзыванием.

В процессе эксплуатации изделия подшипники всегда должны быть нагружены, хотя бы минимально, в этом случае проскальзывания не будет и подшипник будет работать долгий срок без потери эффективности работы. Однако при тяжёлой нагрузке подшипники более подвержены проскальзыванию, чем подшипники при лёгкой нагрузке. Следовательно, важно обеспечить правильную посадку, чтобы не допустить проскальзывания, необходимо обеспечить посадку с большим натягом.

Один из способов снизить значительно вероятность проскальзывания – это уменьшить величину зазора между наружным кольцом и корпусом, сохраняя при этом стандартные габариты подшипника. Применение О-образных колец, которые крепятся в две канавки на наружном кольце, улучшают защиту подшипника от проскальзывания. Специальной механической обработки не требуется. Подшипники могут использоваться с теми же корпусами, как и стандартные варианты. Испытания под нагрузкой момента проскальзывания показывают, что чем меньше зазор корпуса, тем лучше защита от проскальзывания. Это возможно благодаря сжатию О-образных колец, вмонтированных в наружное кольцо.

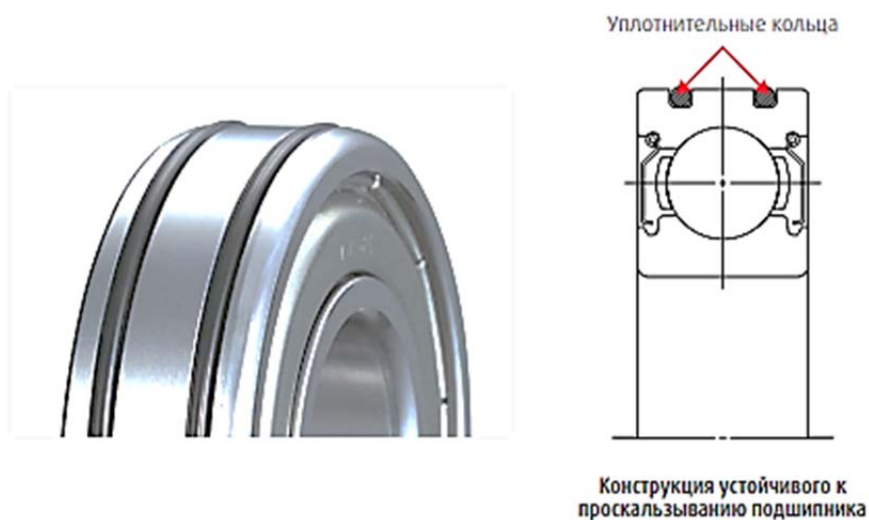


Рис. 1. Устойчивый к проскальзыванию подшипник NSK

Устойчивые к проскальзыванию подшипники имеют два уплотнительных кольца, размещенных на наружном кольце, и помогают предотвратить проскальзывание, за счет ограничения величины зазора между наружным кольцом и корпусом. Не требуется ника-

кой специальной механической обработки. Эти подшипники можно использовать с теми же корпусами, что и стандартные.

Тесты на проскальзывание показали, что уменьшение зазора между корпусом и подшипником приводит к уменьшению вероятности проскальзывания. Устойчивость этих подшипников к проскальзыванию в четыре раза выше, чем у стандартных подшипников.

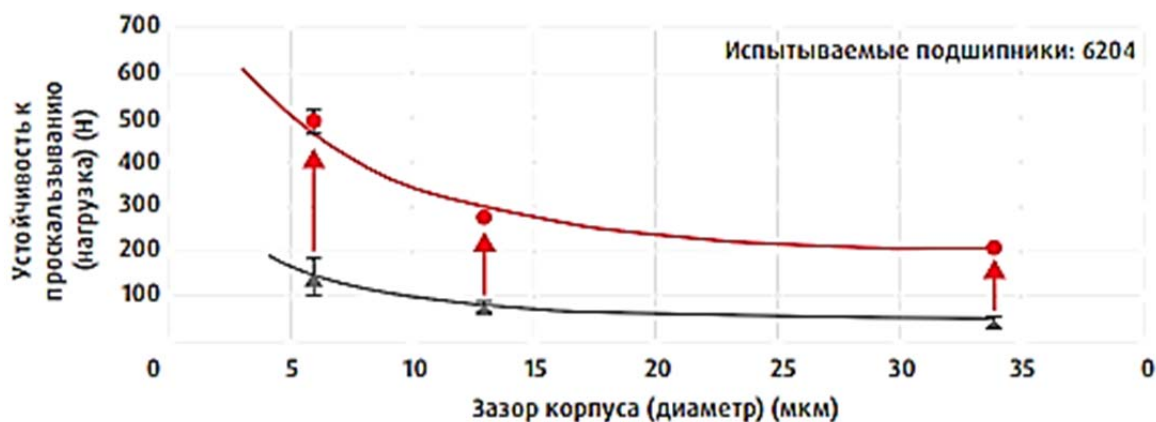


Рис. 2. Сравнение устойчивости к проскальзыванию; красная линия – модернизированный подшипник, черная – стандартный

Еще один способ, это нанесение покрытий. Для предотвращения проскальзывания могут использоваться покрытия из смешанных оксидов железа. Эти покрытия можно часто встретить, например, в шарикоподшипниках, работающих в условиях плохого смазывания. Если возможна фреттинг-коррозия, могут использоваться покрытия на основе фосфата цинка. Они позволяют предотвратить повреждения, например, буксовых конических роликовых подшипников, или крупногабаритных подшипников на целлюлозно-бумажных комбинатах.

Список литературы:

1. NSK. Подшипники для промышленных электродвигателей: Каталог. – М., 2002. – с. 36
2. Потапов А.Ю. Способ устранения проскальзывания роликов межвальных подшипников с помощью овализации кольца подшипника в эксплуатации / А.Ю. Потапов, Ю.Б. Назаренко // Двигатель. – 2012. – № 4 (82). – С. 8–11.
3. Лаврентьев Ю.Л. Методика выбора радиального зазора межвального подшипника для устранения дефекта типа «проскальзывание» / Ю.Л. Лаврентьев // Авиационные двигатели. – 2021. – № 2 (11). – С. 31–38.

ПОДБОРКА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ДЛЯ ПРИВОДА С ЦИКЛОИДАЛЬНЫМ РЕДУКТОРОМ С ПРОМЕЖУТОЧНЫМИ ТЕЛАМИ КАЧЕНИЯ

Я.И. Пищальников студент группы 4А02

Е.А. Ефременков канд. техн. наук, доцент

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

тел. (3822) 444-555

E-mail: yip5@tpu.ru;

Аннотация

В наши дни приводы с редукторами с промежуточными телами качения (ПТК) всё чаще применяются в машиностроении. В результате непростой геополитической обстановки, внутренний рынок резко лишился ряда моделей электродвигателей, что затрудняет сборку, а также введение в эксплуатацию различных приводов. Однако отечественные производители вполне способны заполнить образовавшийся «вакуум», чьи модели не уступают зарубежным аналогам.

Цель данной работы: является сравнение нескольких моделей электродвигателей отечественного производства и проведение энергокинематического расчёта для выявления более эффективного.

Ключевые слова: электродвигатели, энергокинематический расчёт, сравнение полученных данных.

Прежде чем приступить к подбору и дальнейшему анализу, рассмотрим схему привода (рис. 1). В данном случае привод ленточного конвейера, барабаном диаметра D , $B = 100$ мм. Получается короткий конвейер малой производительности. В таких установках наибольшее применение находит электропривод переменного тока на основе асинхронных двигателей.

При коротких конвейерах небольшой производительности обычно используют асинхронные двигатели с глубокопазым короткозамкнутым ротором или ротором типа двойной беличьей клетки, имеющие повышенный пусковой момент. Предельная мощность этих электроприводов не превышает 100–200 кВт, так как вследствие падения напряжения в сети происходит значительное снижение пускового момента, что затрудняет запуск гружёного конвейера [1].

Модели двигателей:

- ДИД-3ТВ
- АДМ56В4У2
- АИРШ-50В2Н3

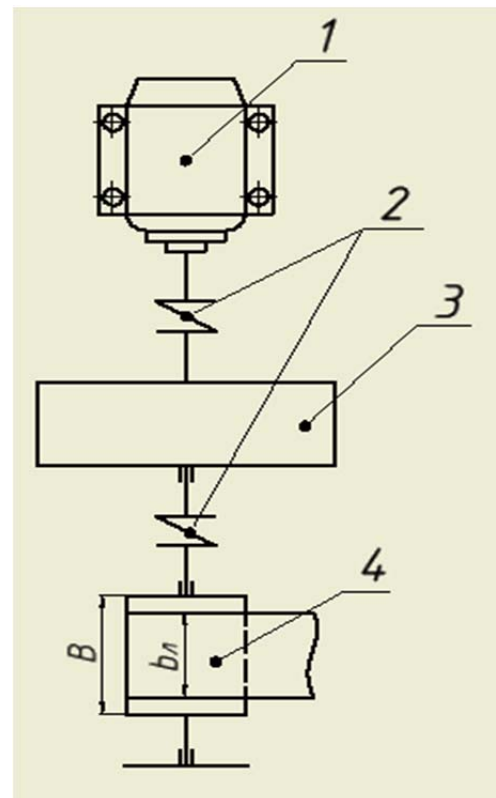


Рис. 1. Схема привода:

1 – Электродвигатель;

2 – Муфта;

3 – Редуктор;

4 – Барабан D , B

При проектировании и создании какого-либо привода, всегда учитываются *экономико-кинематические* характеристики: цена, мощность и КПД. По этим параметрам и будет проведён анализ вышепредставленных моделей.

1. ДИД-3ТВ

Стоимость данной модели – 4250 руб.

Мощность:

находим момент электродвигателя:

$$M_{\text{ном1}} = (30 \cdot P_1) / \eta \cdot n_{\text{ном1}} = (30 \cdot 3) / 3,14 \cdot 8000 = 0,0035 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

угловая скорость:

$$\omega_{\text{ном1}} = (\eta \cdot n_{\text{ном1}}) / 30 = (3,14 \cdot 8000) / 30 = 837,33 \text{ 1/с};$$

механическая мощность:

$$P_2 = M_{\text{ном1}} \cdot \omega_{\text{ном1}} = 0,0035 \cdot 837,33 = 2,93 \text{ Вт};$$

КПД электродвигателя:

$$\eta_1 = (P_2 / P_1) \cdot 100 \% = (2,93 / 3) \cdot 100 \% = 97 \%$$

2. АДМ56В4

Стоимость данной модели – 4300 руб.

Мощность:

находим момент электродвигателя:

$$M_{\text{ном2}} = (30 \cdot P_2) / \eta \cdot n_{\text{ном2}} = (30 \cdot 180) / 3,14 \cdot 1500 = 1,14 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

угловая скорость:

$$\omega_{\text{ном2}} = (\eta \cdot n_{\text{ном2}}) / 30 = (3,14 \cdot 1500) / 30 = 157 \text{ 1/с};$$

механическая мощность:

$$P_2 = M_{\text{ном2}} \cdot \omega_{\text{ном2}} = 1,14 \cdot 157 = 178,98 \text{ Вт};$$

КПД электродвигателя:

$$\eta_2 = (P_2 / P_1) \cdot 100 \% = (178,98 / 180) \cdot 100 \% = 99 \%$$

3. АИРШ-50В2N3

Стоимость данной модели – 3700 руб.

Мощность:

находим момент электродвигателя:

$$M_{\text{ном3}} = (30 \cdot P_3) / \eta \cdot n_{\text{ном3}} = (30 \cdot 60) / 3,14 \cdot 2700 = 0,212 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

угловая скорость:

$$\omega_{\text{ном3}} = (\eta \cdot n_{\text{ном3}}) / 30 = (3,14 \cdot 2700) / 30 = 282,6 \text{ 1/с};$$

механическая мощность:

$$P_2 = M_{\text{ном3}} \cdot \omega_{\text{ном3}} = 0,212 \cdot 282,6 = 59,91 \text{ Вт};$$

КПД электродвигателя:

$$\eta_3 = (P_2 / P_1) \cdot 100 \% = (59,91 / 60) \cdot 100 \% = 99 \%$$

Полученные данные занесем в таблицу:

Таблица 1

Модель двигателя	Цена, руб.	Механическая мощность, Вт.	КПД, %.
ДИД-3ТВ	4250	2,93	97
АДМ56В4	4300	178,98	99
АИРШ-50В2N3	3700	59,91	99

Исходя из полученных данных, для рассматриваемого привода наиболее подходящим является АИРШ-50В2N (№ 3), низкая стоимость, не малая и при этом не повышенная мощность, что не приведёт к мгновенному разрушению муфты и всего привода в целом, а так же высокий КПД.

Таким образом, не смотря на уход ряда зарубежных производителей, отечественные производители могут покрыть нужды машиностроения, не дав ему прийти в упадок.

Список литературы:

1. Системы электропривода конвейерных установок. Нерегулируемый электропривод конвейерных установок. URL: «[2. В.С. Попов, С.А. Николаев. Электротехника. – Москва : Изд-во «Энергия», 1968. С. 305–313.](https://studbooks.net/2578899/tovarovedenie/sistemy_elektroprivoda_konveyernyh_ustanovok#:~:text=»».</p></div><div data-bbox=)

СЕКЦИЯ 2
ЭЛЕКТРОМЕХАНИКА И МЕХАТРОНИКА

СИНТЕЗ ОПТИМАЛЬНОГО РЕГУЛЯТОРА НАПРЯЖЕНИЯ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА АВТОНОМНОГО ОБЪЕКТА

*Е.А. Быстров, аспирант гр. А9-28,
Ф.В. Перевоицков, аспирант гр. А2-28
Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
тел. (3822) 444-555
E-mail: eab33@tpu.ru, fvp2@tpu.ru*

В настоящее время регулируемый электропривод, выполненный на базе асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором, широко применяется во всех отраслях промышленности, включая судостроение. При проектировании асинхронного электропривода автономного объекта необходимо выполнить требования к виброакустическим характеристикам, связанных с пульсациями электромагнитного момента двигателя, в частности обеспечить отказоустойчивость и надежность электрических машин при непрерывных и длительных режимах работы.

Одна из особенностей работы электрооборудования автономного объекта ограниченная мощность источника питания, поскольку излишнее увеличение ведет к повышению массогабаритных показателей. Нередко мощность источников питания автономных объектов соизмерима с мощностью потребителей. Как следствие выходные параметры источника (форма и уровень напряжения) зависят от режима и характера работы нагрузок электрооборудования, которые в свою очередь определяются режимами работы соответствующих динамических систем. С другой стороны, при отклонениях энергетических параметров источника от номинальных значений ухудшается качество функционирования электроприводов.

Таким образом, актуально построение специализированных регулируемых электроприводов, обеспечивающих работу в условиях низкого качества питающего напряжения в сочетании с нестабильностью динамического и статического моментов сопротивления механической нагрузки.

В рамках исследования создана имитационная модель, учитывающая несовершенный гармонический состав промышленной сети. В отличие от классической модели, которая не имеет одну из частей двухзвенного преобразователя частоты, в данной используется выпрямительный мост и трехфазный источник напряжения, гармонический состав которого, содержит в себе кратные гармоники от базовой для воссоздания частот второй и третьей группы в спектре токов. Сумма амплитуд дополнительных гармонических составляющих не превышает 10 % от основной.

Следует отметить, что в настоящее время существуют методы и алгоритмы синтеза оптимальных регуляторов, обеспечивающих эффективность управления электротехническими системами, в том числе стабилизацию напряжения и устранение гармонических искажений тока и биений угловой скорости.

Предложенная структура регулятора в данной работе представляет из себя классический ПИ-регулятор с ограничением насыщения интегральной части с помощью коэффициента k_n . Помимо этого, в него включена коррекция по отфильтрованному значению производной модуля тока статора и оценки угловой скорости, которая получена с помощью адаптивного наблюдателя состояния. С помощью введения таких дополнительных структур возможно отслеживать гармонический состав в области низких частот и корректировать его соответствующей «вольтдобавкой» в модулируемом напряжении АИН.

Сравнительный анализ проводился для классического регулятора (1); аналога с коррекцией производной по току статора (2); и угловой скорости вращения (3). Полученные переходные процессы скорости и напряжения представлены на рисунках 2, 3. Стоит отметить то, что частотный диапазон работы системы изменился с f_n до $0,5 \cdot f_n$, поскольку наблюдатель состояния Люенбергера в цифровой форме, чей выходной сигнал оценки

скорости используется для коррекции модулирующего напряжения, не дает качественной оценки при более низких частотах питающего напряжения.

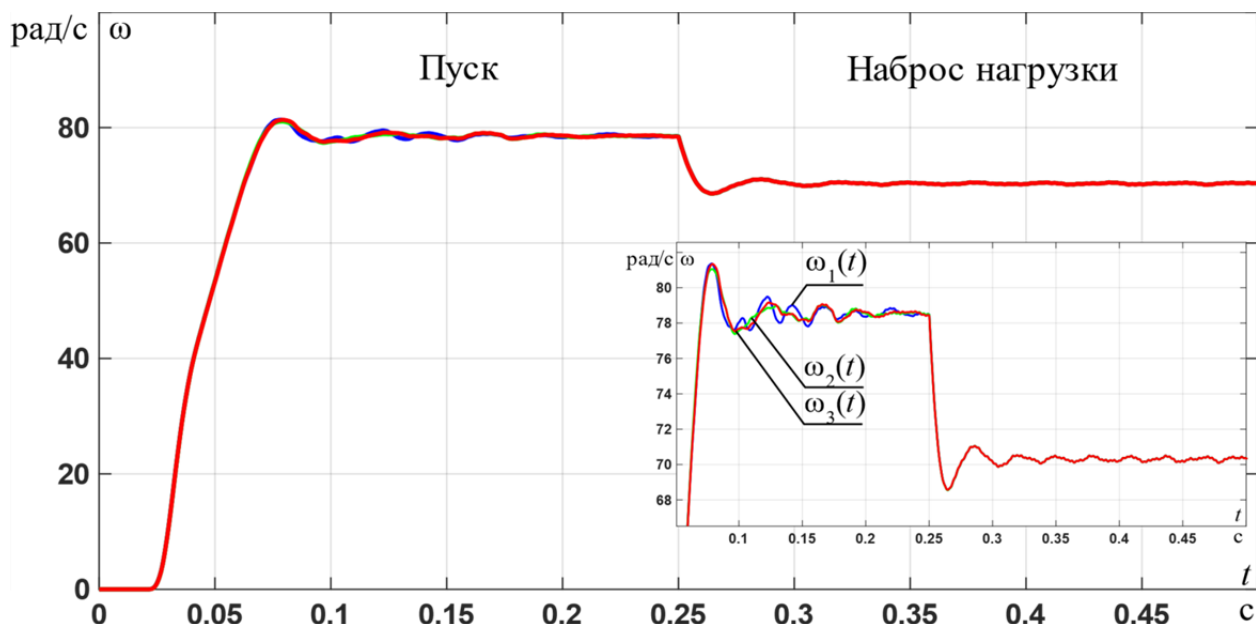


Рис. 1. Динамика изменения скорости при частоте питающего напряжения $f_{зад} = f_n$.

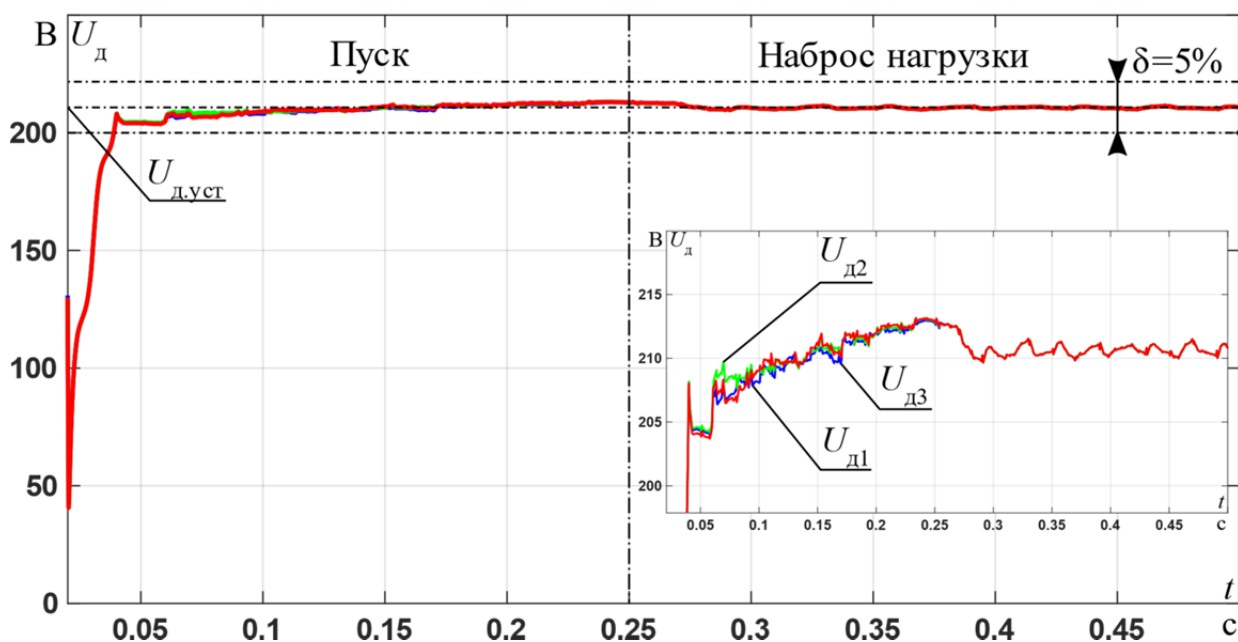


Рис. 2. Динамика изменения среднеквадратичного значения при частоте питающего напряжения $f_{зад} = f_n$.

Результаты имитационного моделирования в программной среде MATLAB показали высокую эффективность предложенных структур регулятора, в частности отмечено снижение коэффициента гармонических искажений.

Список литературы:

1. Букреев В.Г. Синтез нелинейного регулятора дискретных систем управления электромеханическими объектами // Доклады ТУСУР. – 2011. – № 2 (24). – Ч. 3. – С. 103–107.
2. Рулевский В.М., Букреев В.Г., Шандарова Е.Б. Синтез субоптимального регулятора напряжения в системе электропитания глубоководного аппарата // Электротехнические системы и комплексы. – 2018. – № 3 (40). – С. 47–54.

ПУСК ЭЛЕКТРОЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА ПРИ ЛЕГКИХ УСЛОВИЯХ ПУСКА ОТ ТИРИСТОРНОГО РЕГУЛЯТОРА НАПРЯЖЕНИЯ

Д.Е. Воронцов, студент гр. 5А97

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

тел. (3822) 444-555

E-mail: dev7@tpu.ru

К легкому пуску относится пуск двигателя без нагрузки или с небольшим моментом нагрузки: пуск двигатель-генераторов, насосов с закрытой задвижкой и других устройств с незначительным моментом сопротивления. При легком пуске двигатель синхронизируется при пониженном напряжении на статоре и, следовательно, при небольшом моменте.

Факторов, влияющих на работу УЭЦН, очень много: начиная от конструкции скважины, до процессов, проходящих в самом пласте. Совокупность всех осложнений приводит к резкому снижению эффективности работы УЭЦН. В связи с этим становятся актуальными разработки по повышению показателей работы насоса. Все факторы, влияющие на работу УЭЦН, можно разделить на группы. Геологические (газ, вода, отложение солей и парафина, наличие мех. примесей в добываемой из пласта жидкости), поскольку своим происхождением они обязаны условиям формирования залежи, и факторы, обусловленные конструкцией скважины или УЭЦН (диаметр эксплуатационных колонн, кривизна скважин, глубина спуска, исполнение узлов и деталей УЭЦН).

Однако, при прямом пуске существует угроза для насоса – это пусковые токи, которые могут быть больше в 2–7 раз больше номинального тока электродвигателя. Для решение этой проблемы используют тиристорные регуляторы напряжения (ТРН) или софтстартеры. Тиристорные регуляторы напряжения представляют собой устройства, предназначенные для регулирования частоты вращения и момента электродвигателей. Регулирование частоты вращения и момента производится за счет изменения напряжения, подводимого к статору двигателя, и осуществляется изменением угла открытия тиристорov.

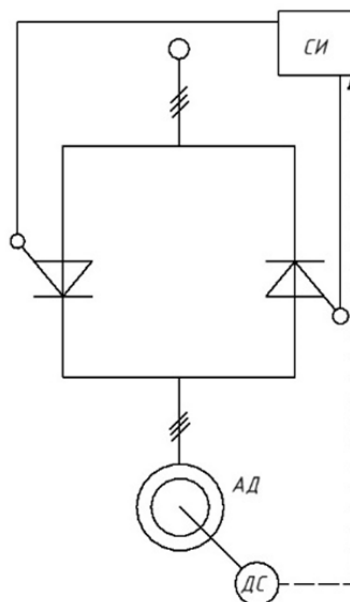


Рис. 1. Схема ТРН-АД

Система ТРН необходима в погружных электроцентробежных насосах, т. к. данные устройства также помимо пусковых токов нуждаются в защите от гидроудара, в противном случае это может привести к уменьшению срока эксплуатации устройства. ТРН имеет небольшие массогабаритные показатели и более невысокую стоимость.

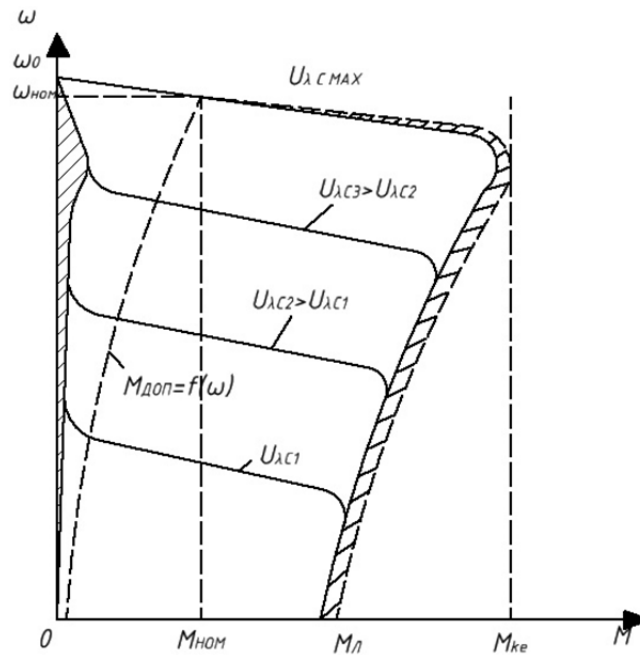


Рис. 2. Механические характеристики АД при автоматическом регулировании скорости изменением напряжения для ТРН

Список литературы:

1. Дементьев Ю.Н. Электрический привод: учебное пособие / Ю.Н. Дементьев, А.Ю. Чернышев, И.А. Чернышев; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). – Москва: Юрайт, 2016. – 223 с.
2. Мальцева О.П. Системы управления асинхронных частотно-регулируемых электроприводов: учебное пособие / О.П. Мальцева, Л.С. Удут, Н.В. Кояин; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). – Томск: Изд-во ТПУ, 2011. – 476 с.

ОСОБЕННОСТИ РЕГУЛИРОВАНИЯ ПОЛОЖЕНИЯ В ЭЛЕКТРОПРИВОДЕ ТРУБОПРОВОДНОЙ АРМАТУРЫ

И.Г. Однокопылов, к.т.н.,
С.Р. Жих, студент гр. 5А97

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

E-mail: odivan@tpu.ru

В современных электроприводах трубопроводной арматуры используется множество видов регулирования. В промышленности особую значимость имеет точность установки положения запорного элемента и скорость его достижения. Но существует проблема, связанная с переходными процессами. Задание положения, в которое должен встать привод, меняется скачком. В результате возникает большая ошибка, связанная с рассогласованием уставки с текущим значением. Вследствие этого привод пытается максимально быстро начать движение, а это приводит к резкому возрастанию момента, сопровождающееся толчком. Также, достигнув заданного положения, привод может не успеть остановиться и, пройдя дальше, переходит в реверсивный режим, колеблясь относительно точки уставки. Данное явление негативно сказывается для двигателя, его долговечности, а также для системы в целом.

Оценить возможные варианты решения данной проблемы представляется возможным исходя из структурных схем регулятора положения (рис. 1) и регулятора скорости привода (рис. 2).

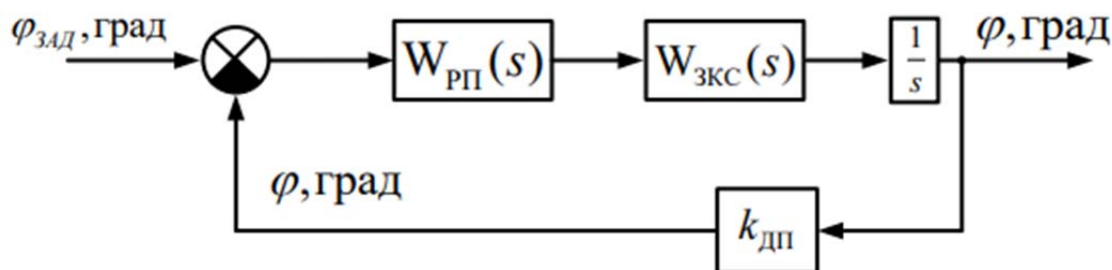


Рис. 1. Структурная схема регулятора положения

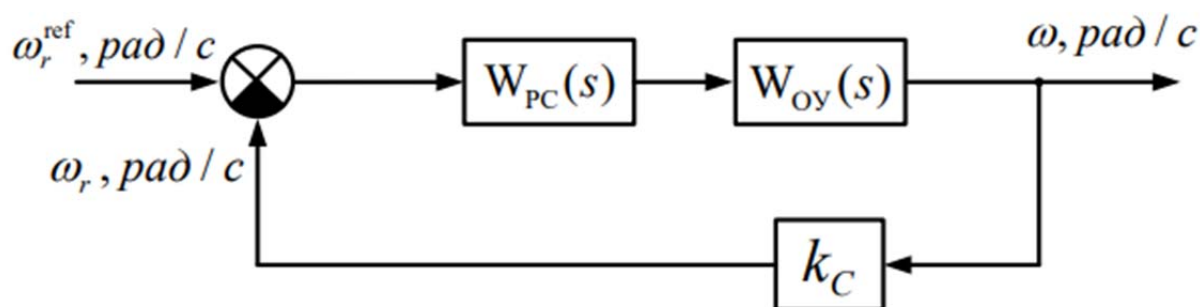


Рис. 2. Структурная схема регулятора скорости

Рассматривая структурную схему регулятора скорости, в качестве решения можно ограничивать величину угловой частоты во времени, позволяя плавно развить установившееся значение без скачков. Если оценивать способы стабилизации в регуляторе положения, также существует вариант плавного изменения коэффициента пропорциональности из которого состоит передаточная функция регулятора. Тем самым пусковые скачки окажутся малыми, и характеристики плавно дойдут до номинальных значений.

Одним из эффективных способов регулирования является постепенное изменение задающего положения (рис. 3). При таком варианте скорость и момент на валу двигателя

при пуске возрастут не скачкообразно и будут увеличиваться до номинальных значений. Данный метод регулирования является одним из простейших и позволяет ограничить пусковой момент, тем самым повысив долговечность системы. Также определенным достоинством является то, что положение привода не перейдет за заданное положение.

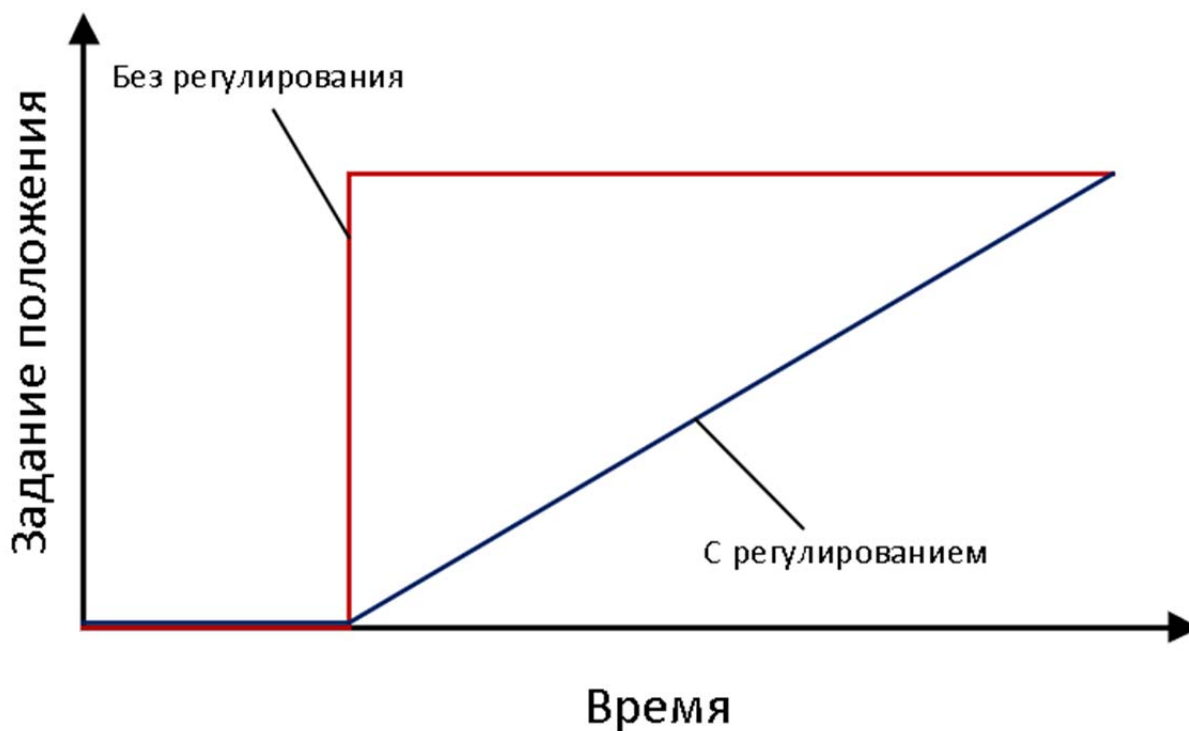


Рис. 3. График скачкообразного и плавного задания положения

Список литературы:

1. Москаленко В.В. Автоматизированный электропривод : учебник для вузов / В.В. Москаленко. – Москва : Энергоатомиздат, 1986. – 416 с.
2. Москаленко В.В. Электрический привод : учеб. пособие для студ. учреждений сред. проф. образования / В.В. Москаленко. – Москва : Мастерство : Высшая школа, 2000. – 368 с.
3. Линейные системы в теории автоматического управления : учебное пособие / А.А. Шилин [и др.]; Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск : Изд-во ТПУ, 2019. – 178 с.: ил. – Библиогр.: с. 168–174.

ЗАРЯДНОЕ УСТРОЙСТВО АККУМУЛЯТОРНОЙ БАТАРЕИ АСИММЕТРИЧНЫМ ТОКОМ

Н.А. Воронина, к.т.н., доц.,
Н.В. Киселева, студент гр. 5А98

Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
тел. (3822) 70-17-77, вн.1961

E-mail: nvk42@tpu.ru

Зарядное устройство с асимметричным током предназначено для свинцово-кислотного аккумулятора, например, типа 6СТ-55. Определяющим фактором работы такой батареи является процесс сульфатации рабочих пластин, который ограничивает срок ее эксплуатации [1]. Для устранения этого негативного фактора используется рассматриваемое устройство. Принцип его действия основан на том, что в течение некоторого промежутка времени поток энергии направлен из зарядного устройства в аккумулятор, т. е. происходит его заряд. В другой промежуток времени, меньший по величине, чем зарядный, аккумулятор разряжается током разряда. Этот процесс повторяется многократно, и поскольку ток заряда больше разрядного, то в целом аккумулятор постепенно заряжается до номинального значения [2]. В результате происходит десульфатация пластин. Для реализации этого процесса применяется устройство с использованием топологии *SEPIC*.

Зарядное устройство (рис. 1) включает в себя дроссель L_1 на входе, конденсаторы C_2 , C_3 , диод $VD5$, ключ $VT1$ с токоограничивающим резистором R_1 . Дополнительно устанавливается ключ $VT2$ в цепи нагрузочного резистора R_2 , работающий в противофазе к $VT1$. Для данной схемы нужна энергия постоянного тока, поэтому на входе, со стороны промышленной сети переменного тока, используется силовой трансформатор $T1$ и выпрямитель $VD1$ - $VD4$ с последующим емкостным фильтром C_1 .

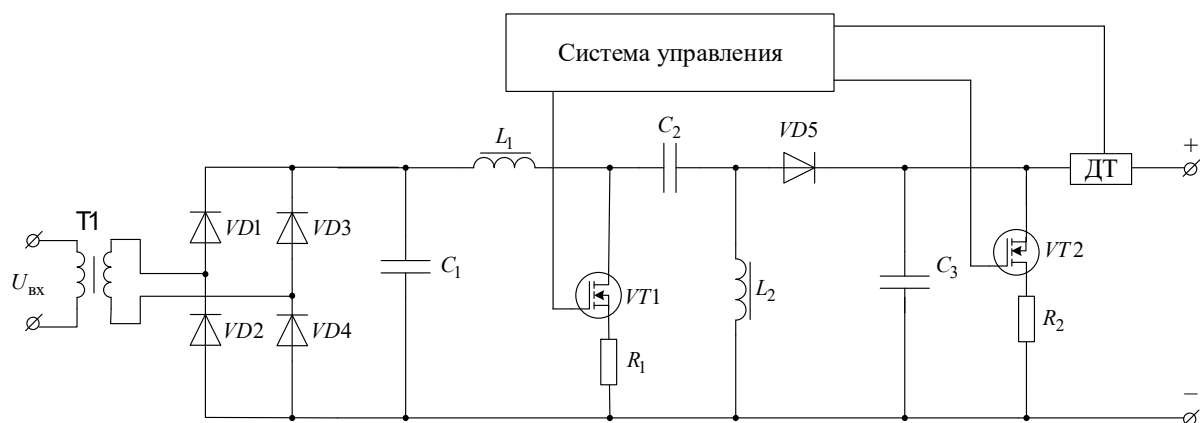


Рис. 1. Схема зарядного устройства: (ДТ) датчик тока, (СУ) система управления

Системой управления стабилизируется ток заряда с помощью широтно-импульсной модуляции с развертывающим пилообразным сигналом частотой 100 кГц. На пропорционально-интегральный (ПИ) регулятор поступает сигнал ошибки, полученный с помощью отрицательной обратной связи по току.

Исходя из методики расчетов [3], были приняты следующие номиналы: $L_1 = 50 \cdot 10^{-6}$ Гн, $L_2 = 59 \cdot 10^{-6}$ Гн, $C_2 = 990 \cdot 10^{-6}$ Ф, $C_3 = 50 \cdot 10^{-6}$ Ф, $R_1 = 25$ Ом, $R_2 = 27$ Ом.

На основе этих данных была смоделирована схема в *Matlab Simulink* со следующими допущениями: сеть – источник бесконечной мощности; напряжение постоянного тока с выпрямителя и емкостного фильтра идеально сглажено, поэтому звенья – силовой трансформатор, выпрямитель, емкостной фильтр представляются источником постоянного то-

ка; паразитные параметры емкостей и дросселей не учитываются; диод имеет идеальную вольт-амперную характеристику; модель *MOSFET*-транзистора основана на идеальном ключе с учетом конечного сопротивления, индуктивности и остаточного напряжения; в качестве аккумуляторной батареи используется встроенная модель *Matlab*, адекватность которой подтверждается в работе [4].

На рис. 2 представлена характеристика тока заряда в установившемся режиме при задании на ток $I_{\text{зад}} = 5,5 \text{ А}$ и параметрах ПИ-регулятора: $K_p = 0,01 \text{ о. е.}$ – коэффициент усиления пропорциональной части; $K_i = 45 \text{ с}^{-1}$ – коэффициент передачи интегральной части.

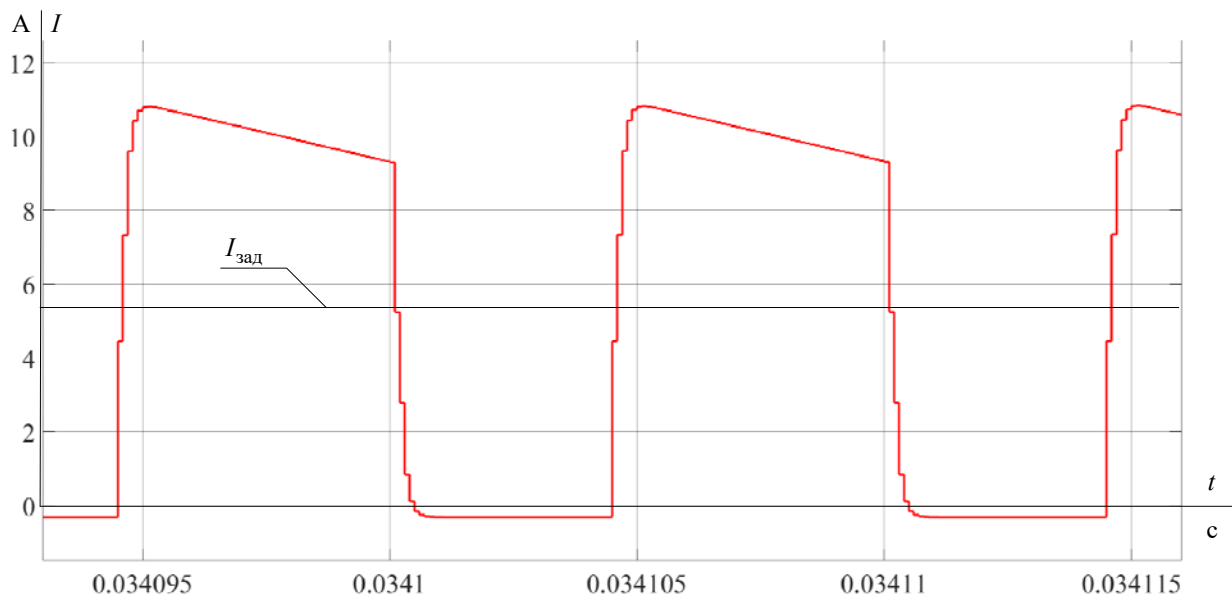


Рис. 2. Ток заряда при установившемся режиме

Среднее значение тока заряда в установившемся режиме стабилизировано на заданной величине 5,5 А, которая определяется десятичасовым зарядом аккумуляторной батареи, а ток разряда в 10 раз ниже зарядного. Получено, что при таком токе батарея заряжается на $1,36 \cdot 10^{-3} \%$ за 0,5 с. Это соответствует полной зарядке батареи за 10,2 ч.

Список литературы:

1. Сметанкин Г.П. Исследование эффективности заряда никель-кадмиевых аккумуляторных батарей асимметричным и постоянным током / Г.П. Сметанкин, А.С. Бурдюгов, С.С. Матекин // *Электрохимическая энергетика*. – 2008. – Т. 8. – № 3. – С. 164–167.
2. Аристов А.В. Преобразователи электрической энергии силовой электроники: учебное пособие. В 2 частях. Часть 2 / А.В. Аристов, С.К. Земан, Д.Ю. Ляпунов, А.Г. Юдинцев; под ред. В.П. Петровича; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2021. – 200 с.
3. Петрович В.П. Силовые преобразователи электрической энергии: учебное пособие / В.П. Петрович, Н.А. Воронина, А.В. Глазачев. – Томск: Изд-во ТПУ. – 2009. – 240 с.
4. Брянцев А.А. Методика определения параметров динамической модели литий-ионного аккумулятора / А.А. Брянцев, В.Г. Букреев, А.А. Шилин // *Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники*. – 2019. – Т. 22. – № 4. – С. 96–101.

ПОИСК ОПТИМАЛЬНОГО РАСПОЛОЖЕНИЯ ЩЁТОК РЕВЕРСИВНОГО ДПТ ПВ С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ELCUT

*С.Н. Кладиев, к.т.н., доц.
Д.И. Ульянов, студент гр. 5АМ16
Томский политехнический университет,
634034, г. Томск, ул. Усова, 7
тел. (3822) 563-787
E-mail: diu3@tpu.ru*

Развитие технологий проектирования и производства в машиностроении идёт в ногу вместе с усовершенствованием элементной базы, и является одной из важных научно-технических проблем [3]. Развитие технологий проектирования электродвигателей, в частности, должно обеспечивать как увеличение скорости, так и увеличение точности проектирования.

При проектировании электродвигателя постоянного тока необходимо учитывать множество деталей, которые в совокупности вносят существенный вклад на полученный результат. При расчёте магнитной цепи классическим методом на основе закона полного тока для средней магнитной линии невозможно учесть с достаточной точностью влияние магнитного поля якоря на результирующее магнитное поле машины. Магнитное поле, создаваемое якорем, напрямую зависит от положения щёток, их смещение против вращения вала у двигателей приводит к уменьшению искрения под щётками и уменьшению результирующего магнитного потока под главными полюсами [1]. Поэтому, если говорить о некомпенсированных машинах, то одним из способов улучшения коммутации у них является смещение токораздела с геометрической нейтрали против вращения якоря [2]. Уменьшение потока напрямую повлияет как на номинальную скорость электродвигателя, так и на создаваемый им электромагнитный момент, что может привести к несоответствию электродвигателя требуемым параметрам.

В реверсивных двигателях постоянного тока важно, чтобы результирующий магнитный поток, создаваемый двигателем, был одинаковым при вращении в обе стороны, для этого требуется найти такое положение щёток на коллекторе, которое бы обеспечивало выполнение этого требования. Угол между искомым положением щёток на коллекторе и геометрической нейтралью напрямую зависит от величины и направления магнитного поля якоря, которое, в свою очередь, характеризуется величиной угла между физической и геометрической нейтралью в двигателе. В случаях, когда намагничивающая сила магнитного поля якоря близка или даже превышает намагничивающую силу магнитного поля главных полюсов, угол между геометрической и физической нейтралью настолько увеличивается, что поперечная реакция якоря фактически делает один край полюсного наконечника нерабочим, а другой перенасыщенным. В совокупности эти явления уменьшают результирующий магнитный поток под главными полюсами, и их практически невозможно учесть классическим методом с достаточной точностью. Это значит, что для достижения удовлетворительного результата проектирования электродвигателя потребуются реальные проверки и испытания с обязательными последующими коррективами и доработками конструкции электродвигателя. Всё это образует собой достаточно длительный, трудоёмкий и дорогостоящий процесс, поэтому на одном из этапов проектирования электродвигателя существенную помощь оказывает замена работы реального изделия его компьютерной моделью [3].

Внедрение в инженерную практику различных систем автоматизированного проектирования позволяет как ускорить и удешевить процесс проектирования, так и повысить точность полученных результатов, избегая многих ошибок, в том числе минимизируя человеческий фактор. В настоящее время существует множество программ, позволяющих

моделировать магнитную систему всех типов электродвигателей, решая требуемую задачу методом конечных элементов [3]. В данном исследовании был произведён поиск оптимального положения щёток на коллекторе в реверсивном двухполюсном двигателе постоянного тока последовательного возбуждения с помощью программных средств ELCUT 5.1 Professional. Также был найден угол между геометрической и физической нейтралью.

Так как магнитное поле двигателя постоянного тока не является вращающимся, моделировать его работу можно, решая задачу магнитостатики. На рис. 1 (А) представлено требуемое расположение щёток на коллекторе для нормальной работы реверсивного двигателя. Угол между геометрической нейтралью и положением щёток на коллекторе равен 59° . На рис. 1 (Б) представлено результирующее магнитное поле электродвигателя при оптимальном расположении щёток на коллекторе. Угол между геометрической и физической нейтралью равен 20° .

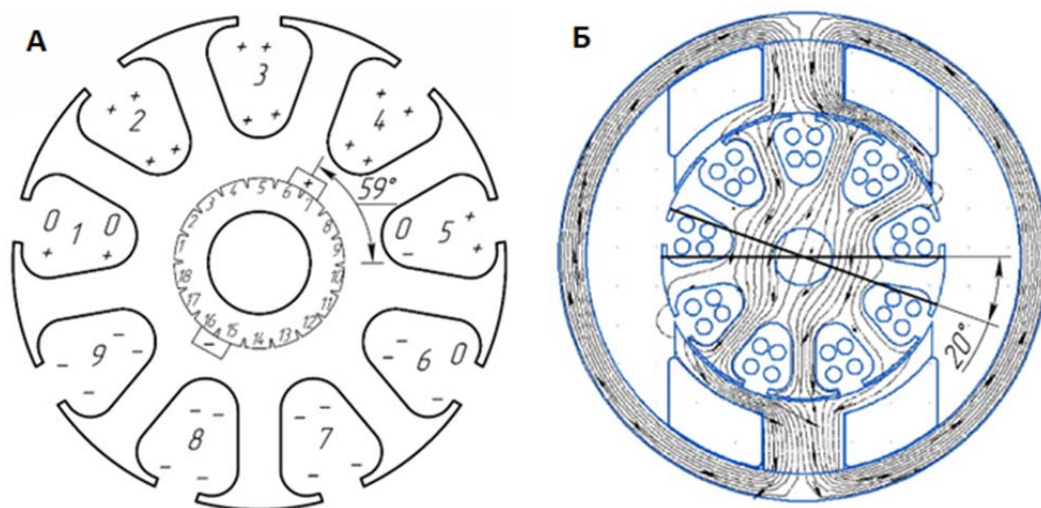


Рис. 1. А – угол между геометрической нейтралью и положением щёток на коллекторе; Б – угол между геометрической и физической нейтралью двигателя

На рис. 1 (А) знаками + и – обозначены противоположные направления секций обмотки якоря, поэтому визуально можно заметить линию токораздела. Угол между токоразделом и геометрической нейтралью напрямую зависит от положения щёток на коллекторе, поэтому для оптимальной работы реверсивного электродвигателя необходимо найти положение щёток, при котором угол между токоразделом обмотки якоря и геометрической нейтралью будет минимальным. В данном исследовании такое положение щёток было найдено, при установке щёток на коллекторе под углом 59° к геометрической нейтрали, угол между токоразделом обмотки якоря и геометрической нейтралью составляет 0° , то есть токораздел обмотки якоря лежит на линии геометрической нейтрали электродвигателя.

После нахождения требуемого расположения щёток на коллекторе можно с достаточной точностью моделировать результирующее магнитное поле электродвигателя в любом режиме его работы. Моделирование в ELCUT позволяет оценить оптимальность выбранных при проектировании геометрических размеров магнитной системы, величины источников магнитного поля, а также предусмотреть в конструкции суппорта возможность установки щёток в оптимальное положение.

Список литературы:

1. Костенко М.П., Пиотровский Л.М. Электрические машины Ч. 1 – «Машины постоянного тока. Трансформаторы. Учебник для студентов высш. техн. учеб. заведений. – Изд. 3-е, перераб. – Л., «Энергия», 1972.
2. Вольдек А.И. Электрические машины. – Издательство «Энергия», 1974.
3. Люгаревич А.Г., Долингер С.Ю., Вяткина Е.А., Тевс В.В. «Моделирование электродвигателя с постоянными магнитами для беспилотного летательного аппарата». Динамика систем, механизмов и машин. – 2017. – Том 5, № 3.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АКТИВНОГО ВЫПРЯМИТЕЛЯ В ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПОДЪЕМА

В.В. Тимошкин, к.т.н., доц.,

С.Н. Кладиев, к.т.н., доц.,

Г.А. Климкин студент гр. 5А97

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

тел. (3822) 444-555

E-mail: gak17@tpu.ru

В электроприводах подъема наиболее распространена схема (Сеть-Преобразователь частоты (ПЧ)-Двигатель), при данном подключении в момент спуска груза образуется избыточная мощность, которая обычно рассеивается на тормозном резисторе в виде тепла [1]. Данный процесс можно усовершенствовать путем введения в схему активного выпрямителя напряжения (АВН), который будет возвращать в сеть энергию при спуске.

В целях повышения экономических показателей, технологический процесс требуется создать таким образом, чтобы груз поднимался ночью, так как ночной тариф меньше дневного, а днем осуществлять спуск в те моменты, когда другие механизмы начинают работать при больших нагрузках, при этом из сети будет потребление повышенной мощности, в это время через преобразователь напряжения будет осуществляться рекуперация энергии.

В этом случае не будет просадки напряжения сети, а также будут уменьшены материальные затраты, за счет энергосбережения.

Цель работы: усовершенствовать схему электропривода подъема с помощью АВН, с помощью которого появляется возможность возврата в сеть активной мощности, когда двигатель переходит работать в тормозной рекуперативный режим параллельно с сетью.

АВН состоит из 3-х модулей, которые устанавливаются на входе ПЧ между питающей сетью и электродвигателем. Главной особенностью активного выпрямителя напряжения является возврат в сеть энергии, когда груз спускают обратно вниз, при спуске привод притормаживает кузов для плавности хода, при этом образуется отрицательный момент, электродвигатель переходит в генераторный режим, таким образом осуществляется рекуперация энергии в сеть [2].

Активный выпрямитель напряжения содержит следующие элементы:

1. Модуль сетевого фильтра LFM, устанавливаемый на входе и состоит из зарядной цепи, сетевого контактора и фильтра ЭМС.

Сетевые фильтры применяются чтобы уменьшить значение гармонических составляющих тока. При совместном использовании дросселя постоянного тока (ПТ) и пассивного фильтра, гармоники тока уменьшаются с полным уровнем искажения до 5–10 %, а при отсутствии дросселя данный показатель составляет меньше 10–16 %, однако серьезным минусом фильтров является увеличение реактивной мощности при работе в режиме холостого хода (ХХ) или при малой нагрузке. Снизить реактивную мощность, путем отключения фильтров можно с помощью контактора, который управляется релейным входом ПЧ.

2. Сетевой дроссель LFC, состоящий из трех однофазных дросселей. Подключается между автономным инвертором напряжения АИС и сетевым фильтром. Сетевой фильтр применяется для сокращения гармоник тока, снижение перенапряжения на клеммах двигателя. Сетевой дроссель LFC предназначен для защиты ПЧ при коротких замыканиях (КЗ) на выходе, ограничивая скорость нарастания тока КЗ, что способствует срабатыванию токовой защите ПЧ. Применение сетевого дросселя способствует выравниваю линейных напряжений при неравномерной нагрузке.

3. Автономный инвертор напряжения АИС. АВН обеспечивает работу электропривода в 4-квадратном режиме, то есть в двигательном и генераторном режимах при прямом пуске и реверсе [3].

АИН питает ПЧ через промежуточное звено постоянного тока (ЗПТ), обеспечивая возврат энергии в питающую сеть. Он позволяет также:

- ограничить коэффициент нелинейных искажений $THDI < 4\%$;
- подключение нескольких ПЧ с разными мощностями, работающих параллельно.

ПЧ поддерживают постоянный момент на валу двигателя как при переменной и постоянной нагрузке:

- Регулирует момент во время пуска и скорость вращения;
- Обеспечивает максимальный момент как при пуске, так и во время работы;
- Повышает $\cos \phi$ системы ПЧ-АД до уровня $0,97-0,99\%$;
- Энергосбережение до 60% .

АИН питает ПЧ через промежуточное звено постоянного тока (ЗПТ), обеспечивая возврат энергии в питающую сеть. Он позволяет также: ограничить коэффициент нелинейных искажений $THDI < 4\%$; подключение нескольких ПЧ с разными мощностями, работающих параллельно.

ПЧ поддерживают постоянный момент на валу двигателя как при переменной и постоянной нагрузке. Регулирует момент во время пуска и скорость вращения. Обеспечивает максимальный момент как при пуске, так и во время работы.

Повышает $\cos \phi$ системы ПЧ-АД до уровня $0,97-0,99\%$.

Энергосбережение до 60% .

На рис. 1 показана функциональная схема подключения асинхронного двигателя (АД) с АИН.

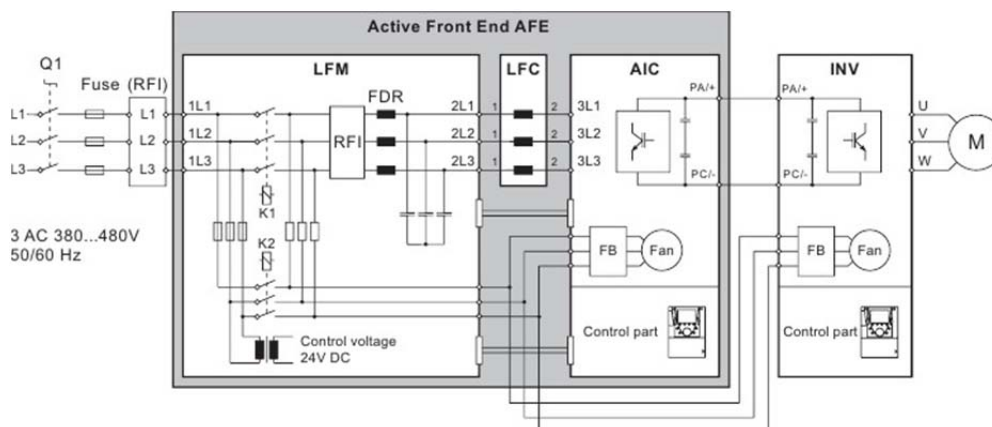


Рис. 1. Функциональная схема подключения АД с АИН

В зависимости от системы электропривода АВН может быть подключен к ПЧ тремя методами, представленными на рис. 2:

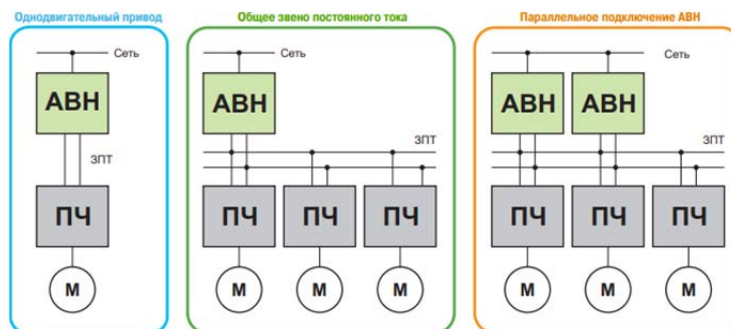


Рис. 2. Способы подключения АВН в схему электропривода

Так как в электроприводах подъема обычно применяется многодвигательная система, то рекомендуется выбрать самый дорогой, но в то же время наиболее безопасный вариант-это однодвигательный привод, так как в случае выхода из строя АВН, остальные двигатели смогут спустить груз. В аналогичных случаях другой схемы подключения, груз просто рухнет.

Вывод: в данной работе был рассмотрен АВН, который предназначен для рекуперации энергии в сеть, когда электродвигатель находится в тормозном режиме. Данное устройство не только осуществляет энергосбережение, но и улучшает параметры системы, т. е., повышает КПД, ограничивает коэффициент нелинейных искажений и т. д.

Список литературы:

1. Тормозные резисторы для силовых модулей PM330. Издательство: SIEMENS, 2017. – 24 с.
2. Руководство по выбору устройств рекуперации для ПЧ ATV61/71 мощностью от 120 до 860 кВт. Издательство: Schneider Electric, 2010. – 98 с.
3. Вольдек А.И. Электрические машины: учебник для вузов. – Л.: Энергия, 1974. – 840 с.

СИСТЕМА ОХЛАЖДЕНИЯ КОМПЬЮТЕРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ АВТОНОМНОГО ОБЪЕКТА

Д.Ю. Ляпунов, к.т.н., доц.,
Д.А. Колпакова, студент гр. 5АМ27
Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
тел. (3822) 444-555
E-mail: dap52@tpu.ru

Систему охлаждения компьютерного оборудования автономного объекта в работе будем рассматривать на примере ЦОД. В ЦОД компьютерное оборудование располагается в стойках. Каждая стойка содержит в себе компьютерное оборудование совместно с системой охлаждения. Следовательно, источник питания для компьютерного оборудования и для системы охлаждения мы возьмем один.

Питание подаваемое на компьютерное оборудование должно быть равным питанию, которое задействуется для охлаждения. В среднем, на каждую стойку компьютерного оборудования приходится 1,5 кВт. Значит, на систему охлаждения этого оборудования также приходится 1,5 кВт [1].

Делаем вывод, что нам необходим источник питания на 3 кВт, обеспечивающий стабильную работу системы.

Основные функциональные части источника питания рис. 1:

Ф-входной фильтр

УПП-устройство плавного пуска

ВНЧ-выпрямитель низкочастотный

ФНЧ-фильтр низкочастотный

И-автономный инвертор напряжения с трансформатором

ВВЧ-выпрямитель высокочастотный

ФВЧ-фильтр высокочастотный

ИПСН-источник питания собственных нужд

УУ-устройство управления

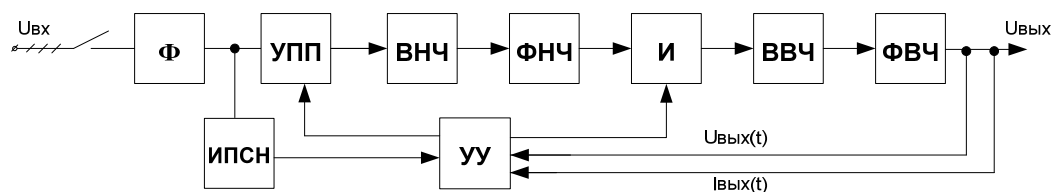


Рис. 1. Структурная схема источника питания системы охлаждения компьютерного оборудования автономного объекта

Элементы электрооборудования и рассчитанные значения приведены в табл. 1.

Таблица 1

Элементы электрооборудования

Элемент электрооборудования	Выбранный элемент электрооборудования с учетом расчетов
Мостовой трехфазный выпрямитель	Диодный мост 26MT60-ND [2]
Сглаживающий фильтр на выходе выпрямителя	Дроссель 221В [3]
Трансформатор	Магнитопровод ГМ412В [4] Провод первичной обмотки ПЭВ-11 [5] Провод вторичной обмотки ПЭВ-1 [5]

Элемент электрооборудования	Выбранный элемент электрооборудования с учетом расчетов
Автономный инвертор напряжения	Транзистор CM0040120D [6]
Однофазный мостовой выпрямитель	Диод 78-VS-8ETU04-M3 [2]
Высокочастотный фильтр на выходе выпрямителя	Сердечник ГМ54ДС [10] Стандартный провод ЭТВ [14]
Аппараты защиты (Плавкая вставка)	Предохранитель ППН-33-Х1-00-10А-УХЛЗ-КЭАЗ [7]

Список литературы:

1. Статья «Питание и охлаждение при высоком тепловыделении». [Электронный ресурс] URL: https://www.osp.ru/lan/2006/07/2549673?utm_source=yafavorites Режим доступа: свободный.
2. Официальный сайт компании «Vishay». [Электронный ресурс], URL: www.vishay.com Режим доступа: свободный.
3. Официальный сайт компании «Электроника и связь». [Электронный ресурс], URL: <https://eandc.ru/> Режим доступа: свободный.
4. Официальный сайт компании «Гаммамет». [Электронный ресурс], URL: www.gammamet.ru Режим доступа: свободный
5. Официальный сайт компании «Кварц». [Электронный ресурс], URL: <http://www.quartz1.com/> Режим доступа: свободный.
6. Официальный сайт компании «КЭАЗ». [Электронный ресурс], URL: <https://keaz.ru/> Режим доступа: свободный.
7. Официальный сайт компании «Cree». [Электронный ресурс], URL: <https://www.cree.com/> Режим доступа: свободный.

ИМПУЛЬСНЫЙ РЕГУЛЯТОР НАПРЯЖЕНИЯ БОРТОВОГО ГЕНЕРАТОРА

Н.А. Воронина, к.т.н., доц.,
Ю.В. Мурашко, студент гр. 5А98
Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
тел. (3822) 70-17-77, вн. 1961
E-mail: yvm18@tpu.ru

К электрооборудованию, устанавливаемому на летательных аппаратах, предъявляется ряд специфических требований, обусловленных спецификой его эксплуатации. Так, в бортовых системах электроснабжения летательных аппаратов крайне нежелательно, а иногда и невозможно использование коллекторных электрических машин постоянного тока. В этих случаях используются полностью бесконтактные генераторы переменного тока с силовыми полупроводниковыми выпрямителями на выходе. Для стабилизации выходного напряжения таких генераторов применяют, как правило, бесконтактные импульсные регуляторы напряжения (рис. 1) [1].

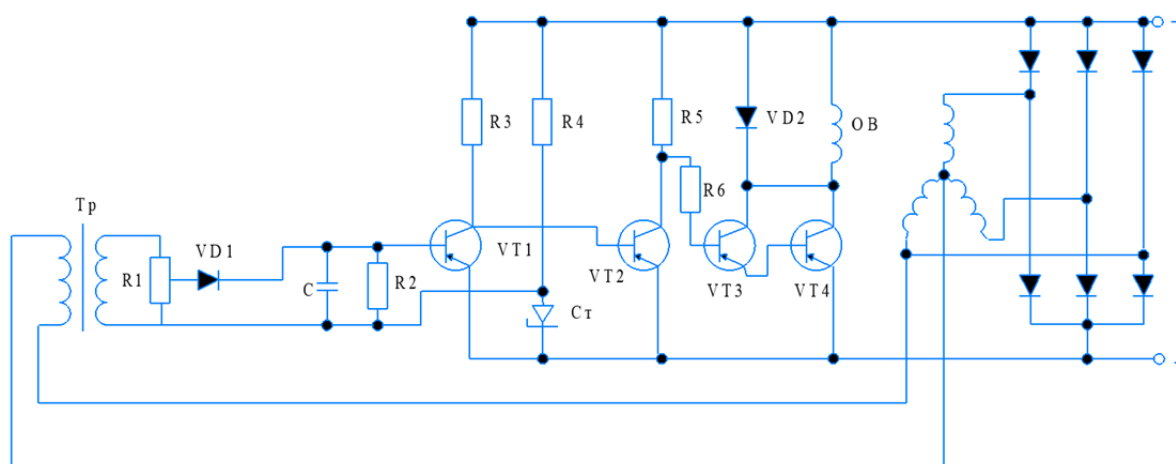


Рис. 1. Принципиальная схема регулятора напряжения

Схема представляет собой силовой ключ, выполненный на транзисторах $VT3$, $VT4$, включенных по схеме составного транзистора Дарлингтона, введенного в цепь обмотки возбуждения генератора. Силовой ключ обрабатывает сигналы, получаемые со схемы сравнения, выполненной во входной цепи транзистора $VT1$ на стабилитроне $Ст$, на конденсаторе C и усилительном каскаде на транзисторах $VT1$ и $VT2$, работающих в противофазе [2].

Для генератора типа АГ-05Д с сопротивлением обмотки возбуждения $R_{об} = 16,5$ Ом и параметрами $P_{ном} = 500$ Вт, $U_{ном} = 28$ В, $I_{ном} = 18$ А, $f_{ном} = 300$ Гц рассчитаны следующие параметры элементов схемы по методике [3]:

- $R_2 = R_3 = 100$ Ом; $R_4 = 3,3$ кОм; $R_5 = 10$ кОм; $R_6 = 3,9$ кОм; $C = 0,1$ мкФ;
- для диода $VD1$ типа 2Д103А $U_{обр} = 75$ В, $I_{пр} = 0,1$ А;
- для диода $VD2$ типа 2Д255В-5 $U_{обр} = 100$ В, $I_{пр} = 3$ А;
- для транзистора $VT1$ типа 2Т208Ж $U_{кэ.мах} = 40$ В, $I_{к.пост.мах} = 100$ мА;
- для транзистора $VT2$ типа КТ315В $U_{кэ.мах} = 40$ В, $I_{к.пост.мах} = 100$ мА;
- для $VT3$ типа КТ315В $U_{кэ.мах} = 40$ В, $I_{к.пост.мах} = 150$ мА;
- для $VT4$ типа КТ816А $U_{кэ.мах} = 40$ В, $I_{к.пост.мах} = 3$ А;
- для стабилитрона $Ст$ типа КС170А $U_{ст} = 7$ В.

На рис. 2 представлена работа схемы, выполненная в программной среде *LTSpice*. В данной работе исследуется регулирование тока в цепи обмотки возбуждения, поэтому процессы, протекающие в обмотках статора генератора, не рассматриваются. Следовательно, измерительный канал мгновенного значения напряжения статора генератора представляется источником переменного напряжения бесконечной мощности с амплитудой,

соответствующей измеряемому номинальному напряжению. Кроме того, приняты следующие допущения: диоды и транзисторы представляются расширенной *SPICE*-моделью; паразитные параметры емкости и резисторов не учитываются; обмотка возбуждения представляется активно-индуктивным сопротивлением с величиной индуктивности $L = 1\text{ мГн}$.

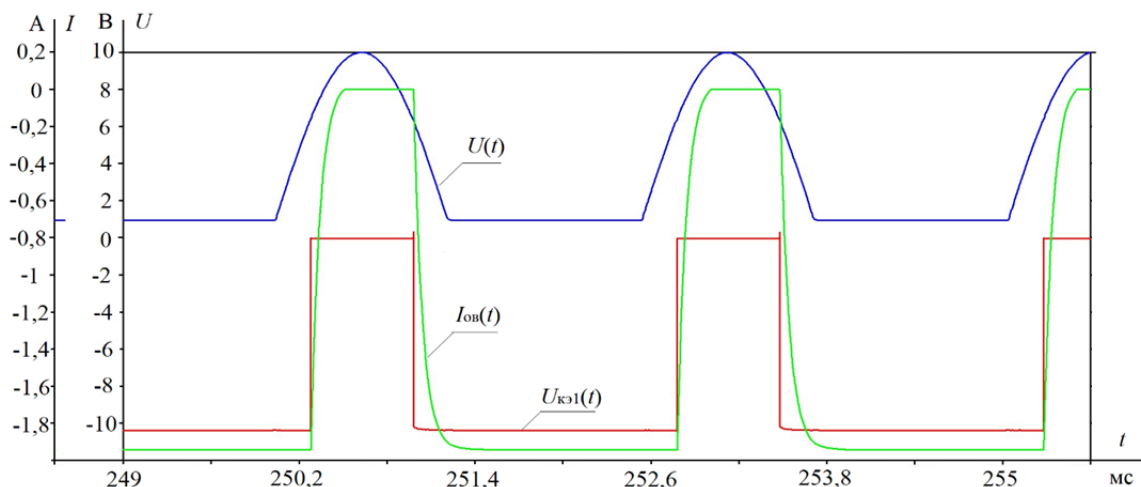


Рис. 2. Диаграммы тока возбуждения $I_{ов}(t)$, напряжения коллектор-эмиттер $U_{кэ1}(t)$ транзистора $VT1$ и выпрямленного напряжения $U(t)$ с канала измерения

Наблюдается, что при достижении выпрямленного однополупериодного напряжения с измерительного канала напряжения обратной ветви стабилитрона ключ $VT1$ открывается и по обмотке возбуждения протекает импульсный ток через цепь составного транзистора $VT3$ - $VT4$. При изменении напряжения генератора изменяется скважность ключей и средний ток возбуждения. Так, при варьировании измеряемого напряжения $U(t)$ получена табл. 1.

Таблица 1

Средний ток в цепи возбуждения при изменении измеряемого напряжения

$U, \text{ В}$	$I_{ов}, \text{ А}$
10	1,396
10,5	1,372
12	1,309
9,5	1,423
8	1,538

При уменьшении напряжения статора генератора, а вследствие амплитуды измеряемого напряжения U , изменяется скважность управляющих транзисторов схемы сравнения, что приводит к увеличению тока возбуждения, чтобы компенсировать сниженное напряжение генератора. А при увеличении напряжения происходит обратный процесс.

Список литературы:

1. Мигунов А.Л. Моделирование работы интегрированной стартер-генераторной установки в генераторном режиме со стабилизацией выходного напряжения / А.Л. Мигунов, С.Ю. Кауров // Вестник транспорта Поволжья. – 2013. – № 6 (42). – С. 63–71.
2. Петрович В.П., Силовые преобразователи электрической энергии: учебное пособие / В.П. Петрович, Н.А. Воронина, А.В. Глазачев. – Томск: Изд-во ТПУ. – 2009. – 240 с.
3. Петрович В.П. Физические основы электроники. Учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ. – 2000. – 152 с.

АПЕРИОДИЧЕСКОЕ ЗВЕНО КАК ИНТЕГРАТОР, ОХВАЧЕННЫЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ

А.С. Глазырин, д.т.н, проф.,
С.С. Попов, студент гр. 5АМ16

Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
тел. (3822) 701-777 вн. 1961

E-mail: ssp14@tpu.ru

При синтезе регуляторов и задающих воздействий многосвязные электромеханические системы постоянного и переменного тока можно разбивать на подсистемы. Для составления математического описания подсистем разработчику доступно временное пространство (с использованием алгебраических, дифференциальных, интегро-дифференциальных и т. д. уравнений), а также операторное (передаточные функции) и частотное (частотные характеристики). Структурные схемы позволяют наглядно изобразить полученные математические модели, где стрелками указаны направления потоков энергии и/или информации. К примеру, подсистемы электрического преобразования энергии, представляемые активно-индуктивными (RL) цепями (обмотка возбуждения якоря). можно отобразить в различных видах в зависимости от конкретной задачи. Для задач синтеза методом *backstepping* необходимо получить интегрирующие звенья или интеграторы в явном виде, т. к. суть метода заключается в последовательном обходе интеграторов [1]. Таким образом, представление аperiodического звена, описывающая RL -цепь, оказывается полезным в различных видах.

Схема коммутации RL -цепи на источник постоянного напряжения представлена на рис. 1.

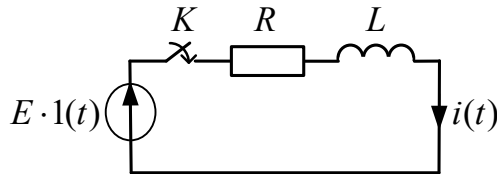


Рис. 1. RL -цепь

Процессы при замыкании ключа K , описываются законом электрического равновесия:

$$R \cdot i(t) + L \cdot \frac{di(t)}{dt} = U(t). \quad (1)$$

Дифференциальное уравнение (1) можно представить в изображениях по Лапласу, т. к. мгновенный ток $i(t)$ удовлетворяет условиям, предъявляемым к оригиналу, а начальные условия – нулевые:

$$i(t) \Leftrightarrow I(p); \left. \frac{di(t)}{dt} \right|_{i_L(0_+)} \Leftrightarrow p \cdot I(p).$$

Тогда, уравнение (1) примет вид:

$$R \cdot I(p) + L \cdot p \cdot I(p) = U(p).$$

Запишем передаточную функцию:

$$I(p)[R + L \cdot p] = U(p) \Rightarrow W(p) = \frac{I(p)}{U(p)} = \frac{1}{R + L \cdot p}. \quad (2)$$

Преобразуем передаточную функцию (2) в вид, принятый в теории автоматического управления:

$$W(p) = \frac{1}{R + L \cdot p} \cdot \frac{\frac{1}{R}}{\frac{1}{R}} = \frac{K}{T \cdot p + 1}, \quad (3)$$

где $K = \frac{1}{R} \left[\frac{1}{\text{Ом}} \right]$ – коэффициент передачи; $T = \frac{L}{R} \left[\frac{\text{Гн}}{\text{Ом}} = \text{с} \right]$ – постоянная времени.

Передаточная функция (3) представляет собой типовое апериодическое звено 1-го порядка, которое можно представить в разных видах в зависимости от задачи. Представим, что существует звено с передаточной функцией $W_1(p)$, охваченное отрицательной обратной связью с звеном $W_2(p)$ в обратной ветви. Тогда, эквивалентная передаточная функция примет вид:

$$W(p) = \frac{W_1(p)}{W_1(p) \cdot W_2(p) + 1}. \quad (4)$$

Заметим, что передаточные функции (3) и (4) имеют идентичный вид со слагаемым «1» в знаменателе, которая получена при умножении передаточной функции (2) на такую четырехэтажную дробь, чтобы сформировать «1» в месте слагаемого «R»:

$$W(p) = \frac{1}{R + L \cdot p} \cdot \frac{\frac{1}{R}}{\frac{1}{R}} = \frac{\left[\frac{1}{R} \right]}{1 + \left[\frac{1}{R} \right] \cdot [L \cdot p]}. \quad (5)$$

Исходя из выражений (4) и (5) следует вывод, что апериодическое звено можно отобразить в виде передаточного звена $W_1(p) = 1/R$, охваченного идеальным дифференцирующим звеном $W_2(p) = L \cdot p$ по отрицательной обратной связи. Использование дифференциального звена не рекомендуется если не предусмотрена высокого качества фильтрация сигнала, т. к. такое звено реагирует на крутые фронты помех. Практическая реализация идеального дифференциального звена на аналоговой базе невозможна, а при цифровом дифференцировании сигналов на микропроцессорной технике возникает несколько задач, описанных в работе [2].

Теперь, составим передаточную функцию (4) путем формирования «1» в месте слагаемого « $L \cdot p$ » из выражения (2):

$$W(p) = \frac{1}{R + L \cdot p} \cdot \frac{\frac{1}{L \cdot p}}{\frac{1}{L \cdot p}} = \frac{\left[\frac{1}{L \cdot p} \right]}{\left[\frac{1}{L \cdot p} \right] \cdot [R] + 1}. \quad (6)$$

Из передаточной функции (6) следует вывод, что апериодическое звено можно представить в виде интегратора $W_1(p) = 1/(L \cdot p)$, охваченного передаточным звеном $W_2(p) = R$ по отрицательной обратной связи, что оказывается полезным в ряде задач синтеза и исследования систем управления электрических приводов.

Список литературы:

1. Колесников А.А. Методы АКАР и бэкстеппинг в задачах синтеза нелинейных систем управления / А.А. Колесников, А.А. Колесников, А.А. Кузьменко // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2016. – Т. 17. – № 7. – С. 435–445.

2. Майстренко А.В. Синтез, исследование и применения алгоритмов цифрового дифференцирования сигналов в системах автоматического регулирования процессов: дис. канд. техн. наук. / Майстренко Андрей Васильевич; Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники. – Томск, 2007. – 140 с.

ДВУЗОННОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ СКОРОСТИ СИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С ПОСТОЯННЫМИ МАГНИТАМИ

И.Г. Однокопылов, к.т.н., доц.

С.Н. Пластунова, студент гр. 5АМ16

Томский политехнический университет, 634034, г. Томск, ул. Усова, 7

тел. (3822) 563-787

E-mail: snp4@tpu.ru

Специфика обширного числа технологических процессов (ТП) подразумевает в целях увеличения объема продукции наличие возможности повышения скорости выше номинальной используемого электрического привода. К таким видам ТП относятся различные сверлильные и точильные станы, принтеры и другие механизмы, в которых при практически полном отсутствии нагрузки требуется увеличение его скорости. При обработке отверстий на сверлильных станках, например, формообразующими движениями являются главное вращательное движение инструмента и поступательное движение подачи инструмента по его оси. По окончании процесса сверления шпиндель, закрепленный на оси сверлильного станка, вынимается и передвигается дальше по ленте с заготовками. При этом, после того, как задача выполнена, станок должен вернуться в начальную точку, что целесообразно сделать, применяя повышенную скорость [1]. Исследование электропривода во второй зоне при частоте вращения вала двигателя выше номинальной – является актуальной задачей.

В качестве механизмов главных движений ТП долгое время использовались асинхронные двигатели и двигатели постоянного тока, позволяющие легко осуществлять регулирование скорости как вниз от номинальной, так и вверх при использовании преобразователя частоты. Однако последние годы эти виды двигателей активно заменяют на синхронные двигатели с постоянными магнитами (СДПМ), которые при тех же значениях скорости и тока обладают более высоким КПД и жесткой механической характеристикой, а так же в среднем в два раза меньшими массогабаритными показателями [2].

Рассмотрим в данной работе исследование электропривода на основе СДПМ с помощью имитационного моделирования. Система управления СДПМ основана на подчиненном регулировании координат с датчиком положения ротора.

Моделирование векторной системы управления синхронным двигателем с постоянными магнитами представлено двумя регуляторами тока и регулятором скорости во вращающейся системе координат $d-q$ [3]. В таких системах отсутствует регулятор потока сцепления в виду того, что поток в СДПМ в большей мере создан постоянными магнитами. Особенность двузонного регулирования в такой системе заключается в ослаблении потока постоянных магнитов путем введения в систему тока в канал оси d . При этом с изменением нагрузки и заданной скорости необходимо контролировать распределение тока двигателя по составляющим d и q . Мгновенное значение вектора тока не должно превышать максимального значения. Рассчитать значение допустимого тока i_{sq} можно по выражению [3]:

$$i_{sq} = \sqrt{I_{ном}^2 - i_{sd}^2}.$$

С помощью имитационного моделирования в программной среде Matlab Simulink были проведены исследования работы СДПМ в различных режимах, в том числе во второй зоне регулирования. Результат моделирования приведен на рис. 1.

Векторное управление синхронным двигателем с постоянными магнитами позволяет ограничить координаты электрического привода и войти во вторую зону работы путем увеличения задания на контур скорости и тока в канале оси d .

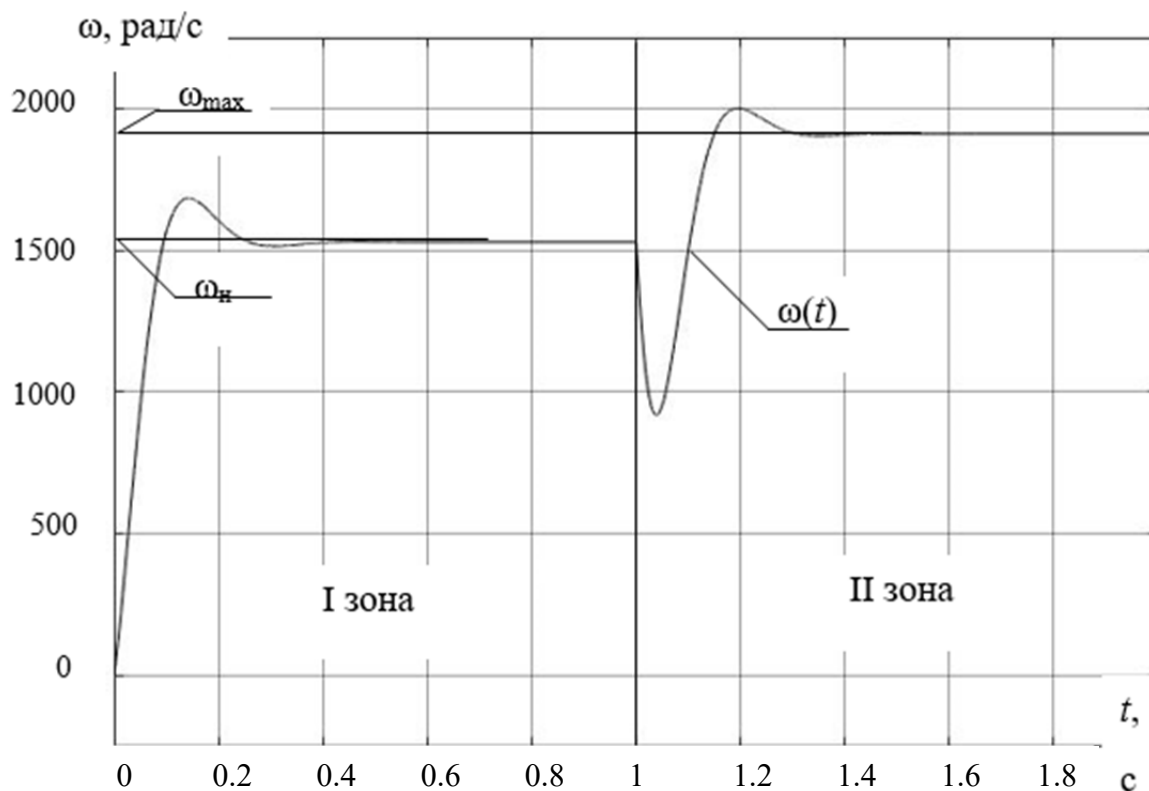


Рис. 1. Переходный процесс скорости СДПМ при двухзонном регулировании

Список литературы:

1. Сверлильный станок – назначение, классификация [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://touchmech.ru/info/> (дата обращения: 09.09.2022).
2. Жилоготовов Р.И. Разработка системы бездатчикового векторного управления синхронным двигателем с постоянными магнитами: дис. – Санкт-Петербург, 2018. – 121 с. – Текст: непосредственный.
3. Анучин А.С. Системы управления электроприводов: учебник для вузов / А.С.Анучин – Москва, 2015. – 373 с.

ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АЛГОРИТМ В ЗАДАЧЕ НАСТРОЙКИ НАБЛЮДАТЕЛЯ ВЕКТОРА ПЕРЕМЕННЫХ СОСТОЯНИЯ ДВИГАТЕЛЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА С ПРОПОРЦИОНАЛЬНЫМ ПРИНЦИПОМ КОМПЕНСАЦИИ НЕВЯЗКИ ПО ТОКУ

*И.В. Раков, инженер I категории
В.О. Сунцов, ассистент ООД ШБИП
ООО «Газпром трансгаз Томск»*

*Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
тел. +7-(3822) 27-30-13
E-mail: rakovivan@live.com;*

Для создания замкнутой по угловой скорости вращения вала системы управления электроприводом необходимо получать информацию об угловой скорости вращения двигателя при помощи прямого измерения или косвенной оценки этого параметра.

В некоторых случаях прямое измерение угловой скорости вращения ротора электродвигателя невозможно выполнить вследствие существенного влияния внешней окружающей среды, технических ограничений системы, либо экономических факторов. В таком случае косвенное оценивание угловой скорости вращения электродвигателя остается единственным вариантом для создания замкнутой системы управления [1].

Наблюдатели в электроприводе можно разделить на три больших класса: это измеряющие наблюдатели, наблюдатели на основе фильтра Калмана и наблюдатели на основе моделей электромагнитных процессов в двигателе [2]. В данной работе рассмотрим наблюдатель из третьего класса – наблюдатель Люенбергера полного порядка с П-принципом обработки сигнала невязки. Система дифференциальных уравнений в нормальной форме Коши для описания динамики наблюдателя двигателя постоянного тока с независимым возбуждением (ДПТ НВ) с П-принципом обработки невязки имеет вид [1]:

$$\begin{cases} \frac{di_{\text{я}}(k,t)}{dt} = \frac{U_{\text{я}}(t) - i_{\text{я}}(k,t) \cdot R_{\text{я}} - k \cdot R_{\text{я}} \cdot (i_{\text{я}}(t) - \hat{i}_{\text{я}}(k,t)) - \hat{\omega}(t) \cdot c_{\text{ДВ}}}{L_{\text{я}}} \\ \frac{d\hat{\omega}(k,t)}{dt} = \frac{i_{\text{я}}(k,t) \cdot c_{\text{ДВ}}}{J_{\text{ДВ}}} \end{cases}, \quad (1)$$

где $U_{\text{я}}(t)$ – напряжение якоря, $i_{\text{я}}(t)$ – ток якоря, $\omega(t)$ – угловая скорость вращения якоря, $R_{\text{я}}$ – результирующее сопротивление якоря, $L_{\text{я}}$ – результирующая индуктивность якоря, $J_{\text{ДВ}}$ – момент инерции якоря, $c_{\text{ДВ}}$ – электромеханический коэффициент, $\hat{i}_{\text{я}}(k,t)$ – оцененное значение тока якоря, $\hat{\omega}(k,t)$ – оцененное значение угловой скорости вращения якоря, $k_{\text{П1}} = k \cdot R_{\text{я}}$ – пропорциональный коэффициент обработки невязки, k – коэффициент запаса устойчивости [1].

В зависимости от выбранного в пределах от $0 < k \leq 1$ в пропорциональном коэффициенте обработки невязки $k_{\text{П1}}$ будет зависеть точность, колебательность, статическая ошибка оценивания угловой скорости вращения ротора ДПТ НВ.

Для определения оптимального значения k воспользуемся генетическим алгоритмом, избавление от знака невязки и расчет значения целевой функции для которого будет выполнено по формуле (2):

$$\Psi(k, t) = \frac{\int_{t_1}^{t_2} |(\omega(t) - \hat{\omega}(k,t))| dt}{\int_{t_1}^{t_2} |(\omega(t))| dt} \cdot 100 \%, \quad (2)$$

где $\Psi(k, t)$ – значение целевой функции, $\omega(t)$ – угловая скорость вращения ДПТ НВ, t_1, t_2 – нижний и верхний предел интегрирования.

Перед тем, как будет проведена оптимизация настройки коэффициента k с помощью генетического алгоритма, проследим графически, как меняется значение целевой функции при изменении $0 < k \leq 1$ с шагом 0.01 на четырех отдельных промежутках [0; 0.5] – участок пуска (I), [1.5; 2.5] – участок наброса нагрузки (II), [0; 5] – полный диапазон (III),

[0; 0.5 ∪ 1.5; 2.5] – участок пуска и наброса нагрузки (IV). Как видно на рис. 1 для участка II, III, IV существует свой экстремум. Для участка I не существует экстремума, значение k стремится к 0. После того, как визуально определены оптимальные коэффициенты k для промежутка II, III, IV и выбран минимальный коэффициент k для участка I перейдем к решению целевой функции с помощью генетического алгоритма. Результаты работы генетического алгоритма и погрешность оценивания представлены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты работы генетического алгоритма

Предел интегрирования, с	[0; 0.5]	[1.5; 2.5]	[0; 5]	[0; 0.5 ∪ 1.5; 2.5]
Значение коэффициента запаса устойчивости k , о.е.	0.01	0.802	0.504	0.356
Погрешность оценивания угловой скорости вращения, $e(k, t)$, %	1.56	2.33	1.11	1.18

Анализ результатов, полученных при визуальном оценивании целевой функции и при использовании генетического алгоритма, подтверждает, что генетический алгоритм работает и его можно использовать в задаче настройки наблюдателя Люенбергера. Восстановим значения оцененной угловой скорости вращения при использовании коэффициентов k , из табл. 1. Результаты представлены на рис. 2.

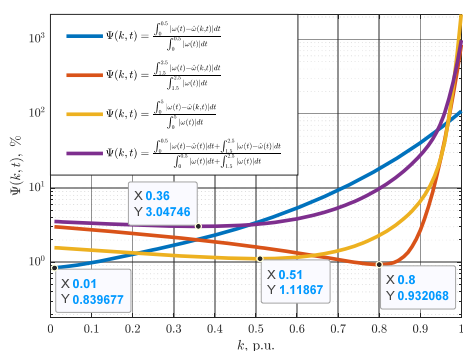


Рис. 1. Графическое решение целевой функции

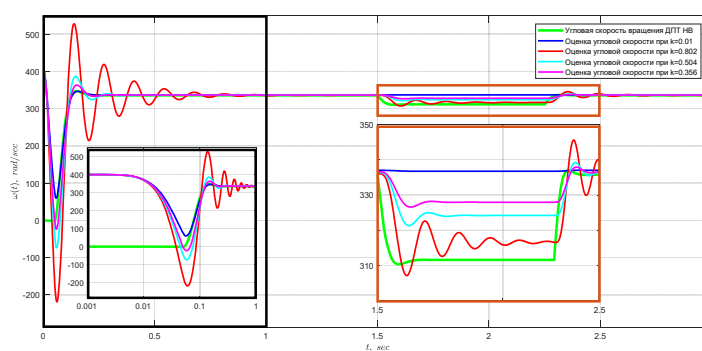


Рис. 2. Восстановленные значения оцененной угловой скорости вращения при различных k

Анализируя процессы на рис. 2, можно сделать следующие выводы:

1. Прослеживается зависимость между увеличением значения k и увеличением колебательности оцененной угловой скорости, также заметно, что с увеличением значения k увеличивается и чувствительность к изменению нагрузки на валу двигателя, как следствие статическая ошибка при увеличении k уменьшается.

2. Для качественной отработки управляющих воздействий на ДПТ НВ с минимальной колебательностью и максимальным запасом устойчивости необходимо максимально уменьшать значение k , однако при уменьшении k возрастает статическая ошибка и уменьшается чувствительность к изменению момента сопротивления.

Список литературы:

1. Глазырин А.С. Пропорциональный и пропорционально-интегральный принципы отработки невязки в наблюдателе полного порядка электромеханического объекта с линеаризованной моделью // Научный вестник Новосибирского государственного технического университета. – 2015. – № 1(58). – С. 28–39.
2. Калачев Ю.Н., Наблюдатели состояния в векторном электроприводе // М.: Самиздат. – 2015 – 80 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОПРИВОДА РЕГУЛИРУЮЩЕЙ АРМАТУРЫ ПРИ РАБОТЕ НА НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

*И.Г. Однокопылов, к.т.н., доцент,
П.З. Ходжаев, студент гр. 5АМ16*

*Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: pzh1@tpu.ru*

Одними из самых важных и востребованных источников энергии в мире является нефть и газ. По состоянию на 1 января 2019 года на Россию приходится 6,1 % от всех мировых запасов нефти (6 место среди стран мира) и 12,6 % добычи нефти (3 место среди стран мира). Можно утверждать, что в ближайшие годы нефть и газ будет занимать главенствующие позиции в экономике РФ.

Актуальной на сегодняшний день является задача повышения работоспособности синхронного ЭП регулирующей арматуры с целью достижения эксплуатационных характеристик при низких температурах окружающей среды. Определяющее влияние на работоспособность электроприводов оказывают низкие температуры ($-40\dots-60$ °С), особенно в период запуска агрегатов после длительной остановки.

Цель работы – анализ проблемы обеспечения работоспособности регулирующей арматуры при влиянии низких температур и поиск оптимального решения для выбранного электропривода.

Объект исследования – синхронный частотно-регулируемый электропривод регулирующей арматуры.

Электропривод имеет подогревающий модуль, который нагревает только электронные платы, внутренний источник питания и силовые полупроводниковые ключи. В рассматриваемом электроприводе основная проблема обеспечения требуемого крутящего момента при низких температурах заключается в смазочных материалах электропривода.

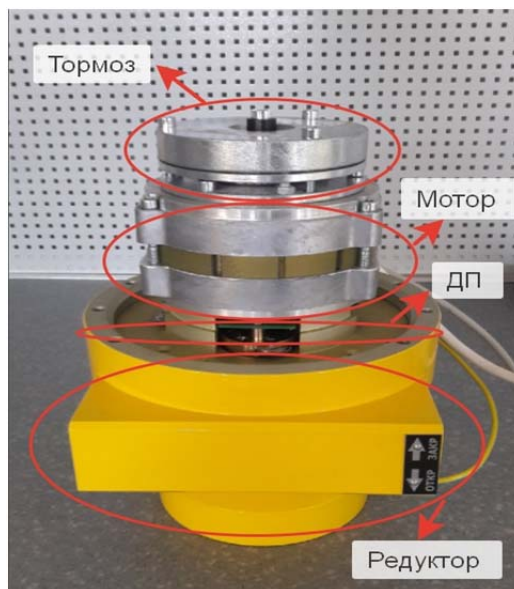


Рис. 1. Сборки механической части электропривода

Синхронный мотор является серийным, поэтому смазочные материалы электропривода обеспечивают максимальный крутящий момент до -40 градусов. Для нормальной его работы при низких температурах, необходимо его нагреть. В данной работе предлагается рассмотреть вариант прогрева мотора с помощью тока в обмотках статора.

Рассчитаем мощность подогрева используя обмотку статора:

$$P = I \cdot I \cdot R \cdot 3 = 3 \cdot 3 \cdot 1,7 \cdot 3 = 45,9 \text{ Вт,}$$

где $I = 3$ А – ток потребляемый электроприводом при прогреве, $R = 1,7$ Ом.

Далее необходимо рассчитать температуру, на которую можно прогреть мотор за оговоренный промежуток времени. Обычно выход не рабочий режим в подобных электроприводах составляет не более 1 часа.

Теплоёмкость электропривода:

$$C = \frac{Q}{m} \cdot \Delta t,$$

где m – масса тела, Q – тепловая энергия, C – удельная теплоемкость, Δt – разность конечной и начальной температур вещества.

$$\Delta t = \frac{C \cdot m}{Q} = \frac{897 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 3,2 \text{ кг}}{45,9 \text{ Вт}} = 1 ^\circ\text{C}$$

За 1 минуту электропривод нагреется на 1 градус. То есть, расчеты показывают, что при окружающей температуре -60 градусов электропривод выйдет на режим за 20 минут.

На рис. 2 представлена экспериментальная зависимость температуры электропривода от времени. Результаты показали незначительное расхождение реальной теплоемкости от рассчитанной, на основании чего можно сделать вывод, что расчёт теплоемкости соответствует действительным значениям. Показания температуры электропривода при нагреве представлены в табл. 1.

Таблица 1

$t, \text{ мин}$	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
$T ^\circ\text{C}$	24.8	28	32	36	40	42	45	48	50	52	55

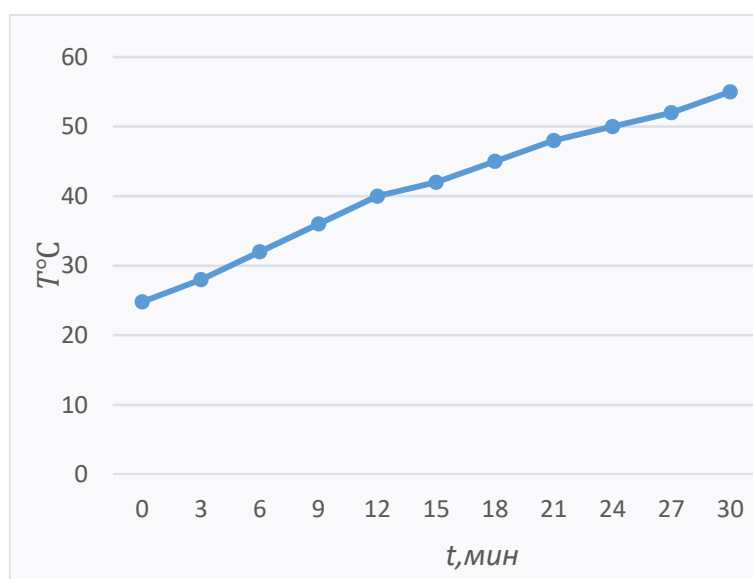


Рис. 2. График измерения температуры

Список литературы:

1. Смирнов А.О. Повышение работоспособности асинхронного электропривода трубопроводной арматуры при низких температурах – автореферат – рукопись – Томск: ТПУ, 2011.
2. Букреев В.Г., Хохряков Б.Г., Смирнов А.О. Повышение работоспособности асинхронного электропривода с волновым редуктором при низких температурах окружающей среды // Изв. вузов. Электромеханика. – 2013. – № 4. – С. 27–31.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ПЕРЕХОДНОГО ПРОЦЕССА ПУСКА ЭЛЕКТРОПРИВОДА УСТАНОВКИ ЭЛЕКТРОЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ В ЦИКЛИЧЕСКОМ РЕЖИМЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ НА ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКУЮ СИСТЕМУ

*А.С. Глазырин, д.т.н, проф.,
Н.Е. Языков, студент гр. 5АМ16
Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
тел. (3822) 701-777 вн. 1961
E-mail: ney1@tpu.ru*

«УЭЦН являются самыми эффективными и часто используемыми установками для добычи нефти. Они вырабатывают больше половины всей нефти в России и свыше 90 % нефти в Западной Сибири и на Крайнем Севере» [1].

Обычно используются два способа эксплуатации: непрерывный и периодический.

При непрерывном режиме эксплуатации УЭЦН существует один большой недостаток—он выражается в невозможности легко и быстро менять производительность установки при изменении дебета. Обычно для этого используется дросселирование но из-за этого снижается КПД всей установки, отчего растут издержки на электроэнергию.

Периодическая эксплуатация также не решает всех проблем и имеет недостаток, проявляющийся в уменьшении количества добываемой нефти. Это происходит из-за уменьшения притока нефтяного флюида в скважину.

Впрочем, есть еще один вариант, циклическая эксплуатация скважин (ЦЭС), который сочетает в себе плюсы предыдущих методов, но не имеет их минусов.

ЦЭС представляет собой способ механизированной добычи нефти с помощью УЭЦН с регулируемым приводом на основе преобразователя частоты (ПЧ), при котором циклическую откачку жидкости из скважины чередуют с накоплением жидкости в скважине. В малодобитные скважины спускается УЭЦН с мощностью и производительностью, много больше скважины. После периода откачки нефтяной смеси последует период накопления и так по кругу (для каждой скважины эти периоды высчитываются индивидуально) [2].

Стоит определить, будет ли и если да, то как изменение времени разгона двигателя в период откачки влиять на переходные процессы двигателя. При использовании преобразователя частоты для пуска, чем дольше длится разгон, тем лучшие переходные характеристики будут у двигателя, однако при бездумном увеличении длительности разгона, разница будет настолько незначительна что не будет стоить потраченного на это времени как показано на рис. 1–3.

Регулирование времени переходного процесса будет производиться за счет задатчика интенсивности, а именно благодаря изменению коэффициента усиления в звене интегратора.

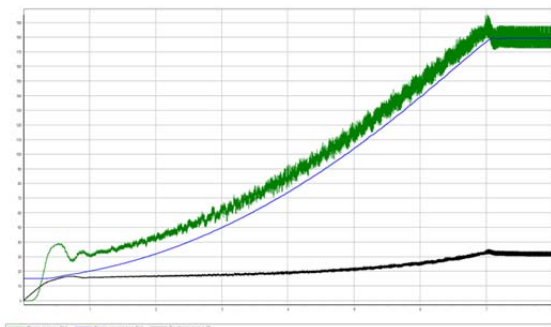


Рис. 1. Переходные процессы тока и момента двигателя при $t_{mn} = 7$ с

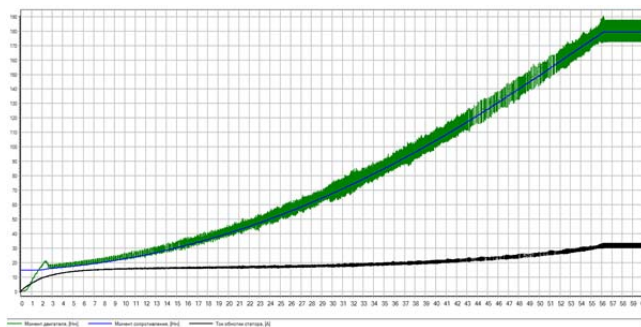


Рис. 2. Переходные процессы тока и момента двигателя при $t_{mn} = 56$ с

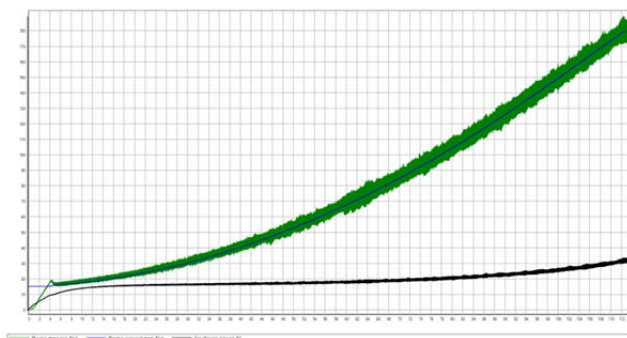


Рис. 3. Переходные процессы тока и момента двигателя при $t_{ин} = 113$ с

Как видно из полученных графиков при увеличении времени переходного процесса уменьшаются броски тока и момента двигателя что хорошо сказывается на времени работоспособности установки, однако это улучшение настолько незначительно, что не стоит затраченного на разгон времени.

Также обязательно стоит добавить, что нельзя слишком сильно увеличивать скорость разгона двигателя, иначе двигатель просто не выйдет на номинальный режим работы, как продемонстрировано на рис. 4.

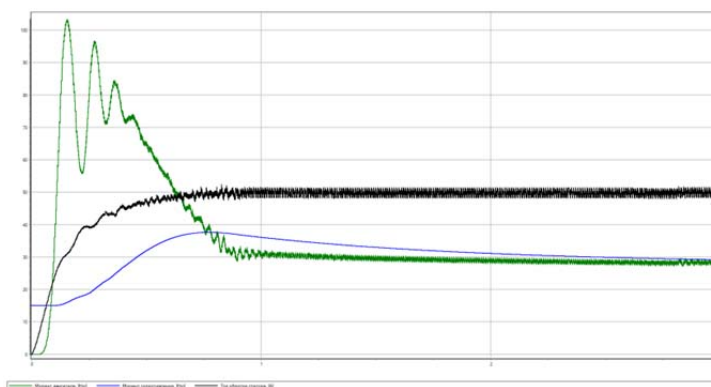


Рис. 4. Переходные процессы тока и момента двигателя при $t_{ин} = 0,9$ с

Полученный результат наглядно показывает, что при слишком быстром разгоне двигателя он не может выйти на стационарный режим работы и просто «заваливается», что не позволяет нормальному функционированию установки.

В итоге мы можем сделать вывод что для каждой скважины необходимо индивидуально рассчитывать оптимальное время разгона в период откачки нефтяного флюида что положительно скажется на производительности УЭЦН.

Список литературы:

1. Электротехнологические установки для нефтедобычи: монография / А.Ю.Ковалев, Е.М.Кузнецов, В.В. Аникин; Минобрнауки России, ОмГТУ, Нижневартровский академический институт прикладной энергетики – Омск: – 160 с.: ил.
2. Антипин М.Н. «Результаты внедрения циклической эксплуатации УЭЦН в ОАО «Самотлорнефтегаз» – ИП 5/2011 – с. 74–80.

СЕКЦИЯ 3
СОВРЕМЕННЫЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

РАЗРАБОТКА НОВОГО МЕТОДА НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ПУТЁМ АНАЛИЗА ВИБРАЦИЙ, ВОЗНИКАЮЩИХ В РЕЗУЛЬТАТЕ РАБОТЫ ОБОРУДОВАНИЯ

*Ю.С. Дубинов, к.т.н., доц.,
А.А. Березняков, студент гр. МД-19-01, Ф.С. Кербников, студент МО-19-05,
С.А. Савельева, студент группы МО-19-05
Российский государственный университет нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина,
119991, Москва, Ленинский пр-т., д. 65,
тел. +7(980) 559-93-63
E-mail: artem.bereznyakov@yandex.ru*

В настоящее время для контроля и обнаружения дефектов различных типов, таких как трещины, коррозионные повреждения, несплошности основного материала и т. д. было разработано большое количество методов неразрушающего контроля. Поскольку все они имеют определённого рода недостатки, по сей день существуют объекты, которые невозможно эффективно диагностировать.

Так одной из недавно возникших технологий является диагностики трубопровода направленными волнами. По сравнению с классической технологией ультразвукового контроля волны имеют направление, соответствующее оси трубы, стенки трубы служат своеобразным волноводом, что, в свою очередь, позволяет диагностировать объект на большой протяжённость при вскрытии изоляционного покрытия в одном месте, однако главным недостатком служит низкая чувствительность к трещиноватым дефектам, высокая стоимость метода, а также сложность оборудования для генерации высокочастотных волн.

В вышеописанном методе контроля используются высокочастотные волны, для генерации которых требуется дорогой источник. Процесс диагностики низкочастотными волнами в границах от 1–200 Гц малоизучен и требует дальнейших исследований, поскольку большая часть оборудования нефтегазового комплекса работает в низкочастотном диапазоне, в том числе насосные и компрессорные подстанции на трубопроводах.

Таким образом, может быть разработан новый метод неразрушающего контроля наведёнными низкочастотными волнами. Замети, что данным методом исключит высокочастотный генератор, поскольку для диагностики будет использоваться собственные колебания, возникающие в результате работы оборудования, это позволит значительно упростить и удешевить технологию контроля. В случае невозможности использования собственных колебаний, допустимо использование низкочастотного генератора.

Для проверки гипотезы был разработан испытательный стенд, имитирующий вибрации. Стенд состоит из каркаса 1, к которому на виброгасящих стяжках 2 прикреплен стол 3. На стол устанавливается вибродинамик 5. Между столиком и вибродинамиком устанавливается исследуемый образец 6. На образец устанавливается датчик сертифицированного вибрметра ВК-5М 4. Вибродинамик, генерируя синусоидальные колебания в диапазоне частот от 1 до 200 Гц с помощью осциллографа. Виброгасящие стяжки гасят внешние вибрации. Установка имитирует неподвижную опору и позволяет изучить распространение вибрации по телу на незначительном удалении от опоры.

Для подтверждения работоспособности стенда был проведён ряд испытаний без объекта контроля, которые показали возможности проведения дальнейших исследований. Затем под динамиком размещались пластины с имитацией дефекта и без для последующего построения корреляционных зависимостей виброперемещения от частоты и энергии колебаний от частоты, чтобы выявить закономерности в распространения вибраций при наличии дефекта в объекте контроля.

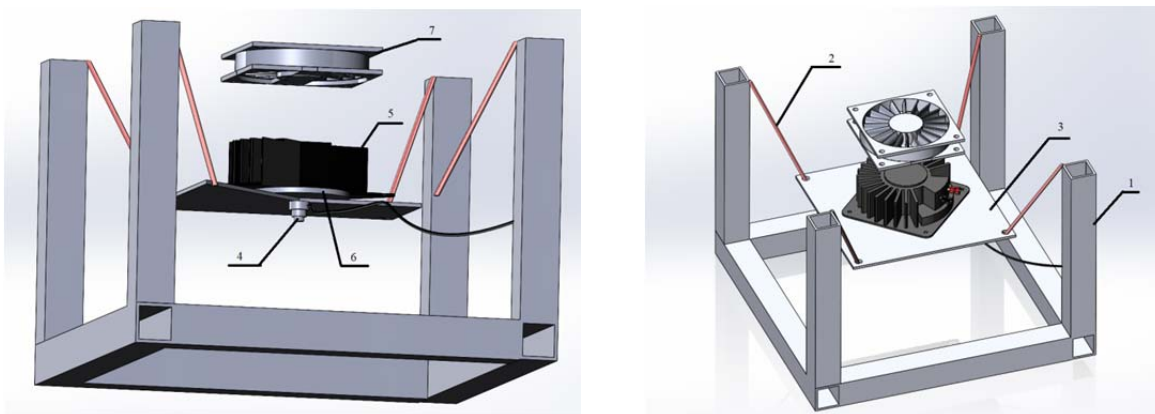


Рис. 1. Схема испытательного стенда

На стенде был проведён ряд испытаний со стальными пластинами толщиной 4 мм с перпендикулярным надрезом глубиной 2 мм и без. Производились следующие замеры:

1. Замер распространения вибрации в пластине без дефекта при размещении датчика виброметра под источником вибраций;
2. Замер распространения вибраций в пластине без дефекта при размещении виброметра на расстоянии 100 мм от источника вибраций;
3. Замер распространения вибраций в пластине с дефектом при размещении и дефекта, и виброметра под источником вибраций;
4. Замер распространения вибраций в пластине с дефектом при размещении и дефекта, и виброметра на расстоянии 100 мм от источника вибраций;
5. Замер распространения вибраций при размещении виброметра под источником вибраций, а дефекта на расстоянии 100 мм от источника вибраций;
6. Замер распространения вибраций при размещении дефекта под источником вибраций, а виброметра на расстоянии 100 мм от источника вибраций.

В результате анализа зависимостей можно сделать следующие выводы:

1. Корректные данные показали все схемы расположения источника вибрации и виброметра: при установке виброметра под источником вибрации, при установке виброметра на расстоянии 100 мм от источника вибрации;
2. Частоты 7, 9–14 30 Гц являются наиболее показательными для исследования, поскольку именно на них происходит значительное увеличение или уменьшение вибропеременения и преобразований энергии колебаний в зависимости от наличия и расположения дефекта;
3. Метод неразрушающего контроля направленными волнами позволит диагностировать трубы малого диаметра, поскольку всё оборудование размещается снаружи объекта контроля;
4. Диагностику возможно проводить без вывода объекта из эксплуатации.

Список литературы:

1. Клюев В.В. Неразрушающий контроль и диагностика. – М.: Машиностроение, 2003. – 656 с.
2. Вибрации в технике: справ.: в 6 т. Т. 1. Колебания линейных систем // под ред. В.В. Болотина. – М.: Машиностроение, 1979. – 352 с.
3. Дубинов Ю.С., Кербников Ф.С., Савельева С.А. Разработка нового метода неразрушающего контроля нефтегазового оборудования наведенными низкочастотными вибрациями // Тр. РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина. – 2022. – № 1(306). – С. 107–119. – DOI: 10.33285/2073-9028-2022- 1(306)-107-119.

НАЧАЛЬНАЯ ПРОСТРАНСТВЕННАЯ НЕСТАБИЛЬНОСТЬ АРГОНОДУГОВОГО РАЗРЯДА ВОЛЬФРАМОВЫМ ЭЛЕКТРОДОМ

А.С. Гордынец, к.т.н., доц.,

А.С. Киселев, к.т.н., доц.,

С.И. Скрипко, аспирант

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

E-mail: sis9@tpu.ru

Дуговая сварка неплавящимся электродом в среде аргона является одним из способов соединения деталей малых размеров [1]. Серийное оборудование для такого способа сварки обладает недостатком – контактное зажигание дуги, которое приводит к возможному загрязнению сварного соединения включениями вольфрама [2].

Альтернативой контактному зажиганию дуги является бесконтактный способ, который осуществляют методом пробоя межэлектродного промежутка импульсами высокого напряжения. При этом начальный период существования дуги характеризуется низкой пространственной стабильностью.

Влияние параметров режима горения дуги на ее пространственную нестабильность изучали на экспериментальной установке (рис. 1). Для этой цели бесконтактно зажигали дуговой разряд между катодом из вольфрамового прутка марки WL20, расположенного на расстоянии 0,5 мм от поверхности медного анода соосно со стробирующим отверстием диаметром 1 мм. Стробирующее отверстие в свою очередь соединено с датчиком давления дуги, сигнал с которого синхронно с напряжением между электродами и током в цепи изделия регистрировали цифровым осциллографом RIGOL MSO1074. Одновременно с этим осуществляли высокоскоростную видеосъемку (20000 кадров/с) процесса горения дуги камерой Phantom MIRO M310.

Варьируемыми параметрами эксперимента являлись: амплитуда импульса тока (50 А; 110 А; 170 А), диаметр вольфрамового электрода (1,0 мм; 1,6 мм; 2,4 мм) и угол заточки рабочей поверхности электрода (30°; 60°; 90°).

Эксперименты проводили при всех сочетаниях варьируемых параметров. Каждый опыт повторяли десять раз. Откликами эксперимента являлись: пиковое давление дуги (P_{peak}), время за которое это давление достигалось (T).

Типичная осциллограмма, полученная в результате проведения эксперимента, представлена на рис. 2. После зажигания дуги, наблюдается блуждание катодных пятен по боковой поверхности вольфрамового электрода (рис. 2, а), то есть ее горение характеризуется нестабильным пространственным положением, об этом также свидетельствует повышенное межэлектродное напряжение, которое объясняется увеличенной длиной столба дуги, и почти нулевое ее давление. По истечению времени (T) происходит разогрев рабочей части электрода до температуры термоэлектронной эмиссии, и катодная область дуги перемещается на его кончик. Дуга занимает соосное с электродом положение (рис. 2, б), давление дуги возрастает до пикового значения (P_{peak}), а напряжение снижается до нормальной величины. По мере дальнейшего увеличения температуры рабочей части электрода (рис. 2, в) давление дуги снижается и достигает своего конечного значения (P_{final}).

Анализ осциллограмм показал, что начальный момент зажигания дуги характеризуется низкой пространственной устойчивостью дуги, так при наихудшем сочетании варьируемых параметров (Ток импульса 50 А, диаметр вольфрамового электрода 1,0 мм, угол заточки 90°) среднее время стабилизации дуги может достигать 60 мс, а при наилучшем сочетании (Ток импульса 170 А, диаметр вольфрамового электрода 2,4 мм, угол заточки 30°) – 2 мс.

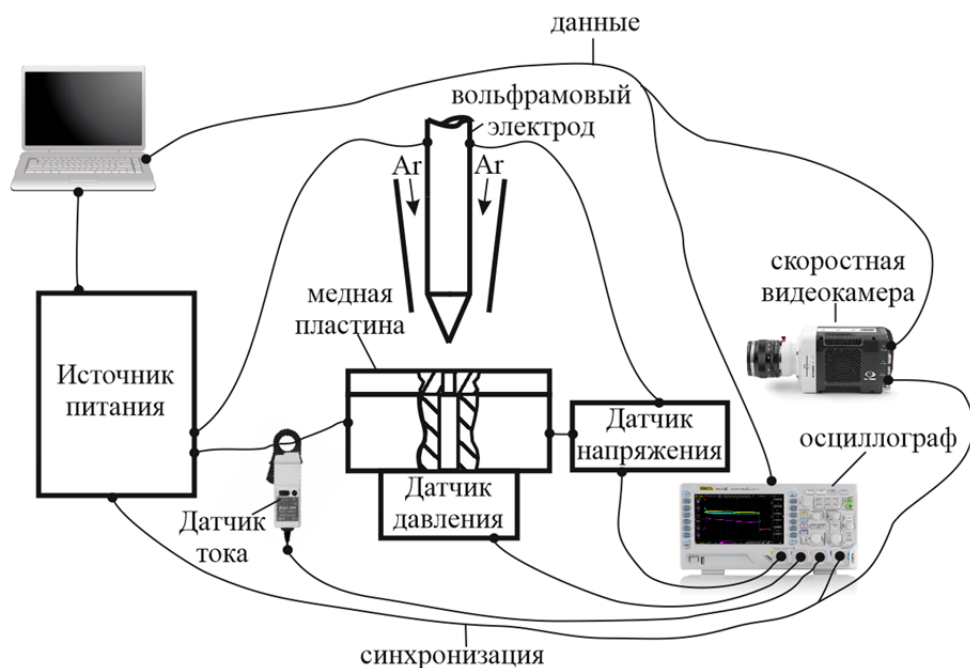


Рис. 1. Схема экспериментальной установки

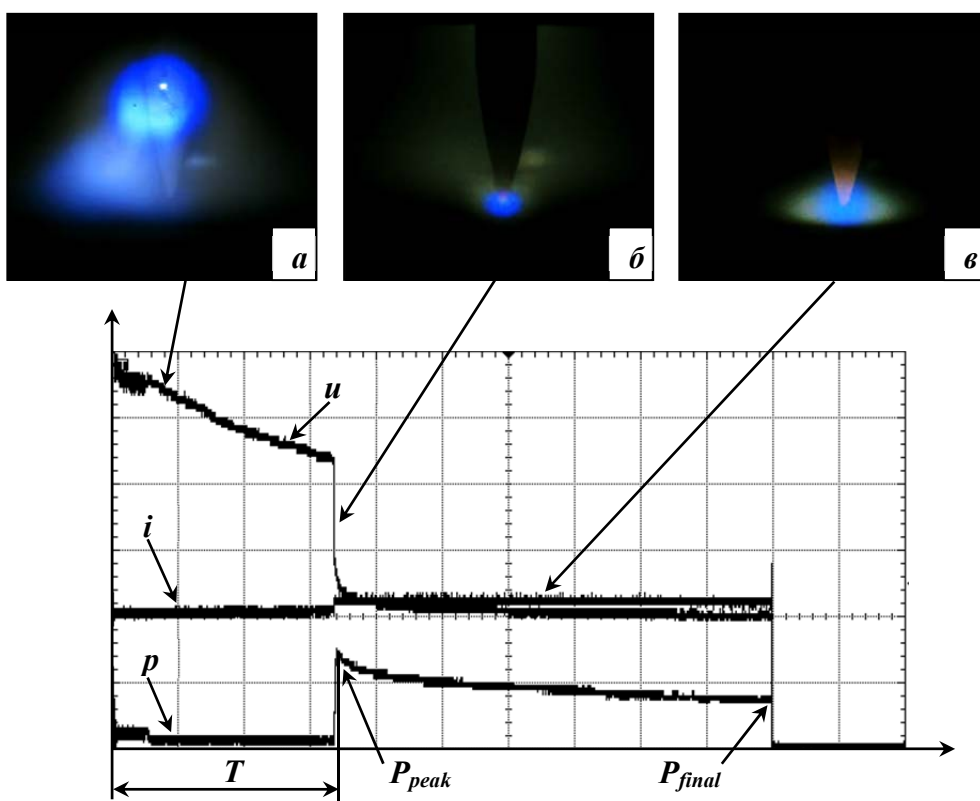


Рис. 2. Осциллограммы тока (i), напряжения дуги (u) и ее давления (p)
($\mu_i = 50$ А/дел., $\mu_u = 10$ В/дел., $\mu_p = 1$ кПа/дел., $\mu_t = 20$ мс/дел.)

Список литературы:

1. de Oliveira Araújo M. S., da Silva P. C. S., de Araújo C. J. Mechanical behavior and fatigue life of micro welded joints obtained by TIG spots in NiTi wires // Smart Materials and Structures. Institute of Physics Publishing, 2019. Vol. 28, № 12.
2. Correy T.B. et al. Radiofrequency free arc starting in gas tungsten arc welding // Weld J.

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ СТАБИЛИЗАЦИИ СВОЙСТВ ТЕХНОГЕННОГО АНГИДРИТОВОГО ВЯЖУЩЕГО ПРИ ОБЕЗВРЕЖИВАНИИ ТВЕРДОГО ОТХОДА ТЕХНОЛОГИИ ФТОРОВОДОРОДА

А.С. Рыбин¹, аспирант ООД ШБИП ТПУ,
Э.А. Пархоменко¹, студент гр. 0791 ОЯТЦ,

Э.А. Губа¹, студент гр. 0401 ОЯТЦ,

Е.В. Солодов¹, студент гр. 0401 ОЯТЦ,

В.Р. Радивилов², ученик 11-го класса школы № 6, г. Томск

¹Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30

²Томская средняя школа № 6, 634050, г. Томск, ул. Герцена, 7

тел. +7(913)-873-32-14

E-mail: sasha.rybin.1995@mail.ru

Техногенно–ангидридное вяжущее получают из твердых отходов фтороводородного производства на СХК, Россия и на УМЗ, Казахстан. Данный отход образуется в результате разложения плавикового шпата концентрированной серной кислотой [1]. Фторангидрид представляет собой механическую смесь, состоящую в основном из CaSO_4 (фторангидрита) (88.5–98.2 % объёмной доли) и H_2SO_4 (серной кислоты) (0.5–10 % объёмной доли).

На данный момент АО СХК образующийся отход фтороводородного производства нейтрализует в репульпаторе избытком NaOH и насосами через канализационную систему перекачивает образовавшуюся пульпу в реку Томь.

Так как фторангидрид в основном представляет собой безводный сульфат кальция, он обладает вяжущими свойствами, востребованными в строительной промышленности.

Сдерживающим фактором от повсеместного использования фторангидрита в качестве строительного материала, является наличие в нем избытка серной кислоты. Наличие H_2SO_4 негативно влияет на прочность получаемых строительных изделий, а также оказывает негативное влияние на здоровье человека.

Целью исследования является контроль за содержанием H_2SO_4 во фторангидриде. Точный контроль кислотности фторангидрита позволяет:

Нейтрализовать серную кислоту с минимальным избытком щелочи CaO ;

Обеспечить безопасность и экспрессность контроля кислотности фторангидрита.

В лабораторных условиях была изготовлена установка и проведены исследования по определению электрической проводимости кислого фторангидрита результаты которых представлены на рис. 1–3.

На первом этапе была выполнена эскизная компоновка элементов лабораторной установки. Схема устройства, для контроля кислотности фторангидрита представлена на рис. 1.

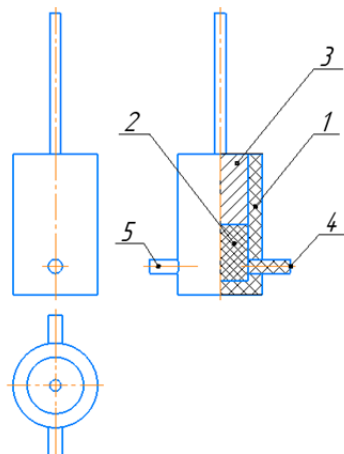


Рис. 1. Устройство контроля кислотности фторангидрита

Принцип действия основывается на электропроводности серной кислоты. В цилиндрическую ёмкость (1) запрессовывается фторангидрит (2) с помощью поршня (3). Усилие на поршень должно быть постоянным для исключения влияния электропроводности рассыпчатой среды. К графитовому стержню (4) подсоединяется источник питания, а через графит (5) снимается показание напряжения пропускаемого тока. Общий вид установки представлен на рис. 2.

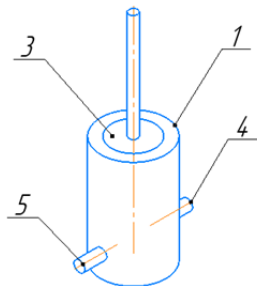


Рис. 2. Устройство контроля кислотности фторангидрита

Далее были выполнены лабораторные исследования для определения зависимости напряжения от кислотности фторангидрита (результаты проведённых опытов представлены на рис. 3).

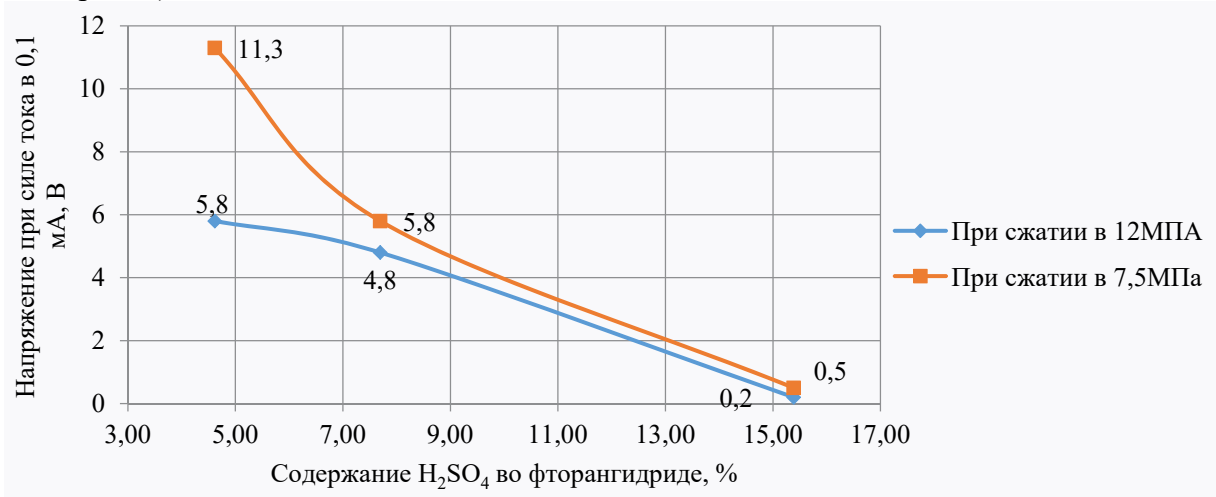


Рис. 3. Зависимость напряжения тока от кислотности фторангидрита

На основании проделанных исследований можно сделать вывод, что при увеличении содержания серной кислоты во фторангидриде электропроводность в смеси снижается. Также на показание напряжения влияет сила сжатия фторангидрита.

Список литературы:

1. Волков Д.Л., Сагитов К.В., Плеханова Т.А. Перспективы использования фторангидрита в составе строительных материалов // ускорению научно-технического прогресса в XXI веке. – 2016. – С.698–703.
2. Патент № 2546994 Российская Федерация, МПК G01N 27/02 (2006.01). Контактное устройство для определения электрического сопротивления порошкового материала при его сжатии: № 2013149589: заявл. 11.06.2013 : опубл. 10.04.2015 / А.М. Шаповалов, В.В. Мокрушин, К.В. Коршунов; заявитель ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ». – 12 с. : ил.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧИН ПЛОХОЙ ОБРАБАТЫВАЕМОСТИ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ РЕЗАНИЕМ

В.Н. Козлов, к.т.н., доц.,
Ц. Чжан, магистрант гр. 4АМ11,
Л. Шэ, магистрант гр. 4АМ11,

Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
тел. (3822) 606-389
E-mail: kozlov-viktor@bk.ru

При обработке титановых сплавов основными проблемами являются интенсивный износ режущего инструмента по задней поверхности, что вызывает увеличение силы резания, а также ухудшение качества обработки. Эти проблемы актуальны прежде всего для труднообрабатываемых титановых сплавов, которые применяются в авиа- и судостроении, химической промышленности, к которым предъявляются повышенные требования не только по удельной прочности, но и по жаропрочности и коррозионной стойкости.

Основными причинами ускоренного износа режущих инструментов являются два фактора: пониженная теплопроводность сплавов на основе титана и большие контактные нагрузки при резании [1–4].

При обработке титанового сплава ВТ3-1 было исследовано распределение температуры в режущем клине инструмента методом термочувствительных покрытий [3]. Описанный в работе состав позволяет фиксировать температуру в диапазоне от 300 °С до 1000 °С через каждые 100 °С точно измерения ± 25 °С. Увеличение длины фаски износа по задней поверхности h_3 (мм) приводит к существенному увеличению температуры у режущей кромки до 900 °С и увеличению зоны с температурой режущего клина более 500 °С (рис. 1). По горизонтальной оси отложено расстояние от режущей кромки по передней поверхности, а вертикальная ось направлена вдоль фаски износа по задней поверхности.

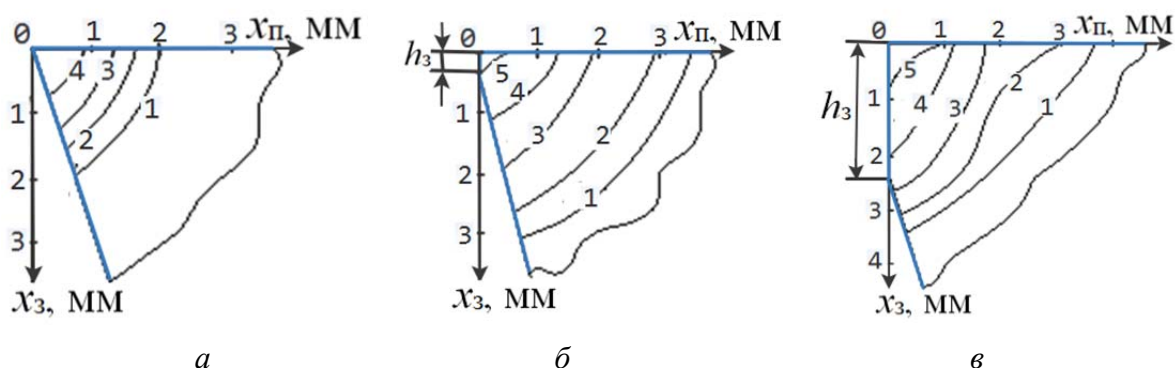


Рис. 1. Распределение температуры в режущем клине при обработке титанового сплава ВТ3-1 – ВК8, $\gamma = 0^\circ$ $\alpha = 18^\circ$, $v = 60$ м/мин, $s = 0,21$ мм/об. а – $h_3 = 0,05$ мм; б – $h_3 = 0,5$ мм; в – $h_3 = 2,5$ мм. 1 – 500 °С; 2 – 600 °С; 3 – 700 °С; 4 – 800 °С; 5 – 900 °С

Измерение средней температуры резания методом естественной термоэлектродвижущей силы при скорости резания $v = 60$ м/мин и подаче $s = 0,21$ мм/об показало, что при длине фаски износа по задней поверхности $h_3 = 0,5$ мм средняя температура резания $t_{ср} = 800$ °С, т. е. она приближается к наибольшей температуре на поверхности инструмента (900 °С).

Радиальная составляющая силы резания на передней поверхности $P_{уп}$ (рис. 2) вызывает небольшое опускание поверхности среза **am** на величину U_h вследствие упругой деформации материала заготовки в области стружкообразования и появление прогиба поверхности резания **m₁n₁**. Линия **am** – это след поверхности среза на главной секущей плоскости до упругой деформации материала заготовки под действием силы $P_{уп}$. После

формирования элемента стружки в момент его отделения от заготовки радиальная сила на передней поверхности становится равной нулю ($P_{yn}=0$), поэтому происходит упругое восстановление поверхности среза на величину U_h , что вызывает появление нормальных контактных напряжений σ_h на фаске износа по задней поверхности.

Малый модуль упругости Юнга титановых сплавов, в 2 раза меньший, чем у стали (т. е. больше «пружинистость»), вызывает увеличение упругого восстановления поверхности среза после отделения сформировавшегося элемента стружки. Это, в свою очередь, приводит к увеличению нормальных контактных напряжений на задней поверхности σ_h [3], что вызывает на ней более интенсивный износ, чем при обработке стали, и быстрое появление фаски износа на задней поверхности.

На этой фаске нормальные контактные напряжения у режущей кромки имеют очень большую величину: от $\sigma_h = 2370$ МПа при толщине среза $a = 0,11$ мм до 3400 МПа при толщине среза $a = 0,41$ мм при обработке титанового сплава ВТ3-1 со скоростью резания $v = 60$ м/мин. Это вызывает интенсивный износ в начальной стадии развития износа.

При отдалении от режущей кромки более 0,2...0,5 мм нормальные контактные напряжения резко уменьшаются до $\sigma_h = 570...780$ МПа. Такая особенность изменения контактных напряжений объясняет очень интенсивный износ режущих инструментов по задней поверхности в начале обработки титановых сплавов, но сохранение его работоспособности даже при большой длине фаски износа по задней поверхности h_z до 5 мм.

Касательные контактные напряжения на фаске задней поверхности τ_h у режущей кромки имеют достаточно большую величину ($\tau_h = 420...810$ МПа в зависимости от толщины среза от 0,11 до 0,41 мм), но при отдалении от режущей кромки более 0,5 мм уменьшаются до 150...220 МПа. Это объясняется нами уменьшением предела прочности на сдвиг титанового сплава ВТ3-1 из-за большой температуры приконтактного слоя. Разупрочнение материалов при быстром нагреве, характерном для резания с высокой скоростью, происходит с некоторым запозданием, что и объясняет большую величину контактных напряжений на фаске задней поверхности у режущей кромки.

Список литературы:

1. Справочное руководство ISCAR. Обработка титана. Электронный ресурс: https://www.iscar.ru/Catalogs/publication-2019/machining_titanium_rus_metric.pdf.
2. Che-Haron, C.H. Tool life and surface integrity in turning titanium alloy. Journal of Materials Processing Technology, 118 (1-3) (2001) 231–237.
3. Kozlov V.N, Gerasimov A.B, Kim A.B. Distribution of contact loads over the flank-land of the cutter with a rounded cutting edge (IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2016, vol. 124) [012173].
4. Полетика М.Ф., Афонасов А.И. Контактные условия на задней грани инструмента при элементном стружкообразовании. Сб. статей «Прогрессивные технологические процессы»

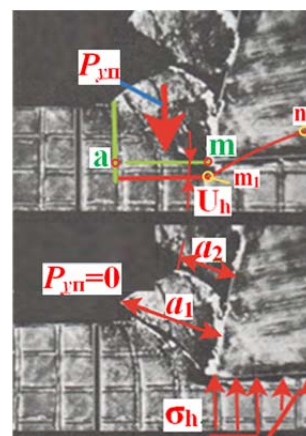


Рис. 2. Упругое восстановление поверхности резания m_1

УСТРОЙСТВО ДЛЯ КОМПЕНСАЦИИ ПАРАЗИТНОЙ ЭДС В ХОЛОДНОМ СПАЕ ЦЕПИ ЕСТЕСТВЕННОЙ ТЕРМОПАРЫ ИНСТРУМЕНТ-ДЕТАЛЬ

*И.А. Ефимович, к.т.н., доц.,
И.С. Золотухин, старший преподаватель
Тюменский индустриальный университет,
625000, г. Тюмень, ул. Володарского, 38
тел. (3452)-539-250
E-mail: zolotuhinis@tyuiu.ru*

Естественная термопара «инструмент-деталь» получила широкое распространение в качестве метода измерения температуры резания. Ее удобно использовать в адаптивных системах управления станками в качестве датчика температуры. Однако, в цепи термопары есть несколько источников паразитной термо-ЭДС. Основную погрешность из-за высокой температуры нагрева, обусловленной близостью к зоне резания, вносит холодный спай, образованный контактом режущей пластины и отводящего провода.

Существующие методы компенсации влияния этого спае имеют недостатки: изготовление длинных [3, 4] или составных стержней [2] из инструментальных твердых сплавов крайне затруднительно; охлаждение спае потоком жидкости или газа [3] не дает высокой стабильности температуры; компенсационные провода [5] не обеспечивают работу в широком температурном диапазоне; минимизация времени теплового контакта элементов цепи [1] требует применения привода; для учета доли ЭДС спае в общей ЭДС цепи путем измерения его температуры [4] необходимо предварительно получить соответствующую тарировочную зависимость. С целью преодоления недостатков известных решений разработано новое устройство (рис. 1 и 2).

Устройство устанавливается на державке резца (1) и закрепляется штатными винтами резцедержки. Промежуточный элемент (2), контактирует заостренным концом с режущей пластиной (3) и выполнен из одинакового с ней материала. Охлаждение элемента осуществляется термоэлектрическим модулем Пельтье (4). Радиатором для горячей стороны модуля служит корпус (5) устройства. Ток термоэлемента регулирует система управления (6) на основе микроконтроллера по сигналу от термистора (7). Подъем устройства для смены режущей пластины осуществляется винтом (8), а поджим к режущей пластине пружиной (9). Для облегчения базирования устройства относительно режущей пластины (в горизонтальной плоскости) удлиннитель (10) сделан с возможностью изгиба.

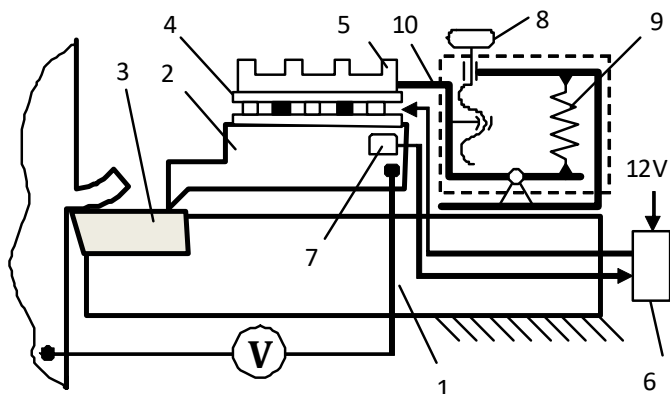


Рис. 1. Принципиальная схема устройства

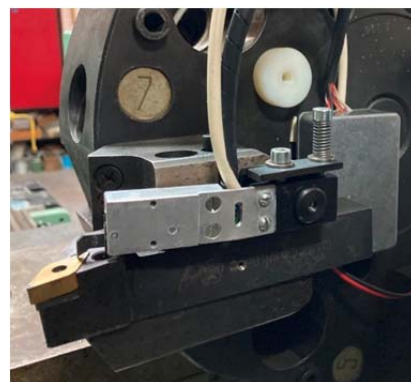


Рис. 2. Внешний вид устройства

Для проверки работоспособности устройства использована экспериментальная установка (рис. 3 и 4). Нагрев режущей пластины (1) осуществлялся резистивным электрическим нагревателем (2), температура которого стабилизировалась блоком управления (3). Для обеспечения непрерывного теплового контакта, резец с закрепленным сверху устройством (4) установлены с возможностью перемещения на наклонной поверхности (5). Тем-

температура T_1 зоны контакта режущей пластины с промежуточным элементом и температура T_2 зоны контакта промежуточного элемента с отводящим проводом измерялись термопарами типа ТХА. Измерительная цепь включала блок усилителей (6), аналого-цифровой преобразователь (7) и компьютер (8).

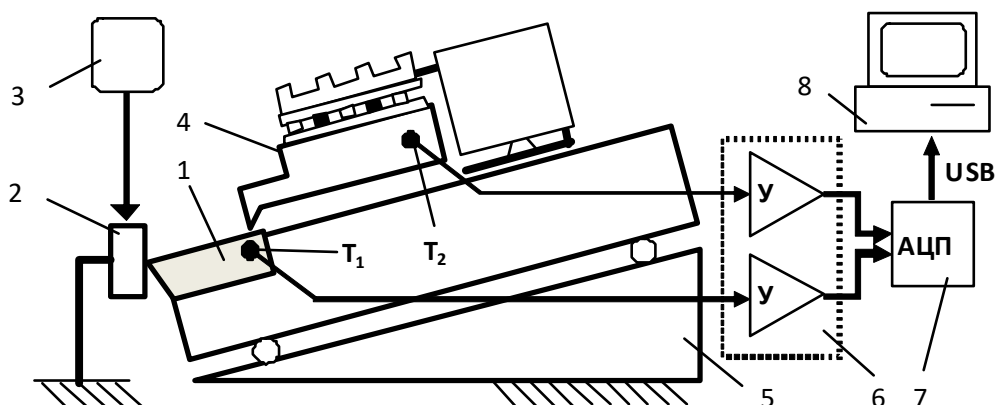


Рис. 3. Принципиальная схема экспериментальной установки

Было проведено два эксперимента (рис. 5): при выключенной (T_2) и включенной (T_2) термостабилизации. Нагреватель предварительно прогревался до $450\text{ }^\circ\text{C}$, после чего подводился резец. Результаты эксперимента свидетельствуют о работоспособности устройства, температура зоны холодного спая остается неизменной ($T_2' = 25\text{ }^\circ\text{C}$).



Рис. 4. Внешний вид установки

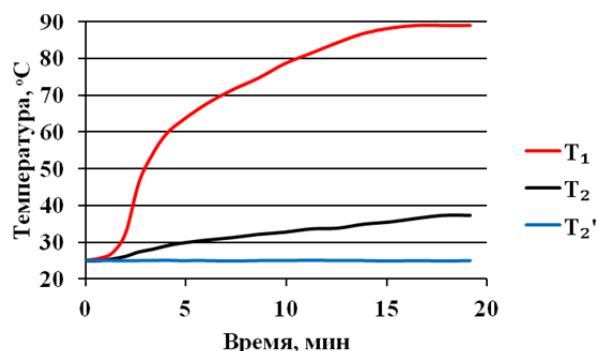


Рис. 5. Результаты эксперимента

Разработанное устройство может быть использовано для повышения точности измерения температуры методом естественной термопары «инструмент-деталь» при экспериментальных исследованиях процесса резания, а также в адаптивных системах управления режимом обработки на станках с ЧПУ.

Список литературы:

1. А.с. СССР 1212702, МКИ В23В 25/06. Устройство для измерения температуры резания / А.А. Аксенко (СССР). № 3746896/25-08; Заявл. 31.05.84; Опубл. 23.02.86, Бюл. № 7.
2. А.с. СССР 549269, МКИ В23В 25/06. Устройство для измерения температуры резания методом естественной термопары / Е.В. Дудкин, А.Л. Плотников (СССР). № 2328450/08; Заявл. 17.02.76; Опубл. 05.03.77, Бюл. № 9.
3. Резников А. Н., Резников Л.А. Тепловые процессы в технологических системах: учебник для вузов. – М.: Машиностроение, 1990. – 288 с.
4. Komanduri R.A., Hou Z.B. Review of the experimental techniques for the measurement of heat and temperatures generated in some manufacturing processes and tribology // Tribology International. – 2001. – Vol. 34. – P. 653–682. – DOI: 10.1016/S0301-679X(01)00068-8.
5. Stephenson D.A. Tool-work thermocouple temperature measurements – theory and implementation issues // Journal of Engineering for Industry. – 1993. – Vol.115. – P. 432–437. – DOI: 10.1115/1.2901786.

СИНТЕЗ КОНТУРА ОГРАНИЧЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ УСИЛИЙ НА ЭЛЕКТРОД ПРИ ЕГО УПОРЕ В ШИХТУ

Э.С. Астапенко, к.т.н., с.н.с.,

Р.Н. Кахиев, к.т.н.

Томский государственный архитектурно-строительный университет,

634003, г. Томск, пл. Соляная, 2

тел. (3822) 652-237

E-mail: edik.astap@yandex.ru

Производство стали в дуговых сталеплавильных печах (ДСП) неуклонно растет. По состоянию на 2021 год оно составляет 28 %. Основное управление процессом выплавки стали осуществляется посредством перемещения электродов с помощью регулятора мощности дуги (РМД). Кроме основной задачи поддержания заданной длины дугового промежутка РМД должен обеспечивать автоматическое зажигание электрической дуги при пуске печи в ход после завалки или промежуточной подвалки шихты.

Большая часть применяемых РМД работает по дифференциальному принципу, когда сигнал рассогласования U_{Δ} для управления приводом перемещения электродов формируется по разности сигналов, пропорциональных напряжению фазы U_{ϕ} и силе тока дуги $I_{\text{д}}$.

При пуске печи происходит перемещение электродов и при касании с шихтой загораются электрические дуги, далее привод устанавливает положение электрода над шихтой. Так происходит автоматический пуск в ход дуговой печи при ее загрузке шихтой хорошего качества.

Часто в состав шихты кроме металлического лома входят литейные отходы, которые зачастую покрыты шлаком и являются токонепроводящими. Соприкосновение электрода с такой шихтой не создает электрического контакта, при этом привод не останавливается. Электрод упирается в такую шихту, усилие на нем возрастает, что может привести к поломке. При упоре электрода в шихту наиболее опасными являются изгибающие усилия, так как предел прочности на изгиб графитированных электродов примерно в 2,5 раз меньше предела прочности на сжатие [1]. Изгибающее усилие возникает при упоре вертикально закрепленного электрода в шихту, поверхность которой наклонена к горизонту под некоторым углом.

В качестве электропривода, как правило, используется двигатель постоянного тока независимого возбуждения. Частота вращения электродвигателя регулируется изменением напряжения питания якорной цепи с помощью реверсивного тиристорного преобразователя. Такие системы электропривода имеют хорошие регулировочные свойства и широко распространены.

Исследования показали, что при углах наклона шихты в пределах 20° величина действующего на электрод осевого усилия составляет более 1000 Н. В реальных условиях работы ДСП величину усилия в таких пределах можно проконтролировать по увеличению момента нагрузки на электродвигатель перемещения электрода при упоре электрода в шихту. Увеличение момента нагрузки можно контролировать по току якоря, что справедливо для двигателя постоянного тока независимого возбуждения. При пуске печи в ход электродвигатель перемещает электрод вниз с небольшим током якоря в силу неполной уравновешенности масс электрода, электрододержателя и стойки. Увеличение тока якоря двигателя выше величины статического тока опускания с большой вероятностью свидетельствует об упоре электрода в шихту.

Для решения задачи зажигания дуги в автоматическом режиме и защиты электродов от поломок предлагается строить регулятор мощности дуги по структурной схеме, представленной на рис. 1, которая кроме основного контура с необходимыми для работы ДСП элементами регулятора мощности дуги, содержит дополнительный контур ограничения механических усилий на электрод (обведен пунктиром).

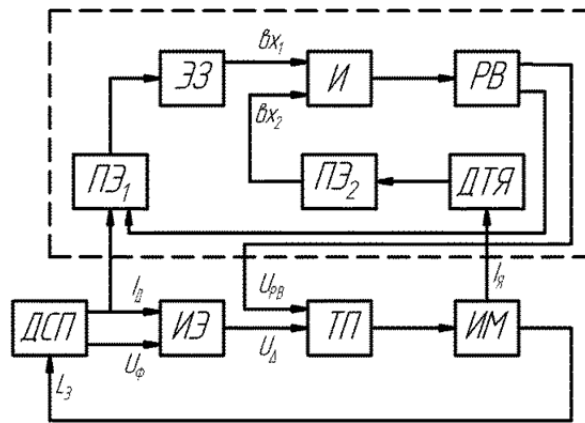


Рис. 1. Структурная схема РМД дуговой электродпечи с контуром ограничения механических усилий на электрод

В основном контуре сигналы напряжения фазы печи U_ϕ и тока дуги I_d с ДСП подаются на измерительный элемент ИЭ, сигнал рассогласования U_Δ с выхода которого поступает на вход усилителя тиристорного преобразователя ТП. Преобразователь питает якорь электродвигателя в исполнительном механизме ИМ, который устанавливает такое положение электрода L_3 , при котором обеспечивается заданная величина вводимой в печь электрической мощности. Дополнительный контур ограничивает на допустимом уровне величину действующего на электрод со стороны привода усилия, а повторение контролируемых упоров электрода до разрушения изолирующего слоя обеспечивает быстрое зажигание дуги. При отсутствии тока дуги I_d при пуске печи в ход с выхода порогового элемента ПЭ₁ с помощью элемента временной задержки ЭЗ времени подается сигнал $U_{вх1}$ на первый вход схемы совпадения И. За время временной задержки электродвигатель должен разогнаться до установившейся частоты вращения, переходный процесс тока якоря I_Δ закончиться, а величина тока снизиться от пускового до статического тока при опускании электрода.

Электропривод исполнительного механизма ИМ перемещает электрод вниз под действием сигнала по напряжению фазы U_ϕ с выхода измерительного элемента ИЭ. В момент упора в шихту (без зажигания дуги), электродвигатель продолжает перемещать электрод вниз и усилие, воздействующее на электрод, возрастает. Ток якоря двигателя, измеряемый датчиком тока якоря ДТЯ превышает уставку $I_{уст}$ порогового элемента ПЭ₂, и на втором входе схемы совпадения И появляется сигнал $U_{вх2}$. Схема И срабатывает и запускает реле времени РВ, которое, воздействуя на вход тиристорного преобразователя ТП, реверсирует привод перемещения.

За время срабатывания РВ электрод поднимается над шихтой на некоторую высоту и после ее отключения схема возвращается в исходное состояние, и электрод вновь опускается до соприкосновения с шихтой и упора в нее. Процесс упора электрода с контролируемым усилием повторяется до разрушения изолирующего слоя и возникновения дуги.

При создании контура ограничения механических усилий необходимо определить следующие основные параметры: величину установки порогового элемента ПЭ₂ [2]; время задержки элемента ЭЗ; время срабатывания РВ.

Испытания созданного по предложенной структурной схеме контура ограничения механических усилий на электрод на дуговой сталеплавильной печи ДСП-3,5 емкостью 3,5 тонны с реечной передачей, подвижной стойкой и двигателем постоянного тока независимого возбуждения в исполнительном механизме, показали, что электрод эффективно защищен от поломок при упоре в токонепроводящую шихту.

Список литературы:

1. Маслов Д.В. Разработка алгоритмов и систем управления дуговыми сталеплавильными печами, снижающими поломки электродов. Автореферат диссертации. М., 2014. – 20 с.
2. Сапко, А.И. Исполнительные механизмы регуляторов мощности дуговых электродпечей /А.И. Сапко 3-е изд., перераб. – М.: Энергия, 1980. – 128 с.

НАУЧНО-ПАТЕНТНЫЙ ПОДХОД КАК СПОСОБ РЕШЕНИЯ АКТУАЛЬНЫХ ЗАДАЧ В ОБЛАСТИ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Р.И. Юсупов, аспирант гр.А0-21,

В.А. Клименов, д.т.н., профессор, научный руководитель

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

тел. (3822) 444-555

E-mail: yusupov7@tpu.ru

В современном мире получило широкое распространение аддитивные технологии, которые способны печатать не только изделия для индустрии развлечения, но и для медицины, ракетостроительной, машиностроительной, автомобильной и других наукоемких областей науки и техники [1]. Проблемы внедрения технологий 3D-печати [2] обусловлено высокими затратами на источники питания, получения дешевых высокоточных изделий, а так же мало опыта по замене старых и типовых технологических процессов новыми современными достижениями науки и техники. Стоит отметить, что научно-патентный поиск, включающий в себя научные статьи, патенты и перспективные разработки, помогает глубоко проанализировать существующие проблемы и способы их решения [3].

При исследовании достижений в электронно-лучевом аддитивной производстве (ЭЛАП, от англ. «Wire-feed electron-beam additive manufacturing» ЕВАМ) за последние 10 лет [4], было замечено, что специалисты в области машиностроения и металлургии рассматривали изменение количество зон нагрева [5] для уменьшения эффекта горячего растрескивания металла или сплава путем добавление вторичных зон нагрева за счет использования шаблона для энергетического луча.

Другое изобретение [6] показывает, что при печати можно использовать несколько материалов сразу, причем собраны они в нескольких блоках.

При обзоре патентных изысканий стоит отметить еще один способ электронно-лучевой наплавки с вертикальной подачей присадочной проволоки [7]. В этом изобретении используется по меньшей мере два источника луча, две проволоки. Происходит постоянный контроль положения подачи проволоки. Такой способ способствует улучшению равномерного распределения тепла в зоне обработки и возможности стабильного распределения вводимого тепла между наплавляемой поверхностью и присадочной проволокой при электронно-лучевой наплавки материала.

Собственный разработки Томского политехнического университета в области ЭЛАП позволили разработать программу ЭВМ для управления всем процессом обработки [8]. В частности, программа управляет подачей вакуума в камеру, зажигания луча, подачей проволоки, а также управление перемещением манипуляторного стола.



Рис. 1. Поиск патентов по электронно-лучевому аддитивному производству

Так же был проведен патентный поиск в системах Scopus и ФИПС (рис. 1). Ключевыми словами для поиска были «аддитивные технологии», «электронно-лучевое сплавление» и «ЕВАМ». При изучении материала, полученного в ходе исследования запросов

поисковых систем, можно выявить сказать, что до 2017 года количество патентов сравнительно низкое. Патенты были получены на некоторые материала, способы сплавления, а также к получению изделий, например, лопаток турбин. После 2017 года происходит заметный скачек зарегистрированных патентов. Патентные ведомства США, Европы, Китая и Японии начинают регистрировать права на результат интеллектуальной собственности на способы получения изделий, различных технологий получения сложных конструкций [9] в больших количествах. Также происходит внедрение компьютерных технологий таких как машинное обучение и машинное зрение, с помощью можно получать изделия высокой точности, меньшего затрата времени подготовку и производства изделий.

Из рисунка 1 видно, что за тот же период регистрации патентов в России заметно меньше, это связано с тем, что количество ключевых игроков заметно меньше, чем в США, как описывает в статье Aversa и другие.

Сегодня Россию никак нельзя назвать лидером в этой сфере. Доля России составляет всего 2 %, страна находится на 11 месте в мире по производству и внедрению аддитивных технологий, однако рынок 3D-печати в России за последние 8 лет вырос в 10 раз, совокупные продажи оборудования, материалов и услуг в области аддитивного производства, включая НИОКР. По состоянию на конец 2019 года для аддитивных технологий Росстандарт утвердил 12 ГОСТов, ввел в действие 10 ГОСТов из 39 планируемых. С недавних пор объединением и координацией российских компаний аддитивной отрасли занялась госкорпорация «Росатом». Также, в развитии аддитивных технологий принимают участие Ростех, Роскосмос, ФГУП «ВИАМ» и другие крупные компании и организации.

В связи с тем, что современные технологии стремятся автоматизировать процессы, то и дальнейшие исследования будут направлены на совершенствование процесса получения изделий методом ЭЛАП. Отмеченные исследования выше позволяют сделать гипотезы о том, что есть необходимость исследовать способы получения изделий из разных материалов, способов сплавления, изменения или совершенствования технологии нагрева либо использования других технологий, таких как машинное зрение и машинное обучение для получения высокоточных изделий.

Список литературы:

1. T. Debroy, T. Mukherjee, Metallurgy, mechanistic models and machine learning in metal printing. // Nature Reviews Materials 6(1). – 2020. DOI:10.1038/s41578-020-00236-1.
2. Аддитивные технологии в машиностроении: пособие для инженеров / М.А. Зленко, М.В. Нагайцев, В.М. Довбыш. – М.: ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ», 2015. – 220 с.
3. A.B.Varkov, M.S.Slobodyan, «Metallurgical patterns of the impact of higt-current pulsed electron beam on metal targets»/ 8th International congress on Energy Fluxes and Radiation Effects : Abstracts. – Tomsk: TPU Publishing House, 2022. – 582 p.
4. A.Aversa, A.Saboori, G.Marchese, et. ec, «Recent Progress in Beam-Based Metal Additive Manufacturing from a Materials Perspective: A Review of Patents» / Journal of Materials Engineering and Perfomance, Volume 30(12), December 2021 – 8689.
5. Патент US 11,141,809 B2 «Electron Beam additive manufacturing» / N.D.Nelson (US); C.B.Carlsten (US); M.J.Pistorino(US) / 2016 г.
6. Патент China CN 108372355B «Electron beam fuse wire additive manufacturing device and method for realizing preparation of gradient material» / 2016 г.
7. Патент RU 2753069 C1 «способ электронно-лучевой наплавки с вертикальной подачей присадочной проволоки» / Трушников Д.Н., Варушкин С.В. / 2020 г.
8. Свидетельство регистрации ЭВМ № 2021614248. «Управление установкой электронно-лучевого сплавления порошков» / Юсупов Р.И., Клименов В.А. и др. / 2021 г.
9. Патент US11484757. DeMille, Brandon D.; Watson, William C.; Stubben, et. «Support structures for golf club heads and methods of manufacturing improved support.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВНЕШНЕЙ НАГРУЗКИ ДЛЯ РАСЧЁТА НА ПРОЧНОСТЬ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

В.Н. Козлов, к.т.н., доц.,
Ц. Дин, магистрант гр. 4АМ21,
Х. Чжан, магистрант гр. 4АМ21,
Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
тел. (3822) 606-389
E-mail: kozlov-viktor@bk.ru

При обработке стали происходит износ режущих инструментов, что приводит к появлению округления режущей кромки радиусом ρ , лунки на передней поверхности шириной b_n и фаски на задней поверхности длиной h_3 (рис. 1). Наиболее опасным является износ по задней поверхности, т. к. при этом существенно увеличиваются составляющие силы резания P_{yh} , P_{xh} и P_{zh} на этой фаске, что приводит к выкрашиванию и даже сколу режущей пластины.

При черновой обработке важно определить наибольшую допустимую длину фаски износа по задней поверхности $h_{3п}$, чтобы не допустить скола режущей пластины.

Исследование изменения общих технологических составляющих P_y , P_x и P_z силы резания от величины подачи s и длины искусственной фаски износа h_3 позволило выявить уменьшение удельных сил резания при увеличении подачи (рис. 2). Искусственная фаска затачивалась по задней поверхности с задним углом $\alpha_{\phi} = \alpha_h = 0^\circ$ (рис. 1) для того, чтобы её угол соответствовал реальному износу, но был при этом постоянен.

Результирующая P_{xy} технологических составляющих сил P_y и P_x , действующих в основной плоскости, рассчитывается по формуле $P_{xy} = \sqrt{P_x^2 + P_y^2}$.

Удельные силы резания рассчитываются как отношение силы P_z или P_{xy} к площади поперечного сечения срезаемого слоя: $q_{Pz} = P_z / (s \cdot t)$ [МПа]; $q_{Pxy} = P_{xy} / (s \cdot t)$ [МПа]. Графики изменения удельных сил резания позволяют рассчитать технологические составляющие $P_z = q_{Pz} \cdot s \cdot t$ [Н] и $P_{xy} = q_{Pxy} \cdot s \cdot t$ [Н] для любой величины подачи при обработке стали 40Х, при обработке которой были получены экспериментальные данные при указанной величине длины искусственной фаски износа по задней поверхности h_3 .

С увеличением длины фаски износа h_3 по задней поверхности удельные силы резания существенно увеличиваются, при этом q_{Pxy} увеличивается интенсивнее, чем q_{Pz} . (см. рис. 2 б, в).

Графики на рис. 2, а, полученные при отсутствии износа по задней поверхности ($h_3 = 0$ мм), позволяют рассчитать технологические составляющие силы резания на передней поверхности P_{zn} и P_{xyn} , по которым рассчитываются нормальная N и касательная F физические составляющие силы резания на **передней** поверхности с учётом величины переднего угла γ . При положительном переднем угле γ :

$$N = N_{Pzn} - N_{Pxyn} = P_{zn} \cdot \cos\gamma - P_{xyn} \cdot \sin\gamma; \quad (1)$$

$$F = F_{Pxyn} + F_{Pzn} = P_{xyn} \cdot \cos\gamma + P_{zn} \cdot \sin\gamma. \quad (2)$$

Отрицательный знак перед второй составляющей уравнения N связан с тем, что составляющая N_{Pxyn} направлена от передней поверхности инструмента вверх при положительном переднем угле γ .

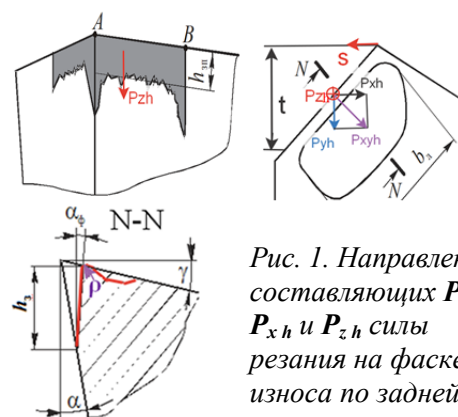


Рис. 1. Направление составляющих P_{yh} , P_{xh} и P_{zh} силы резания на фаске износа по задней поверхности

Эти физические составляющие затем используются для построения эпюр нормальных σ и касательных τ контактных напряжений (МПа) на передней поверхности с учётом закономерностей распределения контактных напряжений, полученных методом разрезного резца, и выявленных основных параметров эпюр [1]. Эти эпюры прикладываются как внешняя нагрузка на передней поверхности инструмента к 3D модели режущего инструмента для его расчёта на прочность методом конечных элементов [1].

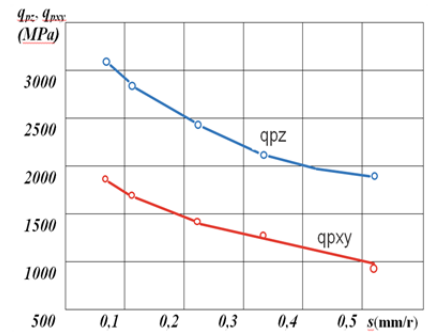
Разница между удельной силой резания при длине фаски $h_3 > 0$ мм и при $h_3 = 0$ мм есть удельная сила резания на фаске задней поверхности. При этом $q_{Pz h} = q_{Pz h > 0} - q_{Pz h = 0}$ есть удельная сила трения на фаске q_{Fh} ($q_{Fh} \equiv q_{Pz h}$), а $q_{Pxy h}$ есть удельная нормальная сила (среднее давление) на фаске q_{Nh} ($q_{Nh} \equiv q_{Pxy h}$). По этим удельным силам можно определить нормальную N_h и касательную F_h силы на искусственной фаске износа по задней поверхности при соответствующей длине фаски h_3 .

Однако для расчёта на прочность желательно знать не среднюю силу, а распределение нормального σ_h и касательного τ_h контактных напряжений на фаске износа по задней поверхности.

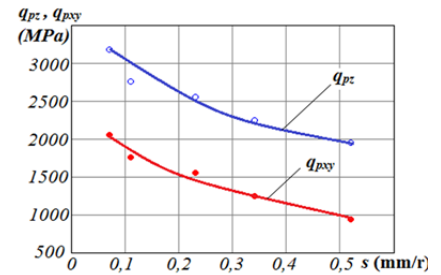
Исследования распределения контактных напряжений на фаске износа по задней поверхности показали, что при обработке стали они увеличиваются при отдалении от режущей кромки, что объясняется упругим восстановлением поверхности резания (поверхности среза) и давлением на фаску [1, 2].

Для исследования распределения контактных напряжений на фаске задней поверхности использовался резец с режущей пластиной T15K6 с главным углом в плане $\phi = 45^\circ$, вспомогательным углом в плане $\phi_1 = 45^\circ$, радиусом при вершине $r = 0,1$ мм, главным передним углом $\gamma = +7^\circ$, главным задним углом $\alpha = 12^\circ$, углом наклона главной режущей кромки $\lambda = 0^\circ$. На задней поверхности затачивалась искусственная фаска с различной длиной h_3 с постоянным задним углом $\alpha_h = 0^\circ$, моделирующая износ по задней поверхности. Длина этой фаски при её первоначальной заточке составляла $h_3 = 0,95$ мм. Переточка резца по задней поверхности позволяла уменьшать длину фаски задней поверхности h_3 без изменения заднего угла на фаске $\alpha_h = 0^\circ$.

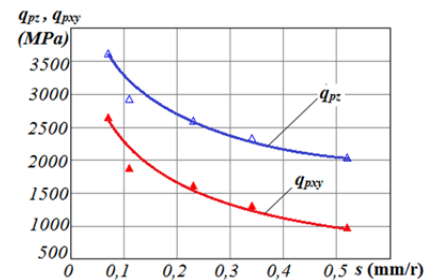
Технологические тангенциальная P_z , радиальная P_y и осевая P_x составляющие силы резания измерялись с помощью токарного динамометра Kistler (Швеция).



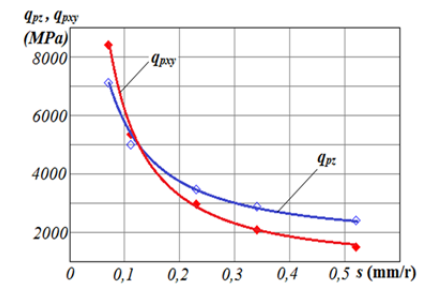
а) $h_{3п} = 0$ мм



б) $h_{3п} = 0,13$ мм



в) $h_{3п} = 0,29$ мм



г) $h_{3п} = 0,95$ мм

Рис. 2. Влияние подачи s (мм/об) на удельные силы резания q_{Pz} и q_{Pxy} (МПа) при обработке стали 40X с разной длиной искусственной фаски износа на задней поверхности $h_{3п}$. Сталь 40X – T15K6; $t = 2$ мм; $v = 120$ м/мин, округление режущей кромки $\rho \approx 5$ мкм

При длине фаски $h_3 > 0$ мм принималось, что приращение технологических составляющих силы резания связано только с изменением сил на искусственной фаске износа по задней поверхности. Отношения изменения технологических составляющих сил резания P_z [Н] и $P_{xy} = (P_x^2 + P_y^2)^{1/2}$ [Н] к изменению площади фаски $\Delta S = \Delta h_3 \cdot b$ [мм²] принималось соответственно как удельная касательная q_{Fh} и нормальная q_{Nh} контактные нагрузки на этом участке фаски длиной Δh_3 [мм] и шириной b [мм]:

$$q_{Fh} = \Delta P_z / \Delta S = \Delta F_h / (\Delta h_3 \cdot b) \text{ [Н/мм}^2\text{]},$$

$$q_{Nh} = \Delta P_{xy} / \Delta S = \Delta N_h / (\Delta h_3 \cdot b) \text{ [Н/мм}^2\text{]}.$$

Ширина контакта фаски задней поверхности с поверхностью резания b рассчитывалась по известной формуле $b = t / \sin \varphi$ [мм], где t – глубина резания [мм].

После построения гистограмм удельных контактных нагрузок на фаске задней поверхности $q_{Nhi} = f(x_{hi})$ [МПа] строился график распределения нормального контактного напряжения σ_{hi} [МПа] на всей протяжённости этой фаски с учётом, что при $\Delta h_3 \rightarrow 0$ [мм] $\sigma_{hi} \approx q_{Nhi}$ [МПа]. При этом учитывалась размерность единиц измерения: 1 [МПа] = 1 [Н/мм²]. Аналогично рассчитывалось касательное контактное напряжение на каждом x_{hi} участке фаски, т.е. $\tau_{hi} \approx q_{Fhi}$ [МПа] при $\Delta h_3 \rightarrow 0$ [мм].

Анализ эпюр контактных напряжений на фаске по задней поверхности показал, что они незначительно зависят от подачи, что позволяет использовать графики их усреднённых величин σ_{hm} и τ_{hm} [МПа] (рис. 3).

Список литературы:

1. Чэнь Юэчжоу. Расчёт эпюр контактных напряжений при обработке стали / Чэнь Юэчжоу, Чжан Цзяюй, В.Н. Козлов; науч. рук. В.Н. Козлов // Научная инициатива иностранных студентов и аспирантов российских вузов сборник докладов X Всероссийской научно-практической конференции, Томск, 22–24 апреля 2020 г.: / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). – Томск : Изд-во ТПУ, 2020. – С. 243–250.
2. Методика измерения контактных напряжений на поверхностях резца / В. Н. Козлов [и др.]; науч. рук. В. Н. Козлов // Молодежь и современные информационные технологии сборник трудов XIV Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, г. Томск, 7–11 ноября 2016 г.: в 2 т.: / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ), Институт кибернетики (ИК); под ред. В. С. Аврамчук [и др.]. – Томск : Изд-во ТПУ, 2016. – Т. 2. – С. 350–352.

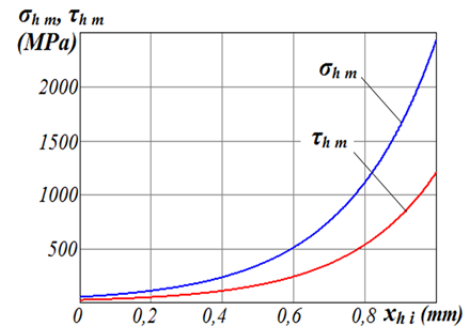


Рис. 3. Распределение средних контактных напряжений на фаске задней поверхности [МПа] при установившемся резании. Сталь 40Х-Т15К6, $t = 2$ мм, $v = 120$ м/мин. Ордината – средние нормальное σ_{hm} [МПа] и касательное τ_{hm} [МПа] контактные напряжения на фаске задней поверхности; абсцисса – расстояние от режущей кромки вдоль длины фаски износа по задней поверхности перпендикулярно главной режущей кромки x_{hi} [мм]

ПОСТРОЕНИЕ ЭПЮР КОНТАКТНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ НА ПЕРЕДНЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ИНСТРУМЕНТА ПРИ ОБРАБОТКЕ СТАЛИ

В.Н. Козлов, к.т.н., доц.,
Х. Чжан, магистрант гр. 4АМ21,
Е.Н. Петровский, ст. преп.

Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
тел. (3822) 606-389

E-mail: kozlov-viktor@bk.ru

Для расчёта прочности режущих инструментов необходимо знать распределение контактных напряжений на передней поверхности и на фаске задней поверхности. Наиболее достоверный метод для исследования контактных явлений является метод разрезного (составного) резца [1, 2]. Наиболее просто выполнять эксперименты при обточке периферии диска шириной b с радиальной подачей s (мм/об) (рис. 2) динамометра с разрезным резцом (рис. 3).

Экспериментально были получены гистограммы удельных контактных нагрузок на передней поверхности резца, по которым были построены эпюры контактных напряжений (рис. 4).

При обработке результатов экспериментов было выявлено, что распределение касательных контактных напряжений можно несколько упростить, принимая, что на первом её участке от режущей кромки до половины длины контакта стружки с передней поверхностью резца имеется равномерное распределение, независимо от обрабатываемого материала. Это подтверждается результатами экспериментов и другими исследователями [1–4].

При дальнейшем отдалении от режущей кромки у эпюры τ можно принять участок с прямо пропорциональным уменьшением до нуля (см. рис. 4).

Такая простая форма эпюры касательных контактных напряжений позволяет рассчитать касательные контактные напряжения τ_{const} на этом первом участке по уравнению:

$$\tau_{const} = F / (0,75 \cdot c \cdot b) \text{ (МПа)},$$

где F – касательная сила (Н); c – длина контакта стружки с передней поверхностью резца (мм); b – ширина контакта стружки с передней поверхностью резца (мм).

Форма эпюры нормальных контактных напряжений σ значительно сложнее, поэтому предложено построить её относительно эпюры касательные контактные напряжения τ , а для это предложено использовать закономерности изменения условного коэффициента трения стружки по передней поверхности $\mu_i = \tau_i / \sigma_i$

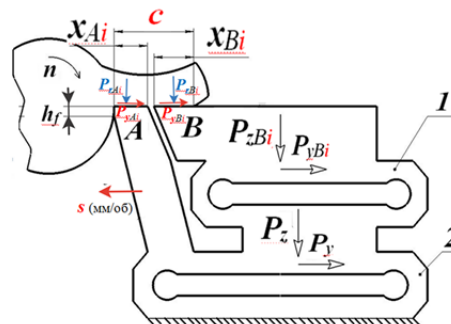


Рис. 1. Положение пластин А и В разрезного резца, закреплённых на упругих измерительных элементах 1 и 2 специального токарного динамометра конструкции В.А. Красильникова [1]

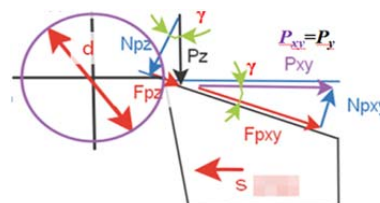


Рис. 2. Обточка периферии диска шириной b с радиальной подачей s (мм/об)

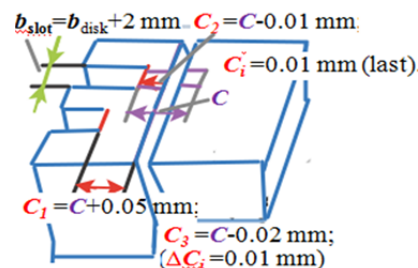


Рис. 3. Секции разрезного резца

Результаты экспериментов исследователей [1, 2, 3] показали, что закономерности изменения μ_i мало зависят от переднего угла и толщины среза $a = s \cdot \sin\phi$, где ϕ – главный угол в плане ($^\circ$). При анализе результатов экспериментов часто используется относительная длина контакта стружки $\psi_i = x_i/c$, где x_i – расстояние точки от режущей кромки инструмента (безразмерная величина). Это позволяет на поле графика располагать графики с различной длиной контакта стружки, т. е. и полученные при различной величине толщины среза a .

При относительной длине контакта $\psi_i = x_i/c \approx 0,4$, т. е. при $x_i = 0,4 \cdot c$ будет пересечение графика σ с графиком τ , т. к. в этой точке коэффициент трения $\mu_i = 1$, то есть там $\sigma = \tau$ (рис. 4, 5).

В конце контакта стружки с передней поверхностью резца в точке $\psi_i \approx 0,8$ (т. е. при $x_i \approx 0,8 \cdot c$) должно быть $\sigma_i \approx \tau_i/1,6$ (рис. 4 и 5).

Через две точки σ : 1) при $x_i = c$; где $\sigma_i = 0$ МПа); 2) при $x_i = 0,8 \cdot c$ проводим прямую линию до пересечения с линией, перпендикулярной передней поверхности в точке $x_i = 0,5 \cdot c$ (рис. 4).

Из полученной точки проводим прямую, параллельную передней поверхности, до пересечения с наклонной прямой σ , ниспадающей от режущей кромки (рис. 4), т. к. на участке до $x_i \approx 0,5 \cdot c$ имеется горизонтальная линия у эпюры нормальных контактных напряжений σ , а при дальнейшем отдалении от режущей кромки у эпюры σ имеется прямолинейное уменьшение до нуля в точке $x_i = c$.

Величину σ_{\max} у режущей кромки задаём *сначала* приблизительно сами, в первом приближении $\sigma_{\max} = 2 \cdot \sigma_{\text{в}}$, где $\sigma_{\text{в}}$ – временное сопротивление разрыву обрабатываемого материала при комнатной температуре (МПа). Например, для стали 40X $\sigma_{\text{в}} = 495$ МПа.

На расстоянии от режущей кромки $l_1 \approx a$ (мм) $\sigma_{l_1} \approx (0,92 \dots 0,93) \cdot \sigma_{\max}$, т. к. там ещё нет стружки, она только формируется, давление от резца идёт на заготовку, поэтому там имеется примерно равномерное распределение нормальных напряжений σ .

Проверяем правильность построения эпюр – сила, рассчитанная по площади (объёму) эпюры должна быть приблизительно равна соответствующей силе из эксперимента.

Корректируем правильность назначения σ_{\max} , чтобы соблюдалось равенство

$$N = b \cdot \int_0^c \sigma_i \cdot dx \approx N_{\text{эксп}} \text{ (Н)}, \quad (1)$$

где x_i изменяется от 0 (координата у режущей кромки, т. е. при $x_i = 0$ мм) до $x_i = c$ (координата точки отрыва стружки от передней поверхности); b – ширины контакта стружки с передней поверхностью резца, $b = t/\sin \phi$.

Для выполнения равенства (1) сначала рассчитывается площадь эпюры σ (см. пример на рис. 6):

$$S_\sigma = \Sigma s_{\sigma_i} \text{ (МПа/мм)}.$$

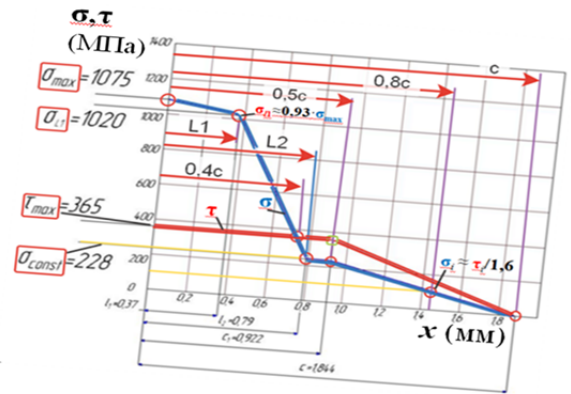


Рис. 4. Эпюры нормальных σ и касательных τ контактных напряжений (МПа) на передней поверхности резца. Сталь 40X – T15K6, $\gamma = +7^\circ$; $v = 120$ м/мин; $a = s = 0,368$ мм; $b = 4$ мм; $c = 1,844$ мм; $c_1 = 0,922$ мм; $P_{y \text{ эксп}} = 1623$ Н; $P_{z \text{ эксп}} = 3061$ Н; $F_{\text{эксп}} = 2014$ Н; $N_{\text{эксп}} = 2837$ Н

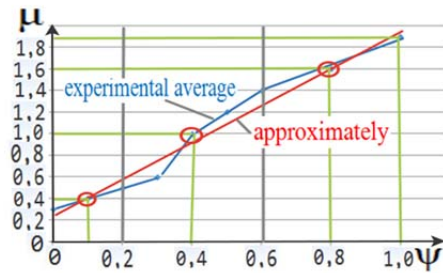


Рис. 5. Изменение условного коэффициента трения стружки по передней поверхности μ_i при обработке стали в зависимости от относительная длина контакта стружки $\psi_i = x_i/c$ [1]

Затем рассчитывается нормальная сила по эпюре σ : $N_\sigma = S_\sigma \times b$ (Н). Она должна быть приблизительно равна нормальной силе по эксперименту $N_{\text{эксп}}$ (Н).

Если нормальная сила по эпюре σ , т. е. N_σ меньше, чем полученная в эксперименте, то увеличиваем σ_{max} , если больше – то уменьшаем её. После этого пересчитываем нормальную силу по эпюре N_σ и повторяем до тех пор, пока не получим $N_\sigma \approx N_{\text{эксп}}$.

Аналогично выполняем для касательной силе по эпюре τ : $F_\tau = S_\tau \cdot b \approx F_{\text{эксп}}$ (Н).

Но здесь не должно быть никаких проблем, т. к. изначально $\tau_{\text{const}} = F/(0,75 \cdot c \cdot b)$.

Нахождение величины σ_{max} вышеуказанным способом является единственно возможным способом её определения, т. к. ни одним известным в настоящее время методом невозможно определить контактные напряжения ближе 0,1–0,2 мм от режущей кромки, т. к. пластины A разрезного резца (рис. 1) выкрашивается при расстоянии поверхности раздела пластин от режущей кромки $x_{Ai} \leq 0,2$ мм, а при использовании методов лазерной интерферометрии [5] или поляризационно-оптическим [2–4] линии сливаются и их невозможно выделить.

Список литературы:

1. Полетика М.Ф., Красильников В.А. Динамометр для измерения силы и напряжений на передней поверхности резца. /Станки и инструменты, 1971, т. 2, с. 37–38.
2. Полетика М.Ф. Контактные нагрузки на режущих поверхностях инструмента. – М.: Машиностроение, 1969. – 150 с.
3. Полетика М.Ф., Утешев М.Х. Исследование процесса резания поляризационно-оптическим методом. – Известия Томского политехнического института, 1964, т. 114, С. 21–32.
4. Утешев М.Х., Сенюков В.А. Некоторые результаты исследования напряжённо-деформированного состояния режущей части инструмента при помощи лазера. – В кн.: Прочность режущего инструмента, Москва, 1969, С. 38–50.
5. Филиппов А.В. Исследование деформации при резании металлов методом спекл-интерферометрии [Электронный ресурс] / А.В. Филиппов, А.В. Проскоков // Энергетика, электромеханика и энергоэффективные технологии глазами молодежи : сборник трудов Российской молодежной научной конференции, 3–4 декабря 2013 г., Томск 2 т. / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). – 2013. – Т. 1. – [С. 179–183]. – Заглавие с титульного экрана. – Свободный доступ из сети Интернет. – Adobe Reader. Режим доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext/c/2013/C50/V1/048.pdf>, 2020. – [С. 144–145].

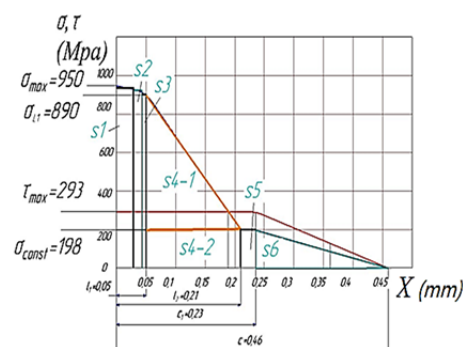


Рис. 6. Проверка правильности построения эпюр нормальных σ и касательных τ контактных напряжений на передней поверхности резца. Сталь 40Х-Т15К6; $t = 2$ мм; $v = 120$ м/мин; $\gamma = 7^\circ$; $\varphi = 45^\circ$; $s = 0,07$ мм/об.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КОНТАКТНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ НА ПЕРЕДНЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ИНСТРУМЕНТА ПРИ ОБРАБОТКЕ СТАЛИ

В.Н. Козлов, к.т.н., доц.,
Ц. Дин, магистрант гр. 4АМ21,
В. Ли, студент гр. 154А91,

Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
тел. (3822) 606-389

E-mail: kozlov-viktor@bk.ru

Для расчёта прочности режущих инструментов необходимо знать распределение контактных напряжений на передней поверхности и на фаске задней поверхности. Наиболее достоверный метод для исследования контактных явлений является метод разрезного (составного) реза [1, 2, 3].

Для применения этого метода использовался специальный динамометр конструкции В.А. Красильникова, имеющего два упругих измерительных элемента *1* и *2* (рис. 1), что позволяет контролировать постоянство общих технологических составляющих P_z и P_y силы резания, независимо от того, какой длины x_{Bi} участок стружки находится в контакте с основной измерительной пластиной *B*.

Пластины изготавливались с различным расстоянием x_{Ai} от режущей кромки до поверхностей разделения пластин. При изготовлении пластин наибольшее расстояние $x_{Ai} = x_{Ai \max}$ выполнялось равной длине контакта стружки с передней поверхностью реза c (мм) при используемом обрабатываемом материале и выбранных режимах резания: подаче s (мм/об) и скорости резания v (м/мин). Ширина среза b (мм) принималась равной ширине диска b_d (мм) в связи с малым её уширением при резании. Эксперименты выполнялись при свободном прямоугольном резании, т.е. при точении периферии диска с радиальной подачей, поэтому толщина среза $a = s$ (мм).

При изменении участка контакта режущей кромки с диском, т.е. при периодическом перемещении реза вдоль оси вращения диска, изменялось расстояние x_{Ai} (рис. 2), но сумма длины контакта стружки с передней поверхностью пластины *A* x_{Ai} и пластины *B* x_{Bi} оставалась неизменной: $x_{Ai} + x_{Bi} = c$.

Так как пластина *B* стоит на верхнем поясе упругих элементов *1*, то силы, действующие на неё, будут передаваться на нижний пояс упругих элементов. Таким образом, $P_z = P_{zAi} + P_{zBi}$ и $P_y = P_{yAi} + P_{yBi}$. Силы на пластине *A* нам определять не требуется, нам необходимо, чтобы $P_z = \text{const}$ и $P_y = \text{const}$ в рассматриваемой серии экспериментов.

Резание выполняется на всех участках (секциях) разрезного реза. От режущей кромки до поверхности раздела пластин расстояние $x_{Ai} = c - \Delta x_i = c - x_{Bi}$. Чем меньше величина Δx_i , тем точнее будет определено распределение контактных напряжений, но тем больше должно быть количество участков: $i = c/\Delta x_i$, поэтому принимается $\Delta x_i = 0,1-0,2$ мм. При переднем угле $\gamma = 0^\circ$ нормальная сила на передней поверхности $N = P_z$, а касательная сила $F = P_y$.

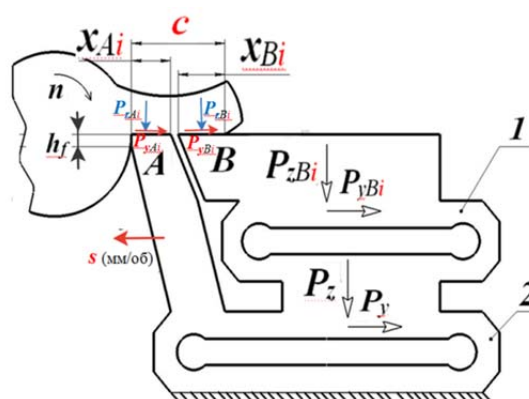


Рис. 1. Положение пластин *A* и *B* разрезного реза при контакте стружки с основной измерительной пластиной *B* на участке длиной x_{Bi} и шириной b

Расчёт физических составляющих силы резания N и F по технологическим составляющим P_z и P_y при переднем угле $\gamma \neq 0^\circ$ выполняем по формулам, которые получаем из суммы векторов (рис. 2):

$$\vec{P}_z = \vec{N}_{Pz} + \vec{F}_{Pz}; \quad \vec{P}_y = \vec{F}_{Py} + \vec{N}_{Py}.$$

Из этих формул при $\gamma > 0^\circ$ получаем два уравнения (1) и (2) для расчёта физических сил резания:

$$N = N_{Pz} - N_{Py} = P_z \cdot \cos \gamma - P_y \times \sin \gamma; \quad (1)$$

$$F = F_{Py} + F_{Pz} = P_y \cdot \cos \gamma + P_z \times \sin \gamma. \quad (2)$$

В уравнении (1) второе слагаемое со знаком **минус** ($-N_{Py}$), т. к. эта составляющая направлена в **обратном** направлении по сравнению с направлением N_{Pz} . Это создаёт парадоксальную ситуацию:

при увеличении переднего угла γ с увеличением технологической силы P_y нормальная физическая сила N в уравнении (1) уменьшается, что при очень больших передних углах (более 25°) может приводит к малой нормальной силе, когда вторая часть формулы (1) становится лишь немного меньше первой части, т. е. коэффициент трения увеличивается с увеличением переднего угла γ .

При **отрицательной** величине переднего угла γ и **несвободном** резании используются немного другие уравнения:

$$N = N_{Pz} + N_{Pxy} = P_z \cdot \cos \gamma + P_{xy} \cdot \sin \gamma; \quad (3)$$

$$F = F_{Pxy} - F_{Pz} = P_{xy} \cdot \cos \gamma - P_z \times \sin \gamma. \quad (4)$$

Приращение сил P_y и P_z на рассматриваемом i -том участке пластины B по сравнению с этими силами на предыдущем ($i-1$) участке рассчитываются по уравнениям:

$$\Delta P_{yBi} = P_{yBi} - \Delta P_{yBi-1} \quad (H). \quad (5)$$

$$\Delta P_{zBi} = P_{zBi} - \Delta P_{zBi-1} \quad (H). \quad (6)$$

Нормальная и касательная силы на i -том участке рассчитываются по уравнениям (7) и (8) в соответствие с уравнениями (1), (2) и (5), (6):

$$N_i = \Delta P_{zBi} \cdot \cos \gamma - \Delta P_{yBi} \cdot \sin \gamma; \quad (7)$$

$$F_i = \Delta P_{yBi} \cdot \cos \gamma + \Delta P_{zBi} \cdot \sin \gamma. \quad (8)$$

Удельные нормальные q_{Ni} и касательные q_{Fi} контактные нагрузки (силы) на i -том участке пластины B рассчитывается как отношение **приращения сил** на этом участке к **приращению площади** ΔS_i контакта стружки на этом i -том участке:

$$q_{Ni} = \Delta N_i / \Delta S_i = (N_i - N_{i-1}) / (\Delta x_i \cdot b) \quad (\text{МПа}); \quad (9)$$

$$q_{Fi} = \Delta F_i / \Delta S_i = (F_i - F_{i-1}) / (\Delta x_i \cdot b) \quad (\text{МПа}). \quad (10)$$

При $\Delta x_i \rightarrow 0$ мм удельные нормальные q_{Ni} и касательные q_{Fi} контактные нагрузки на i -ом участке пластины B будут приближаться к **нормальным σ** и **касательным τ** контактным **напряжениям** на этом участке: $q_{Ni} \approx \sigma_i$ (МПа), $q_{Fi} \approx \tau_i$ (МПа).

На рис. 3 представлены **гистограммы** удельных **нормальных q_{Ni}** и **касательных q_{Fi}** контактных нагрузок на различных участках передней поверхности резца, по которым можно построить графики распределения (эпюры) **нормальных σ** и **касательных τ** контактных напряжений.

Построение эпюр лучше начинать с эпюры касательных τ контактных напряжений, т. к. на рис. 3 можно выделить участок от $x_{Ai} = 0$ до $x_{Ai} = c_1 = 0,992$ мм (т. е. $c_1 \approx 0,5 \cdot c$), где

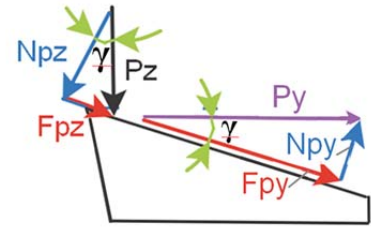


Рис. 2. Схема направления составляющих технологических P_z , P_y и физических N_{Pz} , F_{Pz} , N_{Py} , F_{Py} силы резания на передней поверхности резца в главной секущей плоскости при прямоугольном свободном течении периферии диска при положительном переднем угле γ

эпюра имеет равномерный характер, т. е. на этом участке график τ параллелен передней поверхности резца, что соответствует исследованиям контактных нагрузок при обработке стали [1–4]. Это позволит рассчитать величину касательных контактных напряжений на этом участке $\tau_{\text{const}} = F/(0,75 \cdot c \cdot b)$.

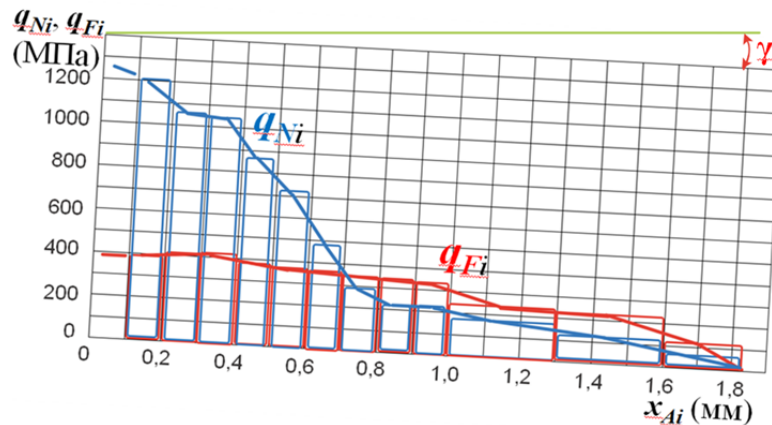


Рис. 3. Гистограммы удельных касательных q_{Fi} и нормальных q_{Ni} контактных нагрузок (МПа) на i -ом участке пластины В. Абсцисса – расстояние от режущей кромки x_{Ai} (мм).

Сталь 40Х – Т15К6, $\gamma = +7^\circ$; $v = 120$ м/мин; $a = s = 0,368$ мм; $b = 4$ мм; $c = 1,844$ мм;

$c_1 = 0,922$ мм; $P_{y_{\text{эксн}}} = 1623$ Н; $P_{z_{\text{эксн}}} = 3061$ Н; $F_{\text{эксн}} = 2014$ Н; $N_{\text{эксн}} = 2837$ Н

В нашем примере $\tau_{\text{const}} = F/(0,75 \cdot c \cdot b) = 2014/(0,75 \cdot 1,84 \cdot 4) = 364,9$ (Н/мм²), где c – это длина контакта стружки с передней поверхностью.

Эта величина соответствует средней величине касательных контактных напряжений на этом участке (τ_i изменяется от 343 до 400 МПа).

Эпюру нормальных контактных напряжений σ можно построить относительно эпюры касательных контактных напряжений, зная изменение условного коэффициента трения $\mu_i = \tau_i/\sigma_i$ вдоль передней поверхности режущего инструмента [3].

Список литературы:

1. Полетика М.Ф., Красильников В.А. Динамометр для измерения силы и напряжений на передней поверхности резца. / Станки и инструменты, 1971, т. 2, с. 37–38.
2. Козлов В.Н., Цуй Ц., Хуан Ч., Чжан Ц. Методика измерения контактных напряжений на поверхностях режущего инструмента // Наука и образование: Материалы XX Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых (18-22 апреля 2016 г.) – Томск: Издательство Томского государственного педагогического университета, 2016, с. 97–105.
3. Определение параметров эпюр контактных напряжений на передней поверхности режущего инструмента при обработке стали / Ц. Чжао, В.Н. Козлов, Ц. Ю, М. Ци // Современные проблемы машиностроения сборник трудов XIII Международной научно-технической конференции, г. Томск, 26–30 октября 2020 г.: / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ); под ред. Е.Н. Пашкова. – Томск: Томский политехнический университет, 2020. – [С. 144–145].
4. Полетика М.Ф. Контактные нагрузки на режущих поверхностях инструмента. – М.: Машиностроение, 1969. – 150 с.

ОСОБЕННОСТИ ФРЕЗЕРОВАНИЯ ОБРАЗЦОВ ПОСЛЕ АДДИТИВНОГО СИНТЕЗА

*Е.Н. Петровский, старший преподаватель,
Л. Шэ, магистрант гр. 4АМ11,
Ц. Чжан, магистрант гр. 4АМ11,
В.Н. Козлов, к.т.н., доц.,*

*Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
тел. (3822) 606-389*

E-mail: kozlov-viktor@bk.ru

Для подготовки образцов к исследованию их структуры после их изготовления методом порошковой или проволоочной аддитивной технологии на металлическом принтере необходимо применять субтрактивную обработку. Так как полученные образцы имеют форму прямоугольного параллелепипеда, то необходимо вести обработку на консольном вертикально-фрезерном станке. Дополнительно необходимо измерить силы резания, чтобы оценить обрабатываемость полученных образцов с точки зрения сил резания.

Для этого использовался токарный трёхкомпонентный динамометр Kistler, который имеет высокую жёсткость и точность. Размеры образцов, как правило, небольшие $60 \times 20 \times 20$, поэтому необходимо использовать небольшие тисочки для закрепления заготовки. Высота тисочков должна быть небольшая, чтобы при концевом фрезеровании не возникал дополнительный момент силы резания относительно опорной поверхности динамометра, который может исказить измеряемые силы.

С учётом этих требований вместо тисочков было разработано приспособление в виде двух планок, одна из которых, планка **1**, жёстко крепится к динамометру двумя болтами **6**, а другая, планка **2**, имеет закрепление на динамометре только одним болтом **7**, что позволяет ей поворачиваться относительно него как на оси (рис. 1). Притягивание этой планки **2** к неподвижной планке **1** с помощью болта **3** и гайки **4** приводит к закреплению заготовки **5** по её боковым поверхностям. После закрепления заготовки планка **2** дополнительно прижимается к заготовке эксцентриком (не указан на схеме) для предотвращения вибрации при фрезеровании.

Схема действия составляющих силы резания при фрезеровании концевой фрезой представлена на рис. 2.

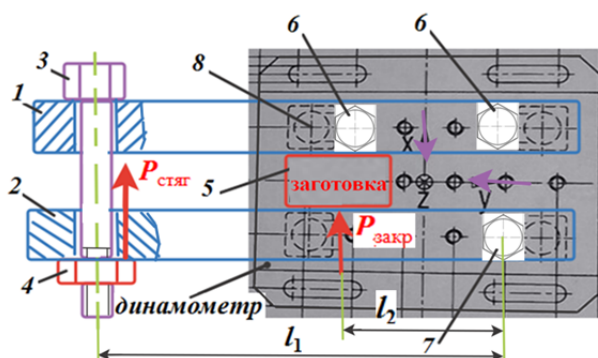


Рис. 1. Схема закрепления образца на динамометре Kistler. 1 – планка А; 2 – планка Б; 3 – болт М12; 4 – гайка М12; 5 – заготовка; 6 – болт М8 (2 шт.); 7 – болт М8; 8 – датчики динамометра

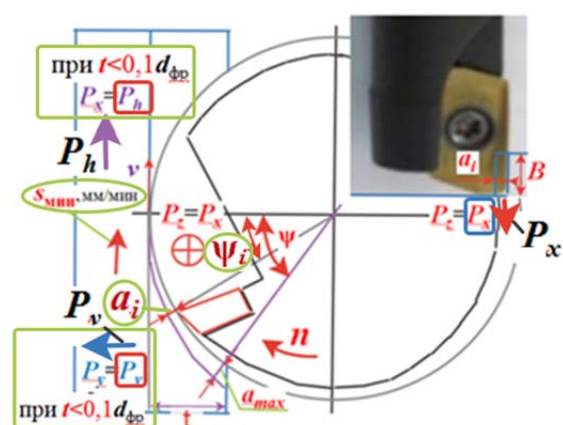


Рис. 2. Схема направления составляющих P_h , P_v и P_x силы резания при попутном фрезеровании концевой фрезой с СМП

При установке заготовки вдоль динамометра и придании столу станка продольной подаче $s_{\text{мин}}$ на неё при фрезеровании будут действовать силы P_h , которая будет совпадать по направлению с продольной подачей и силой P_x динамометра, направление которой «зашиито» в программное обеспечение динамометра Kistler как для токарной обработке [1]. Боковая сила P_y по направлению будет перпендикулярно направлению продольной подаче и совпадать с направлением силы P_y динамометра. Вертикальная сила фрезерования P_x , действующая вдоль оси фрезы вниз, по направлению будет совпадать с направлением силы P_x динамометра. Поэтому при анализе графиков изменения составляющих сил резания, демонстрирующихся на экране монитора под символами P_z , P_y и P_x , необходимо понимать совсем другие составляющие силы резания при фрезеровании.

В том случае, если глубина фрезерования t намного меньше диаметра фрезы $d_{\text{фр}}$ ($t < 0,1 \cdot d_{\text{фр}}$) сила P_h будет приблизительно равна силе P_z (на мониторе будет показывать как F_x), а боковая сила P_y – силе P_y (на мониторе будет показывать как F_y). Осевая сила при фрезеровании P_x – силе P_x (на мониторе будет показывать как F_z) независимо от глубины резания.

Глубина фрезерования t (ширина уступа b) назначалась не более 4 мм при диаметре фрезы $d_{\text{фр}} = 8$ мм, а ширина фрезерования B (высота уступа h) – не более 5 мм. Ограничение по высоте и ширине уступа связано с необходимостью выполнять фрезерования с разными подачами s_m (мм/мин), или s_z (мм/зуб), и скоростями резания v (м/мин), что приводит к быстрому уменьшению заготовки по высоте и ширине, а они небольшие, поэтому можно удалить только 2–3 слоя, с учётом того, что крепление заготовки по боковым поверхностям у её основания занимает $h_{\text{крепл}} = 10$ мм, т. е. высота для испытаний $h_{\text{исп всего}} = h_{\text{обр}} - h_{\text{крепл}} = 20 - 10 = 10$ мм.

При фрезеровании образца из титанового сплава ВТ1-0 при $n=3981$ об/мин офрезой с механическим креплением одной сменной многогранной пластиной (СМП) (см.рис. 1) были получены графики изменения составляющих силы резания, которые на мониторе отображаются по направлению как для токарной обработки. Поэтому составляющая F_x на экране монитора на самом деле есть составляющая P_h при фрезеровании, а с учётом малой глубины резания $t = 0,75$ мм при $d_{\text{фр}} = 12$ мм, – это изменения силы P_z , т. к. $t = 0,06 \cdot d < 0,1 \cdot d$. Её величина постепенно увеличивалась до 255 Н через 0,004 с, после чего также плавно уменьшалась до нуля через 0,008 с, затем становилась отрицательной до минус 50 Н, выходила в ноль при выходе режущей кромки режущей пластины из контакта с заготовкой через 0,011 с после начала врезания.

Составляющая F_y на экране монитора на самом деле есть составляющая P_y при фрезеровании, а с учётом малой глубины резания $t = 0,75$ мм это изменения силы P_y . Её величина сначала была отрицательной (–100 Н через 0,001 с), после чего постепенно увеличивалась до 250 Н через 0,007 с, после чего более круто уменьшалась до нуля через 0,011 с после начала врезания. Отставание силы P_y относительно P_z связано, на наш взгляд, с изменением направления действия силы P_y при врезании зуба фрезы, т. к. измеряется не радиальная составляющая P_y , а боковая составляющая P_y .

Составляющая F_z на экране монитора на самом деле при фрезеровании есть составляющая P_x , которая при любой величине глубины резания t является силой P_x , она наиболее плавно сначала увеличивается до 100 Н через 0,005 с, а затем также плавно уменьшается до нуля через 0,011 с после начала врезания.

Список литературы:

1. Утенков, В.М. Возможности использования динамометра Kistler для испытания металлорежущих станков / В.М. Утенков, П.А. Быков // Инженерный вестник. – 2012. – № 10. – с. 9.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СХЕМ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОГО СПЛАВЛЕНИЯ

М. Ци, аспирант гр. А1-21,

Н.В. Мартюшев, доц.,

В.Н. Козлов, к.т.н., доц.,

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

тел. (3822) 606-389

E-mail: kozlov-viktor@bk.ru

Электронно-лучевая плавка проводится в вакуумных рабочих камерах, который позволяет избежать окисление металла и образование пористости. В отличие от лазерных и дуговых технологий, электронный пучок обладает более высоким КПД. Благодаря хорошей коррозионной стойкости, высокой прочности и жаропрочности мартенситная нержавеющая сталь широко используется для изготовления лопаток турбин, валов, режущий инструмент, хирургических инструментов и пружины для работы до 400-450 °С.

В работе Węglowski M.S. [1] было обнаружено, что при постоянном ускоряющем напряжении и токе луча, увеличение диаметра проволоки приводит к уменьшению высоты швов и увеличению ширины швов, а увеличение скорости сканирования – наоборот.

По мере увеличения высоты конструкции, скорость охлаждения уменьшается, что приводит к увеличению размера зерна и снижению твердости [2, 3]. Из закона Холла Петча следует, что размер зерна влияет на прочность материала. По сравнению с традиционными производствами аддитивные технологии (АТ) имеют сложную термическую историю, включая многократные быстро повторяющиеся нагрев и охлаждение. Во время процесса формирования слоев, расположенные ближе к верхнему слою, нагреваются выше температуры аустенитного превращения, так что ранее образовавшийся мартенсит повторно превращается в аустенит. Увеличение содержания аустенита также приводит к снижению твердости мартенситной нержавеющей стали 40X13 [4, 5, 6].

Для обеспечения высокой скорости охлаждения применяются следующие методы: 1) повышение междуслойного времени пребывания; 2) дополнительные системы охлаждения; 3) уменьшение подаваемой энергии при послойном синтезе [3, 4, 5, 7].

С точки зрения затвердевания, скорость охлаждения материала при использовании технологии проволочного дугового наплавления (WAAM) намного ниже, чем при использовании лазерной АТ (10^3-10^8 K/s) или электронно-лучевой АТ (10^3-10^4 K/s) [4, 5].

Уравнение Юнга для угла смачивания θ :

$$\cos \theta = (F_{ТГ} - F_{ТЖ})/F_{ЖГ}$$

где θ , $F_{ТГ}$, $F_{ТЖ}$, $F_{ЖГ}$ соответственно угол смачивания, сила поверхностного натяжения на границе подложка/опора, сила поверхностного натяжения на границе подложка/ванна, сила поверхностного натяжения жидкости. Силы $F_{ТГ}$ и $F_{ЖГ}$ мало зависят от температуры, поэтому можно считать их постоянными.

Поверхностное натяжение обратно пропорционально активности жидкой плавильной ванны, и активность жидкости увеличивается с повышением температуры. По мере увеличения высоты выращивания происходит накопление тепла, в то же время температура предыдущего слоя повышается. По этой причине ширина (8,5 мм) 19-го слоя больше чем ширина (5мм) первого слоя. Уменьшения угла смачивания негативно влияет на точности формирования, которая приводит к увеличению времени последующей механической обработки.

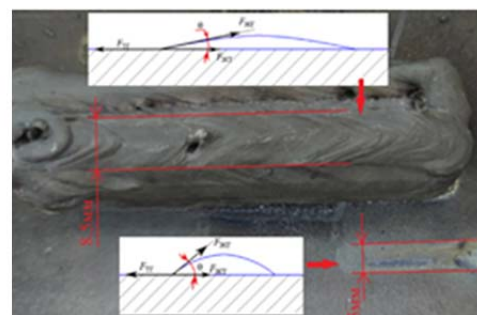


Рис. 1. Схема действия сил поверхностного натяжения на разных участках шва

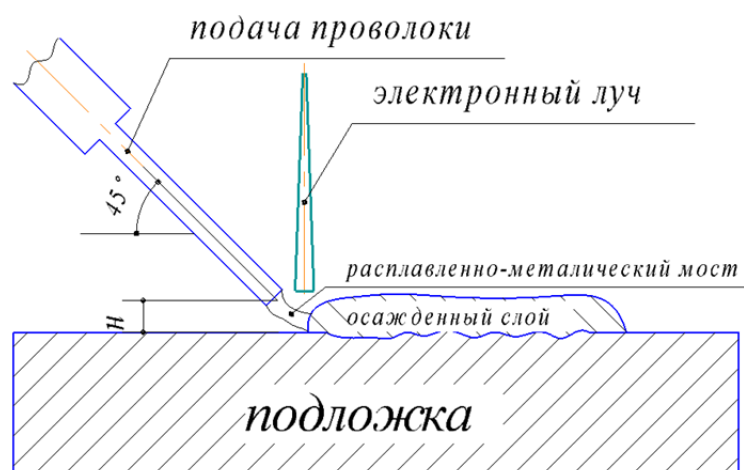


Рис. 2. Принцип электронно-лучевой наплавки проволоочной аддитивной технологии

Когда проволока почти соприкасается с поверхностью расплавленной ванны как расплавленно-металлический мост, сварной шов имеет хороший внешний вид. По мере увеличения высоты H внешний вид шва становится плохим из-за струи паров металла (рис. 2) [7, 8].

В табл. 1 представлены основные технологические параметры при вертикальной и горизонтальной схемах наплавки.

Таблица 1

Основные технологические параметры при вертикальной и горизонтальной наплавке

Технологические параметры печати	Схема наплавки	
	вертикальная	горизонтальная
Ускоряющее напряжение (кВ)	40	40
Ток луча (мА)	21	33
Подача проволоки по дуге (мм/мин)	1050	700
Подача проволоки по прямой линии (мм/мин)	900	600
Скорость формирования ($\text{м}^3/\text{ч}$)	$6,9 \cdot 10^{-5}$	$4,16 \cdot 10^{-5}$
Плотность энергии ($\text{Дж}/\text{мм}^3$)	45,17	114,12
Удельная энергия ($\text{Дж}/\text{мм}$)	53,64	129,1

Как следует из табл. 1, вертикальные детали по сравнению с горизонтальными могут быть напечатаны с меньшей подаваемой энергией, более высокой скоростью подачи проволоки и высокой скоростью формирования. Кроме того, из значения средней плотности энергии мы можем сделать вывод, что скорость охлаждения горизонтальной детали должна быть больше, чем скорость охлаждения вертикальной детали.

Список литературы:

1. Węglowski M.S. et al. Electron beam additive manufacturing with wire—analysis of the process //AIP Conference Proceedings. – AIP Publishing LLC, 2018. – Т. 1960. – №. 1. – С. 140015.
2. Lopes J.G., Machado C.M., Duarte V.R., et al. Effect of milling parameters on HSLA steel parts produced by Wire and Arc Additive Manufacturing (WAAM)[J]. Journal of Manufacturing Processes, 2020, 59: 739–749.
3. Zhang H, Xie Y, Rui D, et al. Hybrid deposition and micro rolling manufacturing method of metallic parts[C]//2013 International Solid Freeform Fabrication Symposium. University of Texas at Austin, 2013.
4. Kazemipour M. et al. On the microstructure and corrosion behavior of wire arc additively manufactured AISI 420 stainless steel // TMS 2020 149th Annual Meeting & Exhibition Supplemental Proceedings. – Springer, Cham, 2020. – С. 435–448.

5. Ge J. et al. Characterization of wire arc additive manufacturing 2Cr13 part: Process stability, microstructural evolution, and tensile properties //Journal of Alloys and Compounds. – 2018. – T. 748. – C. 911–921.
6. Krakhmalev P. et al. In situ heat treatment in selective laser melted martensitic AISI 420 stainless steels //Materials & Design. – 2015. – T. 87. – C. 380–385.
7. Zhao J. et al. Effects of metal-vapor jet force on the physical behavior of melting wire transfer in electron beam additive manufacturing //Journal of Materials Processing Technology. – 2015. – T. 220. – C. 243–250.
8. Fuchs J., Schneider C., Enzinger N. Wire-based additive manufacturing using an electron beam as heat source //Welding in the World. – 2018. – T. 62. – №. 2. – C. 267–275.

ВЛИЯНИЕ ПЕРЕДНЕГО УГЛА НА СИЛЫ И КОНТАКТНЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ ПРИ ТОЧЕНИИ ТИТАНОВОГО СПЛАВА

В.Н. Козлов, к.т.н., доц.,
Ц. Чжан, магистрант гр. 4АМ11,
Л. Шэ, магистрант гр. 4АМ11,
Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
тел. (3822) 606-389
E-mail: kozlov-viktor@bk.ru

При обработке титановых сплавов происходит интенсивный износ режущего инструмента по задней поверхности, что вызывает увеличение силы резания, а также ухудшение качества обработки.

При этом происходит появление фаски на передней поверхности с большим отрицательным передним углом $\gamma_f = -20 \dots -30^\circ$, а также округление режущей кромки до радиуса $\rho = 5 \dots 10$ мм [1–4].

Наши исследования, выполненные при точении периферии диска с радиальной подачей разрезного резца, т. е. при прямоугольном свободном резании, показали, что при заточке фаски длиной $f = 3$ мм на передней поверхности с большим отрицательным передним углом $\gamma_f = -20 \dots -30^\circ$ существенно увеличиваются силы на передней поверхности, но силы на искусственной фаске износа по задней поверхности с задним углом $\alpha_h = 0^\circ$ увеличиваются незначительно. Из-за малой длины контакта титановой стружки с передней поверхностью контакт стружки происходит только с поверхностью этой фаски, поэтому было принято, что передний угол γ равен γ_f .

Измерение составляющих P_z и P_y силы резания выполнялось при прямоугольном свободном точении периферии диска из титанового сплава ВТ3-1 с радиальной подачей s_y (мм/об), поэтому сила P_x не проявлялась, а толщина среза $a = s_y$ (мм). Силы на фаске передней поверхности, т. е. на передней поверхности с передним углом γ , выделялись из общих сил резания методом экстраполяции на нулевую искусственную фаску износа по задней поверхности. С уменьшением переднего угла силы существенно увеличиваются (рис. 1).

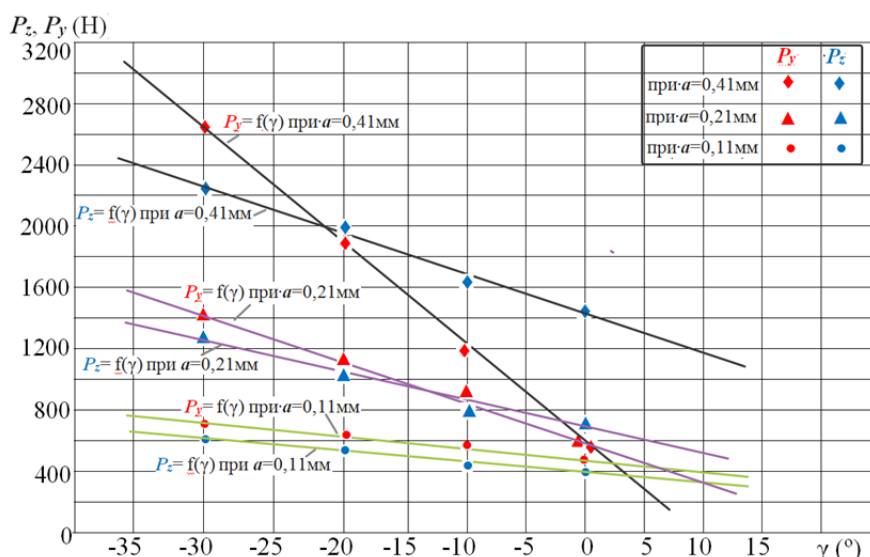


Рис. 1. Влияние величины переднего угла γ ($^\circ$) на составляющие P_y и P_z (Н) силы резания при обработке неизношенным резцом. ВТ3-1-ВК8, $b = 2,3$ мм, $\alpha = 10^\circ$

Величина контактных напряжений на фаске задней поверхности длиной h_3 (мм) определялась методом переменной фаски, т. е. удельные контактные нагрузки на фаске задней поверхности рассчитывались как отношение приращения силы к приращению площади контакта, вызванному приращением длины фаски h_3 [5].

Было исследовано также влияние **скорости резания v** на составляющие силы резания при точении периферии диска с радиальной подачей разрезного резца, т. е. при прямоугольном свободном резании (рис. 2). Наибольшая скорость резания применялась 60 м/мин, поэтому были выполнены измерения сил резания при меньшей скорости резания, т. к. при $v > 60$ м/мин происходит интенсивный износ и геометрия резца меняется, что не позволяет сравнивать результаты.

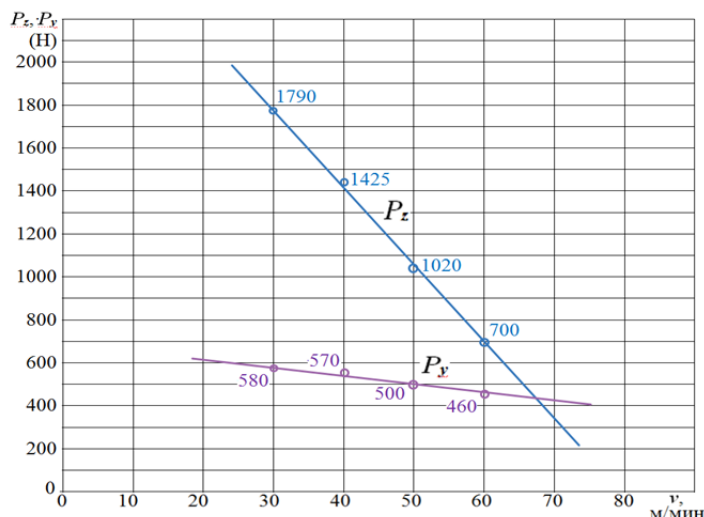


Рис. 2. Влияние скорости резания v (м/мин) на составляющие P_y и P_z (Н) силы резания при обработке неизношенным резцом. ВТЗ-1-ВК8, $\gamma = 0^\circ$, $b = 2,3$ мм, $\alpha = 10^\circ$, $s_y = 0,21$ мм/об

Из графиков на рис. 2 видно, что составляющие силы резания увеличиваются при уменьшении скорости резания, особенно сила P_z , что связано с уменьшением температуры в зоне стружкообразования и соответствующим увеличением прочности титанового сплава, что приводит к увеличению сопротивления к отделению элементов стружки.

Касательная сила $F = P_y$ при $\gamma = 0^\circ$ изменяется не столь существенно, что объясняется нами достижением предела прочности на сдвиг приконтактного слоя стружки, но и он немного уменьшается с уменьшением скорости резания, а значит и температуры. Приконтактный слой имеет температуру более высокую, чем остальной объем стружки, из-за нагрева со стороны резца, поэтому и не реагирует так интенсивно на уменьшение скорости резания.

Поскольку требуемая мощность станка зависит только от силы P_z , то выгоднее вести обработку с высокой скоростью резания. Однако интенсивность износа при этом резко увеличивается.

Было исследовано также влияние величины радиуса округления режущей кромки r на силы резания, которое показало более существенное увеличение составляющей P_y силы резания по сравнению с силой P_z даже при отсутствии фаски износа. В случае резания инструментом с округленной режущей кромкой следует разделять силы, действующие на радиусном участке передней поверхности, на радиусном участке задней поверхности и на плоском участке фаски задней поверхности.

Но, даже зная силы на радиусном участке как разницу сил, полученных методами экстраполяции на нулевую толщину среза и на нулевую фаску износа, трудно разделить её на составляющие, действующие на участках передней и задней поверхности. Достоверно неизвестно и расположение линии пересечения фактической поверхности среза с поверхностью радиусного участка.

В целом величина наибольших нормальных контактных нагрузок на искусственной фаске износа с задним углом на ней $\alpha_h = 0^\circ$ парадоксально уменьшается в 2 раза при появлении округления режущей кромки. Это объясняется нами появлением застойной зоны на радиусном участке передней поверхности и уменьшением контакта на плоском участке искусственной фаски износа задней поверхности.

О наличии застойной зоны свидетельствует сохранение на радиусном участке резца рисок, оставленных при заточке шлифовальным крутом. Увеличение составляющих силы резания на передней поверхности при округлении режущей кромки объясняется небольшими размерами застойной зоны, не позволяющими компенсировать рост сопротивления стружкообразованию со стороны передней поверхности. Для изменения же нормальных контактных нагрузок на фаске задней поверхности достаточно даже незначительных изменений застойной зоны в связи с жесткостью контакта по задней поверхности.

Величина наибольших контактных нагрузок $\sigma_{h \max}$, $\tau_{h \max}$ и длина горизонтального участка эпюры σ_h на плоском участке фаски задней поверхности прямо пропорциональны радиусу округления ρ , что объясняется увеличением объема материала, вдавливаемого под режущую кромку. Происходит это за счёт увеличения упругой деформации материала заготовки в области стружкообразования, что косвенно подтверждается прямо пропорциональной зависимостью силы $P_{y \text{ п}}$ на передней поверхности инструмента от радиуса округления. При этом предполагается, что угол наклона условной плоскости сдвига изменяется незначительно, а значит и среднее напряжение, нормальное к поверхности резания в области стружкообразования, будет увеличиваться.

Сходные условия создаются, на наш взгляд, и при резании с большим отрицательным передним углом. Так, при резании ВТЗ-1 с передним углом $\gamma = -30^\circ$, радиальная составляющая силы резания на передней поверхности $P_{y \text{ п}} = 1400$ Н, что больше в 3 раза, чем при резании с передним углом $\gamma = 0^\circ$ ($P_{y \text{ п}} = 440$ Н). В то же время уровень нормальных контактных нагрузок вдвое меньше. Обращает на себя внимание примерное равенство нормальных контактных нагрузок на фаске при резании инструментом с большим отрицательным передним углом $\gamma = -30^\circ$ ($\sigma_h = 1300$ МПа) и с округленной режущей кромкой ($\rho = 0,07 \dots 0,35$ мм, $\sigma_h = 1370 \dots 1650$ МПа) при одинаковых режимах обработки.

Список литературы:

1. Полетика М.Ф. Контактные нагрузки на режущих поверхностях инструмента. – М.: Машиностроение, 1969. – 150 с.
2. Полетика М.Ф., Афонасов А.И. Контактные условия на задней грани инструмента при элементном стружкообразовании. Сб. статей «Прогрессивные технологические процессы в машиностроении». – Томск, 1997, с. 14–17.
3. Che-Haron, C.H. Tool life and surface integrity in turning titanium alloy. Journal of Materials Processing Technology, 118 (1–3) (2001) 231–237.
4. Справочное руководство ISCAR. Обработка титана. Электронный ресурс: https://www.iscar.ru/Catalogs/publication-2019/machining_titanium_rus_metric.pdf.
5. Методика измерения контактных напряжений на поверхностях резца / В.Н. Козлов [и др.]; науч. рук. В. Н. Козлов // Молодежь и современные информационные технологии сборник трудов XIV Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, г. Томск, 7–11 ноября 2016 г.: в 2 т.: / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ), Институт кибернетики (ИК); под ред. В. С. Аврамчук [и др.]. – Томск : Изд-во ТПУ, 2016. – Т. 2. – С. 350–352.

РАСЧЁТ КОНТАКТНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ ПРИ ОБРАБОТКЕ СТАЛИ CALCULATION OF CONTACT STRESSES DURING STEEL MACHINING

*В.Н. Козлов, к.т.н., доц.,
Н.В. Мартюшев, к.т.н., доц.
М. Ци, аспирант гр. А1-21,*

*Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
тел. (3822) 606-389*

E-mail: kozlov-viktor@bk.ru

Для расчёта прочности режущих инструментов необходимо знать распределение контактных напряжений на передней поверхности и на фаске задней поверхности. Наиболее достоверным методом для исследования контактных напряжений является метод разрезного (составного) резца [1, 2]. С его помощью разными исследователями было получено распределение контактных напряжений на передней и задней поверхностях при обработке легкообрабатываемых материалах, были выявлены общие закономерности формы эпюр на передней поверхности, в основном при обработке латуни и дюралюминия.

Применение разрезного резца очень сложно по нескольким причинам:

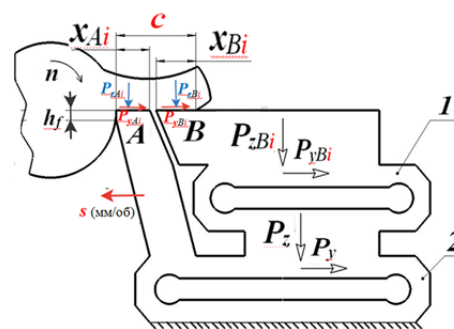
1) имеется высокая вероятность скола режущих пластин, особенно при резании секциями, у которых расстояние от режущей кромки до поверхности раздела пластин менее 0,2 мм. При обработке твёрдой стали, титановых сплавов труднообрабатываемых групп, жаропрочных сплавов и т. п. практически невозможно приблизиться к режущей кромке ближе 0,5 мм;

2) требуется очень тщательная установка рабочих поверхностей пластин в одной плоскости: если измерительная пластина **B** будет хоть немного выше впереди стоящей пластины **A**, то она начнёт срезать (скрести) материал с приконтактного слоя стружки. Это приведёт к забиванию зазора между пластинами и сколу пластин. Если же поверхность пластины **B** будет хоть немного ниже поверхности пластины **A**, то не будет реально полного контакта на её поверхности **B**, поэтому не будет достоверности измеряемых на ней сил;

3) требуется применения специальной конструкции динамометра типа динамометра В.А. Красильникова [1], позволяющего не только контролировать постоянство общих сил резания P_z и P_y , чтобы избежать проблем второй части п. 3, но и компенсирующего упругую деформацию измерительных элементов.

Поэтому расчёт основных параметров эпюр контактных напряжений для их построения только по физическим составляющим силы резания N и F является актуальной задачей. С этой целью нами были выявлены основные параметры эпюр контактных напряжений на передней поверхности при резании стали 40Х, с помощью которых можно формализовать и немного упростить форму эпюр, что позволит выполнять их построения зная только технологические составляющие силы резания P_z , P_y , P_x и длину контакта стружки c с передней поверхностью режущего инструмента.

Технологические составляющие силы резания могут быть измерены обычным трёхкомпонентным токарным динамометром или даже просто рассчитана по справочнику, а длина контакта стружки c может быть измерена на инструментальном микроскопе или рассчитана по нашим экспериментально полученным графикам.



*Рис. 1. Положение пластин **A** и **B** разрезного резца, закреплённых на упругих измерительных элементах **1** и **2** специального токарного динамометра конструкции В.А. Красильникова [1]*

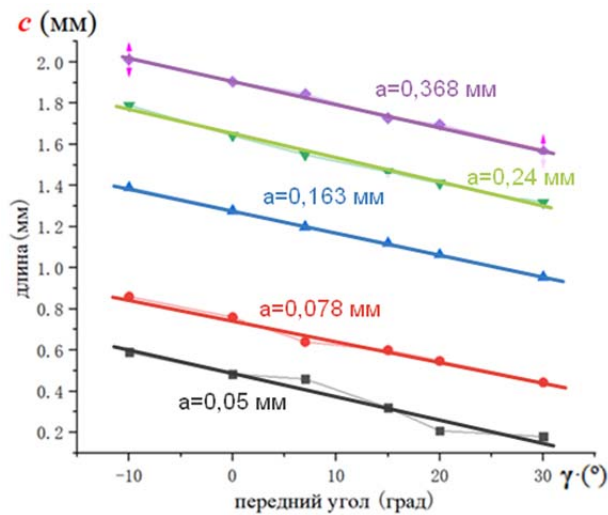


Рис. 2. Графики изменения длины контакта стружки c (мм) с передней поверхностью резца в зависимости от переднего угла γ (°) и толщины среза a (мм) при $\phi = 45^\circ$. Сталь 40X – T15K6, $v = 120$ м/мин

На рис. 2 представлены зависимости длины контакта стружки от толщины среза a и величины переднего угла γ (в англоязычной и китайской литературе он обозначается символом α). При косоугольном резании толщина среза рассчитывается по известной формуле: $a = s \cdot \sin\phi$, где s – это подача (мм/об); ϕ – главный угол в плане (угловой градус).

Использование толщины среза a более предпочтительно, т. к. полученные данные можно использовать не только при токарной обработке, но и при фрезеровании, где она непрерывно изменяется при повороте зуба фрезы: $a_i = s_z \cdot \sin\psi_i$, где s_z – подача на зуб (мм/зуб); ψ_i – центральный угол (угловой градус) от точки врезания зуба до его текущего положения при встречном фрезеровании.

Экспериментально были получены гистограммы удельных контактных нагрузок на передней поверхности резца, по которым были построены эпюры контактных напряжений при обточке периферии диска из стали с радиальной подачей разрезного резца (рис. 3).

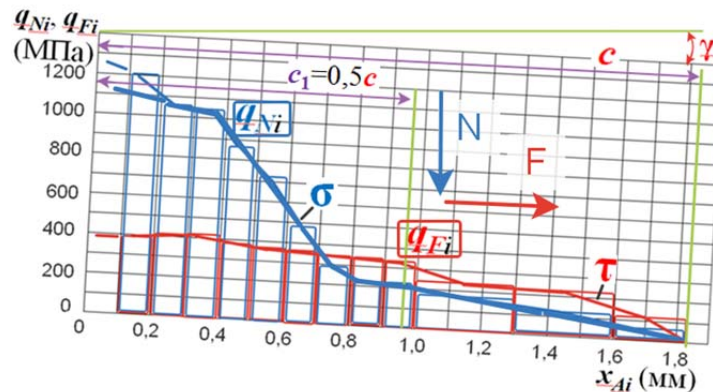


Рис. 3. Распределение удельных нормальных q_N и касательных q_F контактных нагрузок (МПа) и эпюры нормальных σ и касательных τ контактных напряжений (МПа) на передней поверхности резца. Сталь 40X – T15K6, $\gamma = +7^\circ$; $v = 120$ м/мин; $a = s = 0,368$ мм; $b = 4$ мм; $c = 1,844$ мм; $c_1 = 0,922$ мм; $P_{y\text{эксн}} = 1623$ Н; $P_{z\text{эксн}} = 3061$ Н; $F_{\text{эксн}} = 2014$ Н; $N_{\text{эксн}} = 2837$ Н

Упрощенная простая форма эпюры касательных контактных напряжений (рис. 4) позволяет рассчитать касательные контактные напряжения τ_{const} на первом участке от режущей кромки по уравнению:

$$\tau_{\text{const}} = F / (0,75 \cdot c \cdot b) \text{ (МПа)},$$

где F – касательная сила (Н); c – длина контакта стружки с передней поверхностью резца (мм); b – ширина контакта стружки с передней поверхностью резца (мм).

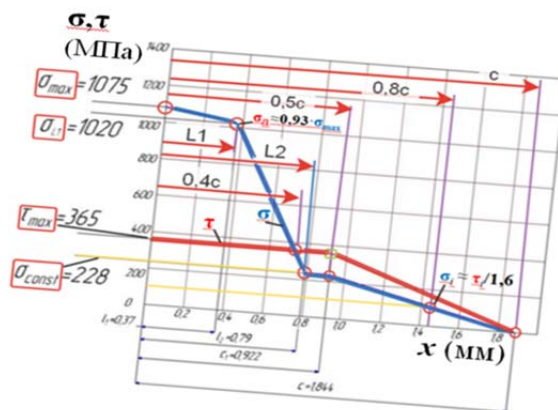


Рис. 4. Упрощенные формы эпюр нормальных σ и касательных τ контактных напряжений (МПа) на передней поверхности резца. Сталь 40X – T15K6, $\gamma = +7^\circ$; $v = 120$ м/мин; $a = s = 0,368$ мм

Форма эпюры нормальных контактных напряжений σ значительно сложнее, поэтому предложено построить её относительно эпюры касательные контактные напряжения τ , для чего надо использовать закономерности изменения условного коэффициента трения стружки по передней поверхности $\mu_i = \tau_i / \sigma_i$

Список литературы:

1. Полетика М.Ф., Красильников В.А. Динамометр для измерения силы и напряжений на передней поверхности резца /Станки и инструменты, 1971, т. 2, с. 37–38.
2. Полетика М.Ф. Контактные нагрузки на режущих поверхностях инструмента. – М.,: Машиностроение, 1969. – 150 с.

ПОВЫШЕНИЕ СТОЙКОСТИ ФРЕЗ ПРИ ОБРАБОТКЕ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ

М. Ци, аспирант гр. А1-21,
Ц. Чжан, магистрант гр. 4АМ11,
Л. Шэ, магистрант гр. 4АМ11,
В.Н. Козлов, к.т.н., доц.,

Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
тел. (3822) 606-389

E-mail: kozlov-viktor@bk.ru

Обрабатываемость титановых сплавов зависит от многих факторов: химического состава, структуры, твердости, метода получения исходной заготовки и её подготовки для дальнейшей лезвийной обработки. Обрабатываемость α - или даже α - β - сплавы сравнимы по обрабатываемости, однако обрабатываемость β - и псевдо- β - сплавов существенно хуже [1–4]. Основными проблемами при резании титановых сплавов являются следующие факторы:

- низкая теплопроводность приводит к плохой теплопередаче и замедленной теплоотдаче, что существенно увеличивает температуру режущего инструмента;
- интенсивное тепловыделение в зоне стружкообразования и низкая теплопроводность приводит к чрезмерному адгезионному износу режущей кромки, что вызывает её округление, образование фаски износа на задней поверхности длиной [1–4]. Интенсивный износ по передней поверхности приводит к быстрому увеличению лунки износа с уменьшением прочности режущего клина, появлению отрицательного переднего угла γ до -30° ;

- низкий модуль упругости титановых сплавов приводит к существенному восстановлению поверхности резания после прохода под режущей кромкой, что вызывает увеличение нормальных контактных напряжений на фаске износа по задней поверхности, появление вибрации, что увеличивает вероятность выкрашивания режущей кромки и ухудшает качество обработанной поверхности.

Эти факторы не только уменьшают стойкость инструмента, но и производительность, т. к. вызывают необходимость уменьшить скорость резания в несколько раз по сравнению срезанием незакалённой конструкционной стали.

При фрезеровании эти проблемы ещё более усугубляются, т. к. приходится работать с меньшей толщиной среза, что увеличивает подмятие металла под режущую кромку прите округления. Поэтому стараются использовать попутное фрезерование (рис. 1).

Было выявлено, что при уменьшении дуги контакта АЕ можно увеличить скорость резания при той же стойкости инструмента. Применяемые термины в справочнике [1] соответствуют терминам при концевом фрезеровании, применяемым в России: осевая глубина резания ap – это ширина фрезерования B ; радиальная глубина резания ae – это глубина резания t .

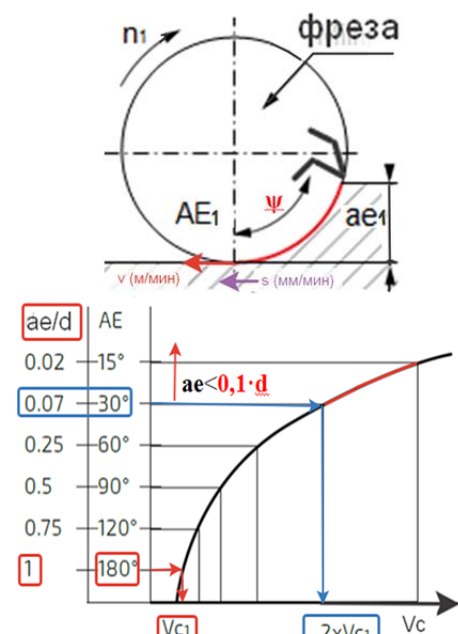


Рис. 1. Влияние длины дуги контакта АЕ и соотношения ae/d на скорость резания V_c .
Ti-6Al-4V-BK8 [1]

Вращающаяся фреза контактирует с обработанной деталью по дуге, определяемой углом зацепления AE (что соответствует также символу Ψ – центральный угол контакта) (рис. 1). Уменьшение этой дуги из-за уменьшения глубины резания ae сокращает тепловую нагрузку на режущую кромку фрезы, уменьшается промежуток времени резания и увеличивается время для ее охлаждения. Меньшее тепловыделение снижает вероятность закалки титана во время обработки.

Из-за вязкости титановых сплавов и малой длине контакта стружки увеличивается удельная сила резания, что приводит к высокой нагрузке на режущую кромку. Эффективное резание в таких условиях обеспечивается высокой жесткостью всей технологической системой, в том числе уменьшением вылета концевой фрезы. Это приводит к необходимости использования нескольких фрез с разными вылетами для фрезерования высокогоступа или глубокого паза, но это увеличивает время на переустановку инструмента и уменьшает производительность.

Применение смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ) под высоким давлением могло бы значительно уменьшить температуру режущего инструмента даже при фрезеровании, но часто это недопустимо из-за осаждения ингредиентов СОЖ на стружке и невозможности её вторичной переработки. Поэтому используется воздушная струя с избыточным давлением 0,5–0,6 МПа, которая не только охлаждает инструмент, но и улучшает завивание стружки. Но эффективность охлаждения в этом случае существенно меньше, чем при использовании СОЖ.

Список литературы:

1. Справочное руководство ISCAR. Обработка титана. Электронный ресурс: https://www.iscar.ru/Catalogs/publication-2019/machining_titanium_rus_metric.pdf.
2. Che-Haron, C.H. Tool life and surface integrity in turning titanium alloy. *Journal of Materials Processing Technology*, 118 (1–3) (2001) 231–237.
3. Полетика М.Ф., Афонасов А.И. Контактные условия на задней грани инструмента при элементном стружкообразовании. Сб. статей «Прогрессивные технологические процессы в машиностроении». – Томск, 1997, с. 14–17.
4. Kozlov V.N, Gerasimov A.B, Kim A.B. Distribution of contact loads over the flankland of the cutter with a rounded cutting edge (IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2016, vol. **124**) [012173].
5. Даурембеков А. Проблемы при фрезеровании титановых сплавов / А. Даурембеков, Ци Мэнсюй, В.Н. Козлов; науч. рук. В.Н. Козлов // Научная инициатива иностранных студентов и аспирантов сборник докладов II Международной научно-практической конференции, Томск, 26–28 апреля 2022 г.: / Национальный исследовательский Томский политехнический университет. Школа базовой инженерной подготовки . – Томск : Изд-во ТПУ, 2022. – С. 433–439.

НАПРЯЖЁННОЕ СОСТОЯНИЕ ИНСТРУМЕНТА ПРИ НЕСВОБОДНОМ РЕЗАНИИ СТАЛИ

М. Ци, аспирант гр. А1-21,
Ц. Чжан, магистрант гр. 4АМ11,
Л. Шэ, магистрант гр. 4АМ11,
В.Н. Козлов, к.т.н., доцент

Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
тел. (3822) 606-389
E-mail: kozlov-viktor@bk.ru

Расчёт напряжённо-деформированного состояния (НДС) режущего клина необходимо выполнять с приложением к рабочим поверхностям режущего инструмента контактных нагрузок в виде эпюр с реальным распределением [1–3].

Для избегания трудоёмкого экспериментального получения распределения контактных напряжений была разработана методики расчёта эпюр. 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) при обработке стали величина τ примерно постоянна, т. е. $\tau = \text{const}$ (рис. 1, б); на второй части длины контакта стружки τ практически прямолинейно уменьшается до нуля в точке отрыва стружки от передней поверхности. Эпюра τ в упрощенном виде имеет простой вид (рис. 1, б) и поэтому её параметры могут быть рассчитаны по уравнению

$$\tau_{\max} = \tau_{\text{const}} = F / (c \cdot 0,75 \cdot b_c), \quad (1)$$

где τ_{const} – величина τ на первом участке этой эпюры (МПа); F – касательная сила на передней поверхности режущего инструмента (Н) с учётом переднего угла γ (°); b_c – ширины контакта стружки с передней поверхностью реза, зависящая от глубины резания t ($b_c \approx t / \sin \phi$) (мм).

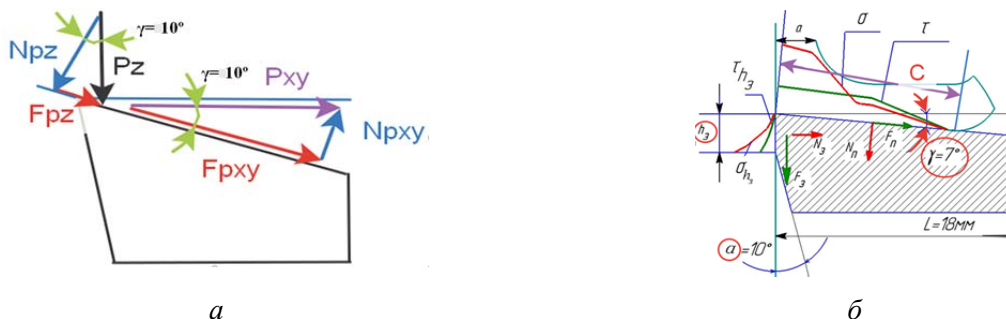


Рис. 1. Составляющие силы резания, действующие на передней поверхности при **положительном** переднем угле γ (а), и распределение контактных напряжений на поверхностях реза (б)

Касательная сила F рассчитывается по технологическим составляющим силы резания по формуле (рис. 1 а):

$$F = F_{P_{xy}} + F_{P_z} = P_{xy} \cdot \cos \gamma + P_z \cdot \sin \gamma, \quad (2)$$

где P_{xy} – результирующая радиальной P_x и осевой P_y сил, действующих в основной плоскости $P_{xy} = (P_x^2 + P_y^{20,5})$; P_z – тангенциальная составляющая силы резания; γ – главный передний угол.

Длина контакта c стружки может быть измерена экспериментально или определена по нашим графикам, которые показывают изменение c (мм) в зависимости от переднего угла γ (°) и толщины среза a (мм) [3]. Например, при точении стали 40Х с толщиной среза $a = 0,368$ мм:

$$c = 1,907 - 0,011 \cdot \gamma. \quad (3)$$

При косоугольном резании толщина среза рассчитывается по известной формуле: $a = s \cdot \sin \phi$, где s – подача (мм/об); ϕ – главный угол в плане.

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].

Особенности конфигурации эпюры нормальных контактных напряжений σ , определённых экспериментально [1], позволяют её построить после расчёта нормальной силы на передней поверхности инструмента N при положительном переднем угле γ по уравнению:

$$N = N_{Pz} - N_{Pxy} = P_z \cdot \cos \gamma - P_{xy} \cdot \sin \gamma. \quad (4)$$

Приложение реального распределения контактных напряжений на переднюю поверхность моделей резца позволило рассчитать распределение напряжений в режущем клине СМП с использованием программы ANSYS.

При черновой токарной обработке основная нагрузка приходится на участок, расположенный у главной режущей кромки. Но силы на вспомогательной режущей кромке приводят к изменению напряжённого состояния, поэтому нами было исследована степень влияния этих сил на НДС СМП с $\varphi = 90^\circ$ при нагрузке главной режущей кромки в 100, 90 и 80 % от общей силы резания. Считалось, что распределение контактных напряжений на передней поверхности у вспомогательной режущей кромке такое же, что и у главной режущей кромке (рис. 2).

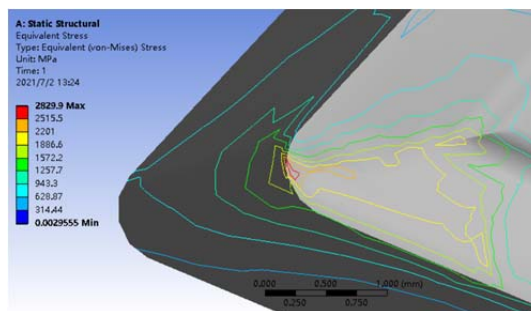


Рис. 2. Распределение эквивалентных напряжений $\sigma_{\text{экв}}$ в трёхгранной СМП при нагрузке по главной режущей кромке 90%, по вспомогательной режущей кромке 10 %. Сталь 40Х – Т15К6. $\varphi = 90^\circ$, $\gamma = -10^\circ$. $s=0,368$ м/об, $c = 2,02$ мм, ширина среза $b = 2$ мм. $F = 1196$ Н, $N = 2020$ Н. $\sigma_{\text{экв max}} = 2830$ МПа

По результатам расчётов были построены графики влияния переднего угла и доли силы резания на главной режущей кромке. Анализ картин НДС показал, что в трёхгранных СМП с увеличением доли нагрузки на вспомогательной режущей кромке величина наибольшего эквивалентного напряжения увеличивается в 1,25–1,65 раз при $\gamma = +10^\circ$ и в 1,19–1,36 раз при $\gamma = -10^\circ$ по сравнению с вариантом, когда вся нагрузка приходится только на главную режущую кромку.

При увеличении переднего угла величина наибольшего эквивалентного напряжения в 3-гранных СМП уменьшается во всех случаях.

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.
3. Определение параметров эпюр контактных напряжений на передней поверхности режущего инструмента при обработке стали / Ц. Чжао, В.Н. Козлов, Ц. Ю, М. Ци // Современные проблемы машиностроения сборник трудов XIII Международной научно-технической конференции, г. Томск, 26–30 октября 2020 г.: / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ) ; под ред. Е.Н. Пашкова. – Томск : Томский политехнический университет, 2020. – [С. 144–145].

УМЕНЬШЕНИЕ ВРЕМЕНИ РАСЧЁТА ТРЕБУЕМОГО КОЛИЧЕСТВА СТАНКОВ В МЕЛКОСЕРИЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

А. Сакрэ, бакалавр Institut polytechnique de Grenoble, Groupe Grenoble INP, Франция
Ц. Чжан, магистрант гр. 4AM11,
Л. Шэ, магистрант гр. 4AM11,
Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
тел. (3822) 606-389
E-mail: kozlov-viktor@bk.ru

Для подготовки технического задания для проведения технического перевооружения для повышения эффективности производства или при проектировании строительства нового цеха необходимо определить требуемое количество станков. Увеличение их количества приведёт к необоснованным затратам на приобретение оборудования, а их меньшее количество повлечёт проблемы по своевременному выполнению заказов.

Для расчёта количества станков в основном производстве прежде всего необходимо определить трудоёмкость обработки за год всех деталей в рассматриваемом цехе. В условиях мелкосерийного производства, когда количество обрабатываемых разных деталей более 50 шт., это требует большого количества времени, т. к. требуется разработать технологический процесс на каждую деталь в номенклатуре.

Предлагается использовать способ расчётов, при котором подробно разрабатывается техпроцесс только для одной детали, принимаются или рассчитываются режимы резания для каждого перехода, рассчитывается штучно-калькуляционное время на каждую i -ю операцию $t_{шт-к i}$ на всех n операциях, выполняемых в проектируемом цехе, а затем и на весь технологический процесс $T_{шт-к предст} = \sum t_{шт-к i}$. Трудоёмкость любой другой j -ой детали рассчитывается как произведение коэффициента приведения j -ой детали на штучно-калькуляционное время изготовления $T_{шт-к предст}$ подробно рассмотренной детали.

Для увеличения точности расчётов все детали делятся на несколько групп конструктивно-технологического сходства (КТС) по их конструкции и одинаковому типу оборудования, которое используется для их обработки, т. е. для обработки поверхностей, наиболее характерных для данной группы деталей [1–3].

Для каждой группы КТС выполняется эскиз комплексной детали, которая не будет изготавливаться, но она будет содержать все виды обработки, которые имеются у рассматриваемой группы КТС. Здесь нельзя упустить вид обработки, требующий применения специфического оборудования, например, долбежного станка для обработки внутреннего паза.

Как правило, при составлении эскиза комплексной детали не требуется придерживаться правдоподобия. Главное, чтобы конфигурация (конструкция) детали содержала все характерные поверхности, имеющиеся у любой из деталей в группе КТС. Длину и диаметры комплексной детали принимают равной наибольшим из всех деталей в группе, чтобы быть уверенным, что любая другая деталь войдёт на рабочую зону станка, а точность обработки типичных поверхностей – наиболее высокой из всех рассмотренных подобных поверхностей у всех деталей в группе КТС.

Составляется таблица расчёта трудоёмкости операций комплексной детали, в которой учитываются только те операции, которые будут выполняться в проектируемом цехе. После этого рассчитывается трудоёмкость обработки комплексной детали в проектируемом цехе.

На остальные детали в группе КТС трудоёмкость изготовления одной j -той детали определяется через коэффициент, который можно назвать *коэффициент приведения* трудоёмкости обработки этой j -той детали к трудоёмкости обработки комплексной детали. Этот коэффициент приведения учитывается при расчёте штучно-калькуляционного времени для каждой детали: $T_{шт-к j} = T_{шт-к компл} \cdot K_{пр j}$ (мин), где $K_{пр j}$ – коэффициент приведения рассматриваемой j -той детали.

Коэффициент приведения j -той детали определяется по формуле

$$K_{прj} = K_{вj} \cdot K_{серj} \cdot K_{слj} \cdot K_{матj},$$

где $K_{вj}$ – это коэффициент, учитывающий вес заготовки, а значит и площадь обрабатываемой поверхности; $K_{серj}$ – коэффициент, учитывающий серийность производства: чем больше годовая программа, тем больше возможность с экономической точки зрения спроектировать и изготовить специализированное приспособление, уменьшающее время на установку и закрепление заготовки; $K_{слj}$ – это коэффициент, учитывающий увеличение трудоёмкости обработки более точной детали; $K_{матj}$ – это коэффициент, учитывающий увеличение трудоёмкости обработки детали, изготовленной из более труднообрабатываемого материала.

Коэффициентов может быть и больше, но ограничиваются первыми тремя, если материал деталей незначительно различается по обрабатываемости. Коэффициент, учитывающий серийность производства, можно принять за единицу, если при проектировании технологической оснастки конструктором была предусмотрена возможность её перенастройки для других деталей в группе. Для годовой программы 500 шт. и менее не рационально проектировать и изготавливать приспособление для выполнения операции, но для общей годовой программы 10 000 шт. разных деталей в номенклатуре это будет позволительно.

Трудоёмкость годовой программы изготовления j -той детали рассчитывается по формуле $T_{Nj} = (T_{шт-кj} \cdot N_j)/60$ (ч). Так как технологический процесс составлялся на комплексную деталь, то трудоёмкость годовой программы для неё не рассчитывается и в общую трудоёмкость обработки рассматриваемой группы КТС она не входит.

Годовая трудоёмкость обработки всех деталей группы КТС рассчитывается как сумма трудоёмкости обработки годовой программы каждой детали: $T_{\sum Nj} = \sum T_{Nj}$ (ч).

После этого рассчитывается коэффициент использования каждой модели станка в техпроцессе комплексной детали. Для этого суммируется штучно-калькуляционное время только тех операций, где используется рассматриваемая модель станка, и делится на штучно-калькуляционное время всего техпроцесса комплексной детали, выполняемого в проектируемом цехе: $K_{модели ст i} = \sum t_{шт-к i модели ст} / T_{шт-к комп.}$

Выполняется проверка расчётов: $\sum K_{модели ст i} \approx 1$.

Рассчитывается количество станков каждой модели:

$$C_{модели ст. расч} = (T_{\sum Nj} / F_{д m}) \cdot K_{модели ст i},$$

где $F_{д m}$ – действительный фонд времени работы оборудования рассматриваемой модели при принятом количестве смен m . Для среднего универсального оборудования при двухсменной работе ($m = 2$) и пятидневной рабочей недели $F_{д m=2} = 4015$ ч.

Расчётное количество станков каждой модели округляется в большую сторону и принимается $C_{модели ст. пр.}$. После этого рассчитывается общее количество станков всех моделей: $C_{ст. пр.} = \sum C_{модели ст. пр.}$

Рассчитывается требуемая производственная площадь: $S_{произв} = \sum (C_{модели ст. пр.} \cdot q_s)$, где q_s – удельная площадь на один станок рассматриваемой модели ($m^2/станок$). Для мелкосерийного производства и станков средних размеров (длина от 1 800 до 4 000 мм) принимается $q_s = 20 m^2/станок$.

Список литературы:

1. Мельников Г.Н., Вороненко В.П. Проектирование механосборочных цехов. М.: Машиностроение, 1990. 350 с.
2. Козлов В.Н. Проектирование механосборочных цехов: учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2009. – 144 с.
3. Kozlov V.N., Pichugova I.L. Machine shops design: study aid / V.N. Kozlov, I.L. Pichugova; Tomsk Polytechnic University. – Tomsk: TPU Publishing House, 2012. – 132 p.

НАПРЯЖЁННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ РЕЖУЩЕЙ ПЛАСТИНЫ ПРИ ЕЁ ИЗНОСЕ

*В.Н. Козлов, к.т.н., доц.,
Ц. Чжан, магистрант гр. 4АМ11,
Л. Шэ, магистрант гр. 4АМ11,
Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
тел. (3822) 606-389
E-mail: kozlov-viktor@bk.ru*

Износ режущего инструмента приводит к появлению лунки на передней поверхности, округлению режущей кромки и увеличению фаски износа по задней поверхности. При обработке стали более опасным является увеличение длины фаски по задней поверхности h_z более 0,75 мм, т. к. существенно увеличиваются силы со стороны этой фаски, что приводит к сколу режущего клина.

При расчёте на прочность инструмента необходимо приложить к его 3D модели внешние нагрузки со стороны передней и задней поверхностей, для чего надо знать их распределение [1]. Особое внимание необходимо уделить распределению контактных напряжений на фаске износа по задней поверхности.

Приращение сил резания только за счёт увеличения длины фаски износа по задней поверхности h_z при постоянном режиме резания позволяет рассчитать контактные нагрузки на искусственной фаске по задней поверхности, заточенной с задним углом $\alpha_h = 0^\circ$ [1], что является дополнением к исследованиям распределения контактных напряжений на фаске износа, выполненным с использованием метода разрезного резца.

При обработке стали чаще всего образуется сливная стружка с постоянно действующей радиальной составляющей силы резания P_y , что приводит к упругому восстановлению поверхности резания с длиной волны $L_{\text{упр.восст}}$, зависящей от толщины среза a , рассчитываемой при косоугольном резании по формуле $a = s \cdot \sin\varphi$, где s – это подача (мм/об); φ – главный угол в плане ($^\circ$).

Чем больше толщина среза a , тем больше упругая деформация поверхности среза под областью зоны первичной пластической деформации и тем больше длина волны упругого восстановления поверхности резания.

Поэтому при малой толщине среза $a = 0,05$ мм нормальные контактные напряжения на фаске задней поверхности σ_h сначала увеличиваются более интенсивно, чем при большой толщине среза $a = 0,368$ мм (рис. 1), но при отдалении от режущей кромки x_{hi} более 0,7 мм график σ_h для $a = 0,368$ мм идёт вверх круче, и при x_{hi} более 1 мм величина σ_h становится очень большой.

Такой характер эпюры нормальных контактных напряжений объясняет причину повышения интенсивности износа режущего инструмента при увеличении длины фаски износа более 0,7 мм и скол режущей части при дальнейшем использовании инструмента без переточки или замены.

Расчёт НДС режущей пластины выполнялся после приложения эпюр контактных напряжений на передней поверхности и на фаске по задней поверхности. На передней поверхности длина контакта стружки с передней поверхностью разбивалась на участки и в пределах каждого такого i -того участка принималось, что распределение контактных напряжений равномерное и его величина равна среднему на этом участке, рассчитанному по эпюре соответственного контактного напряжения ($\sigma_{ср\ i}$ и $\tau_{ср\ i}$). С увеличением толщины среза a увеличивается и длина контакта стружки c с передней поверхностью, поэтому увеличивалось и количество участков для увеличения точности нагружения внешними нагрузками.

При увеличении длины фаски износа h_z с 0,2 до 1,4 мм при толщине среза $a = 0,05$ мм происходит существенное увеличение величины наибольшего эквивалентного напряжения (рис. 2).

При увеличении толщины среза величина наибольшего эквивалентного напряжения также увеличивается. При малой толщине среза $a = 0,05$ мм и сравнительно небольшой длине фаски износа по задней поверхности $h_3 = 0,2$ мм (рис. 2, а) величина наибольшего эквивалентного напряжения почти такая же, что и при большой толщине среза $a = 0,368$ мм. Это говорит о большом влиянии прогиба поверхности резания – часто изношенный инструмент чаще ломается при очень малой толщине среза $a < 0,05$ мм, т. к. длина волны упругого восстановления мала и рост нормальных контактных напряжений на фаске происходит более интенсивно.

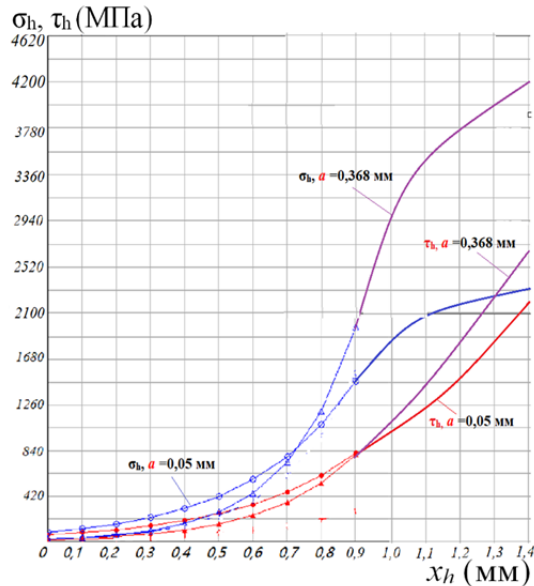


Рис. 1. Распределение нормальных σ_h и касательных τ_h (МПа) контактных напряжений на искусственной фаске износа по задней поверхности реза при обработке стали 40X. $\varphi=45^\circ$, $v=2$ м/с, $t=2$ мм, при толщине среза a : \circ, \bullet – $a = 0,05$ мм; \diamond, \blacklozenge $a = 0,368$ мм. Абсцисса – расстояние от режущей кромки вдоль фаски задней поверхности x_h (мм)

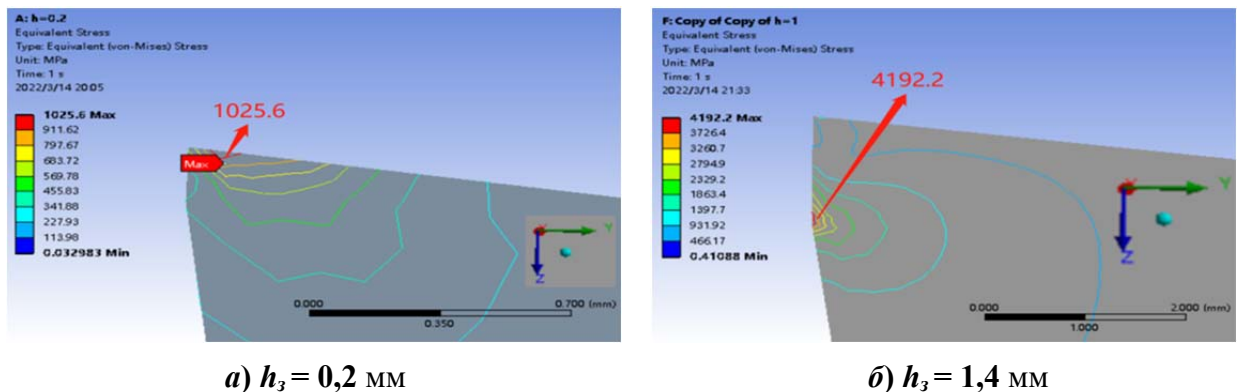


Рис. 2. Распределение эквивалентных напряжений $\sigma_{\text{экв max}}$ в режущем клине при прямоугольном резании диска. Сталь 40X – T15K6, передний угол $\gamma=+7^\circ$, $a = 0,05$ мм, длина контакта стружки $c = 0,46$ мм, ширина контакта $b = 2,82$ мм, $F = 338$ Н, $N = 405$ Н. $a - h_f=0,2$ мм, $\sigma_{\text{экв max}} = 1025,6$ МПа; $b - h_f=1,4$ мм, $\sigma_{\text{экв max}} = 4192,2$ МПа

Список литературы:

1. Kozlov Victor Nicolaevich, Zhang Jiayu, Guo Yingbin, Sabavath Sai Kiran. Contact loads on surfaces of worn out cutter in steel machining [Electronic resource] / Zhang Jiayu [et al.]; sci. adv. V.N. Kozlov // Научная инициатива иностранных студентов и аспирантов российских вузов : сборник докладов VIII Всероссийской научно- практической конференции, Томск, 16–18 мая 2018 г. / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). – Томск: Изд-во ТПУ, 2018. – [С. 39–45].

ОЦЕНКА ПРОЧНОСТИ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА ПРИ ОБРАБОТКЕ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ

М. Ци, аспирант гр. А1-21,
В.Н. Козлов, к.т.н., доц.,
Ц. Чжан, магистрант гр. 4АМ11,
Л. Шэ, магистрант гр. 4АМ11,
Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
тел. (3822) 606-389
E-mail: kozlov-viktor@bk.ru

При обработке титановых сплавов существует высокая вероятность разрушения режущего инструмента из-за концентрации внешних контактных нагрузок на передней поверхности и на фаске износа задней поверхности. Поэтому для расчёта на прочность инструмента необходимо знать распределение контактных напряжений на его поверхностях, находящихся в контакте со стружкой и заготовкой.

С этой целью нами были проведены экспериментальные исследования распределения нормальных σ и касательных τ контактных напряжений на передней поверхности резца методом разрезного резца [1, 2, 3] при свободном прямоугольном точении диска из труднообрабатываемого титанового сплава ВТ3-1 с радиальной подачей s (мм/об) (рис. 1). В этом случае толщина среза $a = s \cdot \sin\phi = s$ (мм).

По технологическим составляющим P_z и P_y силы резания (составляющая P_x отсутствовала в схеме свободного прямоугольного резания) при обработке неизношенным резцом были рассчитаны нормальная N и касательная F физические составляющие на передней поверхности с учётом величины переднего угла [1].

На первом этапе резание выполнялось неизношенным резцом, поэтому фиксировались силы, действующие только на передней поверхности, т. е. $P_{zn} = P_z$, $P_{yn} = P_y$. Так как при точении передний угол γ был равен нулю градусов, то не потребовалось дополнительно рассчитывать физические составляющие, т. е. $N = P_{zn}$, $F = P_{yn}$.

По результатам исследования распределения контактных напряжений на передней поверхности резца были построены эпюры нормальных σ и касательных τ контактных напряжений на передней поверхности (рис. 2). Обязательным являлась проверка равенства физических составляющих по эпюрам физическим составляющим из эксперимента [3].

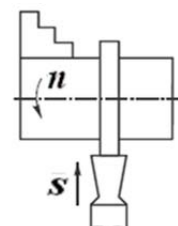


Рис. 1.
Точение периферии
диска с радиальной
подачей резца s

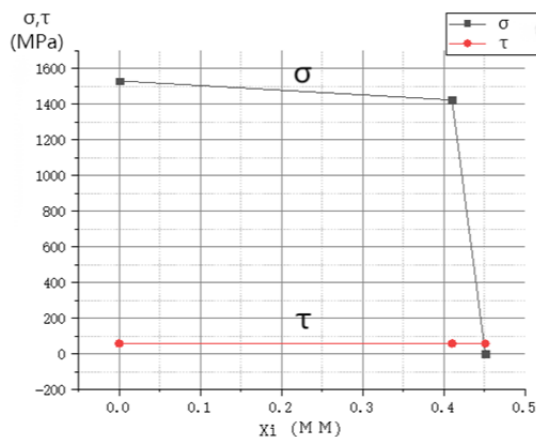


Рис. 2. Эпюры контактных напряжений на передней поверхности резца при толщине среза $a = 0,41$ мм, $s = 1,1$ а. ВТ3-1-ВК8, $\alpha = 10^\circ$, $v = 1$ м/с, $b = 2,3$ мм, $N = 1460$ Н, $F = 60$ Н,
 $\sigma_{max} = 1530$ МПа, $\tau_{max} = 57,6$ МПа

В результате измерений после выполнения резания и дополнительных расчётов длины контакта по наибольшему нормальному контактному напряжению σ_{\max} на эпюре нормальных контактных напряжений на передней поверхности, было определено, что при обработке титанового сплава ВТЗ-1 длина контакта стружки $c = 1,3 \times a$, эпюра σ имеет трапецидальный характер (рис. 2). Из-за малой длины контакта стружки c и малой величине среднего касательного напряжения $\tau_{\text{ср}} = F/(c \cdot b)$ принималось, что распределение касательных напряжений τ имеет равномерный характер (рис. 2).

Полученные контактные напряжения прикладывались к 3D модели резца и рассчитывались внутренние напряжения, в том числе и эквивалентные, т. к. они отражают влияние всех главных напряжений и напряжений по осям.

При нагружении по передней поверхности были рассмотрены несколько схем, у которых была разное количество участков, на которые разбивалась длина контакта стружки с передней поверхностью резца, т. е. у них была разная длина участков. Если длина участков малая (в идеале $\Delta x_i \rightarrow 0$ мм), то происходит более точная передача нагружения, т. к. удельные нормальные $q_{Ni} = \Delta N_i / (\Delta x_i \cdot b)$ и касательные $q_{Fi} = \Delta F_i / (\Delta x_i \cdot b)$ контактные нагрузки приближаются к нормальным σ и касательным τ контактным напряжениям соответственно. В этих формулах ΔN_i – это изменение (приращение) нормальной силы на длине Δx_i участка длины контакта стружки; ΔF_i – это изменение (приращение) касательной силы на длине этого участка; b – ширина контакта стружки.

При увеличении толщины среза с 0,11 мм до 0,41 мм происходит увеличение величины максимального эквивалентного напряжения $\sigma_{\text{экв max}}$ в 1,1 раза: с 1760 до 1948 МПа (рис. 3).

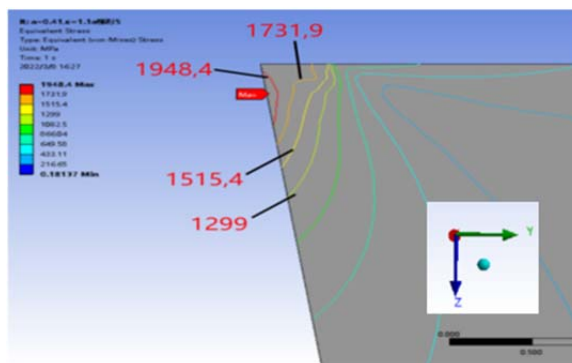


Рис. 3. Распределение эквивалентных напряжений в режущем клине при прямоугольном резании диска. ВТЗ-1-ВК8, $\gamma = 0^\circ$, $a = 0,41$ мм, $c = 1,1a$, $b = 2,3$, трапецидальный характер эпюры нормальных σ контактных напряжений, 5 участков

После появления износа по задней поверхности инструмента $h_f = 0,2$ мм максимальное эквивалентное напряжение $\sigma_{\text{экв max}}$ увеличивается в 1,94 раза: с 1948 до 3773 МПа (рис. 4).

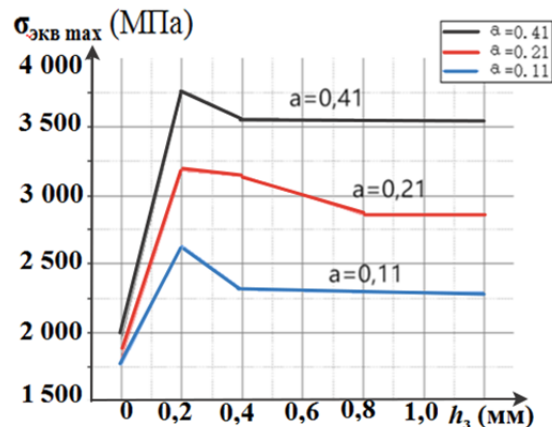


Рис. 4. Влияние длины искусственной фаски износа по задней поверхности h_f (мм) и толщины среза a (мм) на наибольшие эквивалентные напряжения $\sigma_{\text{экв max}}$ (МПа) при обработке титанового сплава. ВТЗ-1-ВК8, $v = 120$ м/мин, $\gamma = 0^\circ$

Увеличение длины фаски износа на задней поверхности с 0,2 до 1,2 мм приводит сначала к небольшому уменьшению максимального эквивалентного напряжения $\sigma_{\text{экв max}}$ (рис. 4), но затем его величина остаётся неизменной, что объясняет работоспособность режущих инструментов даже при большой величине износа по задней поверхности при обработке титанового сплава [4-7].

Увеличение толщины среза a вызывает существенное увеличение наибольшего эквивалентного напряжения $\sigma_{\text{экв max}}$ (рис. 4). Большая величина наибольшего эквивалентное напряжение при толщине среза $a = 0,41$ мм $\sigma_{\text{экв max}} = 3500\text{--}3750$ МПа при пределе прочности на сжатие 4200 МПа инструментального материала ВК8 говорит о высокой вероятности разрушения режущей части инструмента.

Список литературы:

1. Контактные нагрузки на режущих поверхностях инструмента / Полетика М.Ф. – Москва: Машиностроение, 1969. – 148 с.
2. 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.
3. Методика измерения контактных напряжений на поверхностях резца [Электронный ресурс] / В. Н. Козлов [и др.]; науч. рук. В. Н. Козлов // Молодежь и современные информационные технологии : сборник трудов XIV Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, г. Томск, 7–11 ноября 2016 г. в 2 т. / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ), Институт кибернетики (ИК) ; под ред. В.С. Аврамчук [и др.]. – Томск: Изд-во ТПУ, 2016. – Т. 2. – [С. 350–352]. – Заглавие с титульного экрана. – Свободный доступ из сети Интернет.
4. Afonarov A. and Lasukov A. Elementary Chip Formation in Metal Cutting // Russian Engineering Research, 2014, v. 3, pp. 152–155.
5. Полетика М.Ф., Афонасов А.И. Контактные условия на задней грани инструмента при элементном стружкообразовании. Сб. статей «Прогрессивные технологические процессы в машиностроении». – Томск, 1997, с. 14–17.
6. Kozlov V.N, Gerasimov A.B, Kim A.B. Distribution of contact loads over the flankland of the cutter with a rounded cutting edge (IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2016, vol. 124) [012173].
7. Che-Haron, C.H. Tool life and surface integrity in turning titanium alloy. Journal of Materials Processing Technology, 118 (1–3) (2001) 231–237.

АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ РАСЧЁТ РЕЗЬБЫ ДЛЯ УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ СТАНКОВ С ЧПУ

*Е.Н. Петровский, старший преподаватель,
Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
тел. (3822) 606-389
E-mail: petrovskiy@tpu.ru*

При обработке резьбы на некоторых изделиях, например, на зубных имплантатах, требуется трудоёмкое программирование управляющей программы, т. к. там используется резьба не с постоянным шагом (рис. 1), а цепочка резьб: сначала идёт резьба на цилиндрической поверхности, затем на конической, затем на поверхности сложной формы и т. д. (рис. 2). Шаг резьбы может быть разным, как и другие параметры резьбы на каждом участке.



Рис. 1. Фрезерование резьбы с постоянным шагом на цилиндрической поверхности



Рис. 2. Цепочка резьб на зубном имплантате

Поэтому предложена программа для упрощения составления управляющей программы для таких операций. Обработка выполняется фасонной дисковой фрезой малого диаметра или резьбовым резцом как на наружной, так и на внутренней поверхности (рис. 3).

Программа была разработана на более высоком уровне программирования на языке Python (рис. 4).



Рис. 3. Нарезание внутренней резьбы фрезой и резьбовым резцом

```
letpy
hello.py x MY-26grad.TXT x
1 import math
2 #>>> round(p) # Округление
3 fa = open('MY-26grad.TXT', 'w')
4
5 r1 = input('введи верхний радиус ПЕРВОЙ винтовой R1= ')
6 r2 = input('введи нижний радиус ПЕРВОЙ винтовой R2= ')
7 Zk = input('введи высоту ПЕРВОЙ винтовой Z1= ')
8
9 t = input('введи шаг винтовой, кратный высотам винтовых t= ')
10 #input('Уверены ?')
11
12 # input('ВНИМАНИЕ: нижний радиус ПЕРВОЙ винтовой ВСЕГДА РАВЕН верхнему
13 r22 = input('введи нижний радиус ВТОРОЙ винтовой R3= ')
14 Zk2 = input('введи КОНЕЧНУЮ высоту ВТОРОЙ винтовой Z2= ')
15 # input('ВНИМАНИЕ: шаг ПЕРВОЙ и ВТОРОЙ винтовой - РАВНЫ !!!')
16
17 r1 = int(r1)
18 r2 = int(r2)
19 Zk = int(Zk)
20 t = float(t)
21
```

Рис. 4. Пример программы на языке Python

Для составления исходных данных резьбы задаётся её диаметр, шаг, профиль поверхности, на которой требуется нарезать резьбу. После этого предлагаемая программа составляет управляющую программу, которая вводится на станке с ЧПУ.

Особенность программы является простота формирования управляющей программы и возможность быстрой её коррекции при необходимости.

На составление управляющей программы для станка с ЧПУ требуется не более минуты. Всё очень просто!

ИССЛЕДОВАНИЕ ПО ОПТИМИЗАЦИИ УСИЛИЯ ФРЕЗЕРОВАНИЯ РЕЗЬБЫ В СУПЕРСПЛАВЕ

Е.Н. Петровский, ст. преп.,

В. Сун, студент гр. 4АМ11

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

тел. (3822) 606-389

E-mail: petrovskiy@tpu.ru

Фрезерование резьбы, как правило, выполняется за несколько проходов, разделенных на черновую и чистовую обработку, но для труднообрабатываемых материалов сила резания во время фрезерования велика, что оказывает большее влияние на точность обработки и срок службы инструмента. Поэтому фрезеровать резьбу на заготовках из труднообрабатываемых материалов достаточно сложно не имея руководства [1–3].

При врезании зуба фрезы в заготовку площадь контакта фрезы с заготовкой равна S_i (рис. 1) и мгновенная тангенциальная сила P_i в процессе фрезерования пропорциональна этой площади:

$$P_i = K \cdot S_i, \quad (1)$$

где K – коэффициент, зависящий от прочности обрабатываемого материала.

Из рис. 1 видно, что пересечение между P_i и $P_{кр}$ и значение толщины среза t_c изменяются с изменением угла поворота зуба фрезы θ между P_i и $P_{кр}$, так что их можно рассматривать как функции с независимой переменной θ . Таким образом можно получить:

$$t_c(\theta) = f_z \cdot \sin\theta, \quad (2)$$

где f_z представляет собой подачу на зуб. Очевидно, что S_i пропорциональна t_c и длине перемещения L , поэтому получится следующее уравнение:

$$S_i(\theta) = K_1 \cdot t_c(\theta) \cdot L(\theta). \quad (3)$$

Из рисунка 1 следует, что L увеличивается с уменьшением θ , а $\sin\theta$ уменьшается с уменьшением θ , поэтому F_t достигает максимального значения, когда θ принимает определенное значение θ_s . Приняв $\theta = \theta_s$, $K \cdot K_1 = K_2$, получаем:

$$F_{tmax} = K_2 \cdot f_z \cdot \sin\theta \cdot L(\theta_s)$$

Величина $L(\theta_s)$ увеличивается с увеличением каждого прохода, поэтому $L(\theta_s)$ положительно коррелирует с площадью поперечного сечения A_{ci} , то есть A_{ci} положительно коррелирует с F_{tmax} . Размер площади поперечного сечения A_{ci} легко вычислить, поэтому оптимизируя A_{ci} можно оптимизировать F_{tmax} .

При обработке резьбы М5, в соответствии с общим методом обработки, процесс фрезерования делится на 5 проходов для завершения процесса черновой и чистовой обработки резьбы. Каждый проход принимает различную радиальную глубину резания $a_{e1} = 0,17\text{мм}$, $a_{e2} = 0,15\text{мм}$, $a_{e3} = 0,12\text{мм}$, $a_{e4} = 0,10\text{мм}$, $a_{e5} = 0,03\text{мм}$, общая глубина реза $0,57\text{мм}$, $n = 1500$ об/мин, $f_z = 0,01$ мм, $r = 2,35\text{мм}$.

Применяется попутное фрезерование, и инструмент перемещается в осевом направлении сверху вниз. В эксперименте измеряется усилие фрезерования каждого прохода.

Оптимизированная и неоптимизированная глубина резания показаны в табл. 2. В основном изменялась глубина резания первого прохода, так что глубина резания первого прохода была значительно увеличена, глубина резания трех средних проходов была

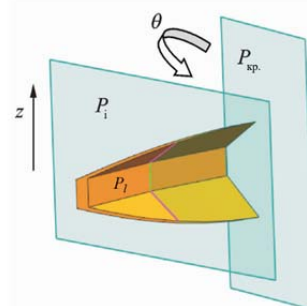


Рис. 1.
3D-модель сечения среза
при фрезеровании
резьбы

уменьшена, а глубина резания последнего прохода увеличена для предотвращения затира-
ния обработанной поверхности из-за малой толщины среза.

Таблица 1

Усилия фрезерования, крутящий момент и площадь поперечного сечения

Номер прохода фрезы	a_e , мм	F_{xy} , Н	F_z , Н	M_z , Н·м	A_{ci} , мм ²
1	0,17	67,5	20,9	0,78	0,0167
2	0,15	112,9	29,2	1,17	0,0423
3	0,12	132,1	34,1	1,34	0,0525
4	0,10	143,3	40,0	1,46	0,0567
5	0,03	117,7	30,9	1,25	0,0204

Таблица 2

Сравнение глубины резания без и после оптимизации

	a_{e1} , мм	a_{e2} , мм	a_{e3} , мм	a_{e4} , мм	a_{e5} , мм
Без оптимизации	0,17	0,15	0,12	0,10	0,03
После оптимизации	0,256	0,105	0,080	0,067	0,062

Оптимизированная глубина резания применялась при выполнении нового экспери-
мента по фрезерованию резьбы (таблица 3).

Таблица 3

Усилие фрезерования, крутящий момент после оптимизации

Силы и крутящий момент	$a_{e1}/мм$	$a_{e2}/мм$	$a_{e3}/мм$	$a_{e4}/мм$	$a_{e5}/мм$
F_{xy} , Н	109,8	110,5	106	107	109
F_z , Н	29,0	112,9	29,5	28,3	28,2
M_z , Н·м	1,17	1,19	1,12	1,14	1,14

Результаты измерений показывают, что сила резания и крутящий момент каждого про-
хода в основном равны, а силы фрезерования F_{xy} и F_z изменяются в пределах 110 Н и 30 Н,
крутящий момент изменяется в пределах 1,19 Н·м, то есть они уменьшаются соответственно
на 30 Н, 10 Н и 0,26 Н·м по сравнению с первоначальным значением F_{xy} , F_z и M_z . Таким
образом, стратегия обработки, заключающаяся в оптимизации радиальной глубины резания
при фрезеровании резьбы из суперсплава за счет одинаковой площади поперечного сечения
каждого прохода, уменьшает диапазон изменения силы резания и делает резание более ста-
бильным во время каждого прохода, повышая надёжность работы режущего инструмента,
точность обработки резьбы и стойкость инструмента.

Список литературы:

1. Araujo A.C., Silveira J.L., Jun M.B.G., et al. A model for thread milling cutting forces [J]. International Journal of Machine Tools & Manufacture, 2006. 46(15): 2057–2065.
2. Grillaume F. Gerard P. Geometrical analysis of thread milling – Part 1. Evaluation of tool angles [J], International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2010, 49(1/2/3/4) 73–80.
3. Che-Haron, C.H. Tool life and surface integrity in turning titanium alloy. Journal of Materials.

ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОЙ РУЧНОЙ МАШИНЫ

*В.С. Коротков, к.т.н., доц.,
Ван Чэнвэй, студент гр. 4АМ11
Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
тел. (3822) 60-63-89
E-mail: kvs@tpu.ru*

В Томском политехническом университете разработана конструкция ручной машины (РМ) электробур на базе коллекторного двигателя с волновой передачей с промежуточными телами качения (ВППТК), которая предназначена для бурения шпуров при инженерных изысканиях; бурения ям под столбы ограждения, фундамент для небольших построек и т. п. [1]. Такая РМ востребована небольшими строительными фирмами, фермерами, индивидуальными предпринимателями для выполнения малых объемов работ. Как правило небольшие строительные фирмы не имеют достаточно средств для покупки дорогого профессионального инструмента [2], разработанного для выполнения строго определенной рабочей функции (бурение грунта, нарезание резьбы, закручивание гаек и т. д.), поэтому предлагается разработать дополнительную насадку для существующей РМ электробур, которая позволит использовать ее в качестве высоко моментного гайковерта. Такое техническое решение снизит затраты пользователей на выполнение данного вида работ в своей профессиональной деятельности.

Применение волновой передачи с промежуточными телами качения во второй ступени передаточного механизма обеспечит получение крутящего момента на рабочем органе до $800 \text{ Н} \cdot \text{м}$. Этого момента достаточно для закручивания и откручивания гаек на соединительных фланцах небольших трубопроводов и на сборных металлоконструкциях различного назначения.

В табл. 1 приведена техническая характеристика РМ гайковерт с двухступенчатым передаточным механизмом.

Таблица 1

Техническая характеристика статического гайковерта

$N_{дв}$, кВт	$n_{дв}$, об/мин	U_1	U_2	$T_{рo}$, Н · м	$n_{рo}$, об/мин
1,4	13000...15000	59	35	800	6,3...7,3

где: $N_{дв}$ – потребляемая мощность двухфазного коллекторного двигателя; $n_{дв}$ – номинальная частота вращения якоря двигателя; U_1 – передаточное отношение первой ступени редуктора; U_2 – передаточное отношение второй ступени редуктора; $T_{рo}$ – крутящий момент на рабочем органе; $n_{рo}$ – частота вращения рабочего органа.

Расчет геометрических параметров ВППТК для второй ступени выполнен по [3]. Расчет эквивалентных напряжений (рис. 1) и деформаций (рис. 2) на валу сепаратора второй ступени передаточного механизма выполнен в программе ANSYS для однорядного, двухрядного, трехрядного и четырехрядного сепаратора. Материал сепаратора сталь 40Х. Результаты расчета представлены в табл. 2.

Таблица 2

Максимальные эквивалентные напряжения в стенках сепаратора

D_c , мм	F_c , Н	$\sigma_{эKB 1}$, МПа	$\sigma_{эKB 2}$, МПа	$\sigma_{эKB 3}$, МПа	$\sigma_{эKB 4}$, МПа
82	19 512	850	404	290	210

где: D_c – диаметр сепаратора; F_c – сила, приложенная к телам качения; $\sigma_{эKB1}$ максимальное напряжение в стенках однорядного сепаратора; $\sigma_{эKB2}$ – максимальное напряжение в стен-

ках двухрядного сепаратора; $\sigma_{\text{ЭКВ3}}$ – максимальное напряжение в стенках трехрядного сепаратора; $\sigma_{\text{ЭКВ4}}$ – максимальное напряжение в стенках четырехрядного сепаратора.

Анализ данных представленных в табл. 2 показывает, что заданную нагрузку может выдержать только четырехрядный сепаратор, поэтому далее рассмотрим какие напряжения возникают в опасных сечениях такого сепаратора.

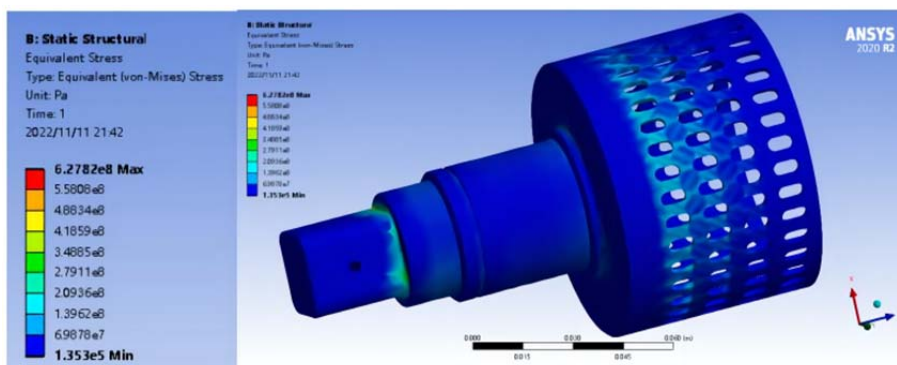


Рис. 1. Распределение эквивалентных напряжений между рядами сепаратора

Из рисунка 1 видно, что первый ряд перемычек нагружен максимально, во втором, третьем и четвертом ряду эквивалентные напряжения последовательно снижаются, предположительно из-за деформации сепаратора. Следует отметить, что в одном ряду перемычки нагружены также не равномерно, этот факт можно объяснить тем, что положение линии контакта тела качения с перемычкой сепаратора изменяется на протяжении линии зацепления.

В результате расчета в ANSYS установлено, что допускаемые напряжения в перемычках сепаратора не превышают действующих напряжений. Из расчетной модели (рис. 1) видно, что наибольшие напряжения в детали возникают в месте перехода цилиндрической поверхности вала в квадратное сечение. Так как выходной вал имеет небольшую частоту вращения, то если принять за предельные напряжения предел текучести материала, то в этом случае условие прочности выполнится для рассматриваемого сечения вала.

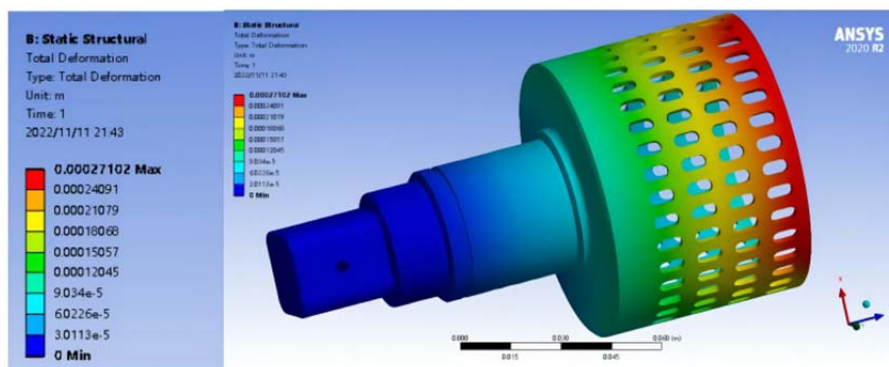


Рис. 2. Деформация сепаратора от расчетной нагрузки на валу 800 Н·м

Таким образом, можно сделать вывод, что применение волновой передачи с промежуточными звеньями с четырехрядным расположением тел качения в сепараторе во второй ступени передаточного механизма обеспечит работоспособность статического гайковерта.

Список литературы:

1. Пат. 52067 RU, МПК Е 21 В 3/02. Электробур с редуктором с промежуточными телами качения / В.С. Коротков; Томский политехнический университет (ТПУ). – № 2005124607/22; заявл. 02.08.05; опубл. 10.03.06.
2. https://rpts-tools.ru/catalog/innotorc/momentnye_gaykovyerty/.
3. Панкратов Эдуард Николаевич. Проектирование механических систем автоматизированных комплексов для механообрабатывающего производства: Практикум лидера-проектировщика. – Томск: Изд-во ТГУ, 1998. – 295 с.

ИЗМЕРЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СВАРОЧНОГО ВЫПРЯМИТЕЛЯ

И.А. Куренбин

А.С. Гордынец, к.т.н., доц.,

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

E-mail: iak62@tpu.ru

Характеристики сварочного оборудования непосредственно влияют на производительность и качество процессов дуговой сварки. В свою очередь сварочно-технологические свойства оборудования зависят от его статических и динамических характеристик.

Статическая вольт-амперная характеристика (ВАХ) определяет величину тока в сварочной цепи при неизменном либо медленно меняющемся сопротивлении нагрузки. Однако межэлектродный промежуток непредсказуемо и скачкообразно изменяет свое сопротивление от нуля до бесконечности (горение дуги, короткое замыкание и неионизированное состояние). Математическое описание происходящий при этом процессов невозможно выполнить, используя только статические ВАХ. Следовательно, необходимо оперировать динамическими характеристиками источников питания. [1, 2].

В литературе практически отсутствуют сведения об оценке динамических характеристик и, как следствие, нет методики их измерения. Учитывая выше изложенное необходимо разработать методику измерения динамических характеристик сварочных источников питания и экспериментально проверить ее.

Динамические характеристики можно оценить по постоянной времени сварочной цепи:

$$\tau = (L_{др.} + L_{св.}) / (R_{эз} + R_{св.}), \quad (1)$$

где τ – постоянная времени, с; $L_{др.}$ – индуктивность сглаживающего дросселя, Гн; $L_{св.}$ – индуктивность сварочных кабелей, Гн; $R_{эз}$ – сопротивление межэлектродного промежутка, Ом; $R_{св.}$ – сопротивление сварочных кабелей, Ом.

Из анализа уравнения следует, что при неизменной индуктивности, скорость изменения тока зависит от сопротивления составляющих сварочной цепи. Так как сопротивление кабелей постоянно и равно примерно 20 мОм, поэтому скорость нарастания напрямую зависит от сопротивления межэлектродного промежутка. При коротком замыкании $R_{эз}$ равно нулю. При горении дуги, в случае ручной дуговой сварки, $R_{эз}$ можно определить по формуле [4]:

$$R_{эз} = 20 / I_d + 0,04, \quad (2)$$

где I_d – ток сварочной цепи.

Следовательно, в процессе сварки, при токе 100 А, сопротивление сварочной цепи изменяется в пределах от 20 до 260 мОм. Поэтому измерения нужно производить при коротком замыкании нагрузки и при сопротивлении нагрузки 240 мОм.

Традиционно динамические характеристики оценивают с помощью амплитудно-частотной (АЧХ) и фазо-частотной (ФЧХ) характеристик. Которые показывают насколько точно, быстро и с каким запаздыванием источник питания способен реализовывать управляющее воздействие.

Измерения АЧХ и ФЧХ осуществлялись на специальном стенде (рис. 1), в состав которого входили: сварочный выпрямитель (ИП), трансформатор (ТВ), осциллограф Rigol MSO5074, токовый осциллографический пробник LEM HEME PR1030 и балластный реостат. Эксперимент проводили следующим образом, первоначально устанавливали задающее напряжение ($U_{зад}$), соответствующее току 100 А. После чего подбирали сопротивление балластного реостата (R_6) таким, чтобы напряжение на его клеммах было равно 24 В. Измерения частотных характеристик осуществлялось автоматически с помощью встроенного в осциллограф генератора и программного обеспечения автоматизированного построения графиков АЧХ и ФЧХ, приведенных на рис. 2.

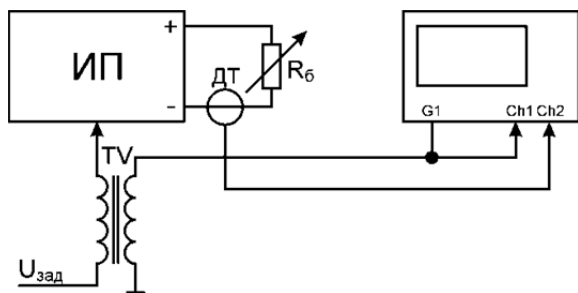


Рис. 1. Схема проведения эксперимента

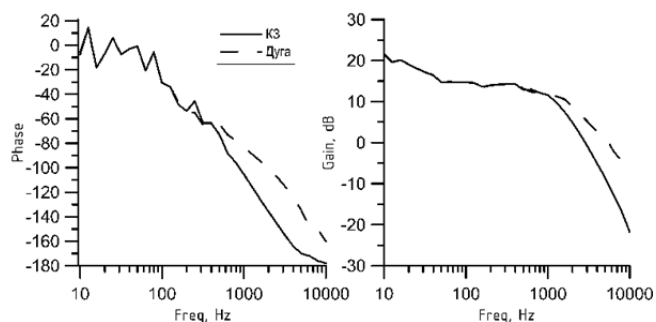


Рис. 2. ФЧХ и АЧХ источника питания

Анализ графиков показал, что при коротком замыкании полюс частотной характеристики смещается в низкочастотную область, тем самым снижая динамические характеристики источника сварочного тока. Это совпадает с анализом теоретической зависимости (2).

Выводы. Предложенный метод измерения динамических характеристик сварочных источников питания является работоспособным. Достоверность полученных АЧХ и ФЧХ подтверждается совпадением экспериментальных результатов с теоретически ожидаемыми.

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 / Ю.Н. Сараев, Д.А. Чинахов, Д.П. Ильященко, А.С. Киселев, А.С. Гордынец // Сварочное производство. – 2016. – № 12. – с. 3–10.
4. Гладков Э.А. Управление процессами и оборудованием при сварке: учеб. Пособие для студ. высш. учеб. заведений / Э.А. Гладков. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 432 с.
5. Лесков Г.И. Электрическая сварочная дуга / Г.И. Лесков. – М.: Машиностроение, 1970. – 335 с.
6. Заруба И.И. Статистические показатели стабильности при оценке сварочных свойств источников питания для дуговой сварки / И.И. Заруба, В.П. Латанский, Н.В. Троицкая // Новые сварочные источники питания: сб. науч. тр. АН Украины, ИЭС им. Е.О. Патона. – Киев, 1992. с. 86–94.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ПНЕВМАТИЧЕСКОГО ЭЖЕКТОРНОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ РАСПЫЛЕНИЯ ВЯЗКИХ ЖИДКОСТЕЙ

Г.В. Лысак, студент гр. 4АМ2К,

И.А. Лысак, к.т.н., доц.,

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

тел. (3822) 701-777

E-mail: gvl2@tpu.ru

Полимерные волокна с диаметром ниже нескольких микрон, благодаря таким характеристикам, как высокое отношение площади поверхности к объему и удельная прочность, находят применение в заживлении ран, доставке лекарств, конструкционных композитах и т. п. [1,2]. Методы аэродинамического формования волокон из расплава начинают все более широко использоваться для изготовления ультратонких волокон. Применение эжекторных распылительных устройств для получения синтетических волокнистых материалов требует решения ряда исследовательских и опытно-конструкторских задач.

Таким образом целью настоящей работы являлось установление оптимального сочетания основных эксплуатационных характеристик эжектора для его использования в режиме распыления. В качестве критериев оптимизации выбраны общий расход, скорость потока на оси струи, расход воздуха вторичного потока, увлекаемого из окружающей среды, и величина перепада давления. Задача оптимизации сводилась к достижению наибольших значений первых трех критериев при наименьшем избыточном давлении [3]. Оценка эффективности работы эжектора при различных сочетаниях рассматриваемых факторов выполнена по комплексу его характеристик с использованием экспоненциальной функции желательности [4].

Значение обобщенного отклика (рис. 1) рассчитывалось как среднее геометрическое частных откликов согласно зависимости

$$Y = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n d_i}.$$

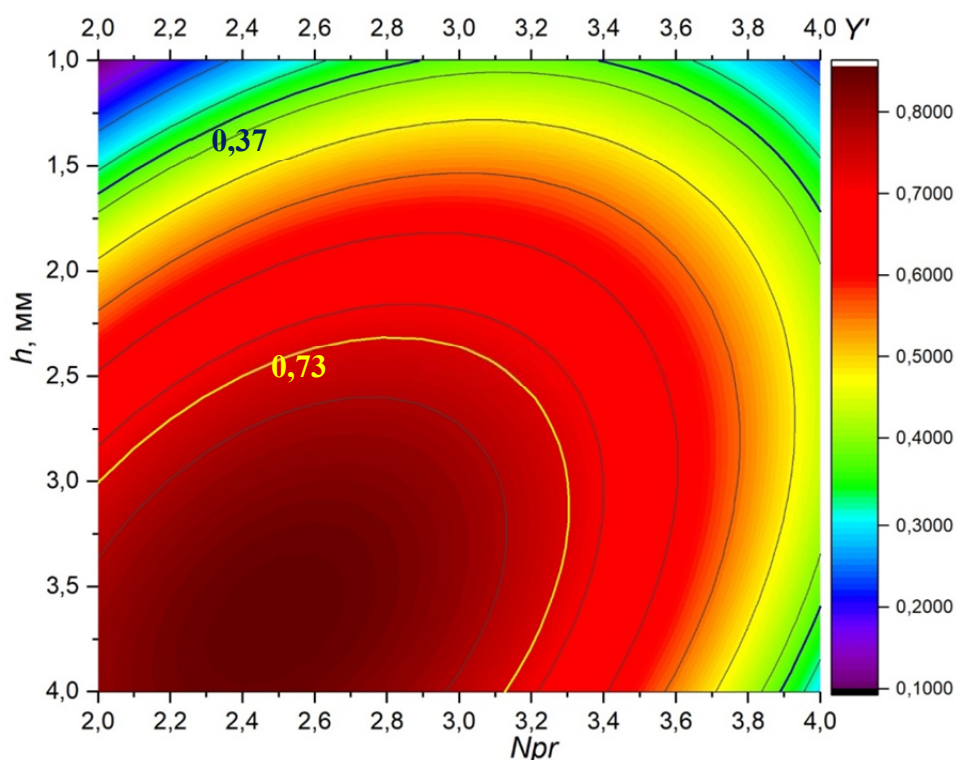


Рис. 1. Диаграмма значений обобщенного отклика

Уровень 0,73 соответствует предпочтительной оценке по шкале желательности, а уровень 0,37 является нижней границей удовлетворительной оценки. Наибольшее значение обобщенного отклика достигается при $Npr = 2,5$ и $h = 3,65$ мм ($\mu F = 21$ мм²).

Список литературы:

1. A.J. Rigby and S.C. Anand, 'Medical textiles', Handbook of Technical Textiles (A.R. Horrocks and S. C. Anand, eds), Woodhead Publishing, Cambridge (2000)
2. Hellmann Ch., Greiner, A., and Wendorff, J.H. (2009) Design of pheromone releasing nanofibers for plant protection . Polym. Adv. Technol. doi: 10.1002/pat.1532
3. Лысак И.А., Лысак Г.В. Оценка эффективности режимов работы эжекторного пневматического распылительного устройства с использованием функции желательности Харрингтона «Ползуновский альманах» 2018 г. № 4, стр. 28–32.
4. Адлер Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю.П. Адлер, Е.В. Маркова, Ю.В. Грановский. – М.: Наука, 1976.

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРОВОЛОЧНО-ДУГОВОГО АДДИТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА НА СТРУКТУРУ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА БРОНЗЫ

А.С. Непомнящий^{1,2}

В.М. Семенчук²

¹*Томский политехнический университет*

²*Институт физики прочности и материаловедения СО РАН*

E-mail: asn39@tpu.ru

Технология проволочного-дугового аддитивного производства в настоящее время является перспективным аналогом традиционным методам изготовления изделий сложной формы [1]. Преимуществами данной технологии является получение изделий заданной формы с необходимыми свойствами, высокая автоматизация и производительность процесса, высокая эффективность использования ресурсов [2]. В настоящее время существуют технологии, которые позволяют снизить ввод тепла в изделие, такие как cold arc (EWM), cold metal transfer «СМТ» (Fronius). Процесс сварки «ColdArc» снижает значение пикового тока короткого замыкания за счет динамического управления сварочным током, формируя процесс наплавки с низким тепловыделением и очень малым разбрызгиванием электродного металла. Сварка «СМТ» включает в себя систему подачи проволоки с цифровым управлением для обеспечения контролируемого процесса нанесения материала с низким тепловыделением. Данные технологии могут успешно применяться и при проволочно-дуговой печати.

Алюминиево-марганцевая бронза применяется для изделий, от которых требуются высокие антикоррозийные, трибологические свойства. Большинство изделий, изготавливаемых из алюминиево-марганцевой бронзы, такие как гребные винты, поршневые цилиндры, шестерни имеют сложную геометрическую форму и применение проволочно-дугового аддитивного производства может снизить затраты на изготовление готовой продукции [3]. Алюминиево-марганцевые бронзы имеют небольшой интервал кристаллизации, что ведет к повышенной усадке порядка 1,9–2,7 %, из-за этого такие бронзы склонны к трещинообразованию и поглощению газов [4].

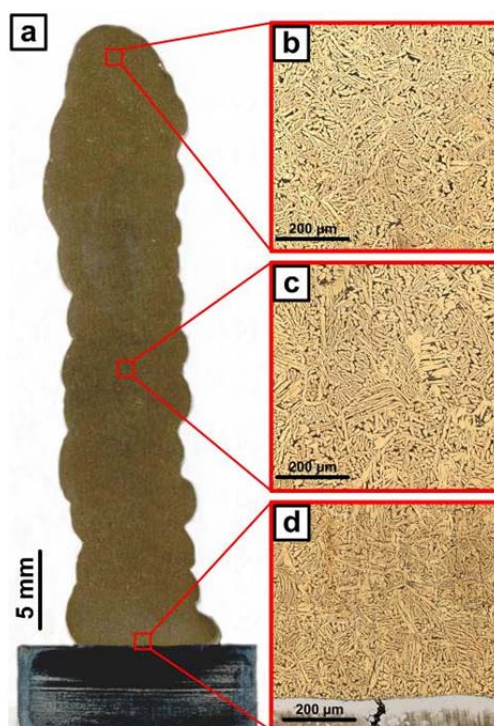


Рис. 1. Макро- и микроструктура алюминиевой бронзы CuAl9Mn2 в перпендикулярном сечении напечатанного изделия

В настоящем исследовании 3D-печать алюминиево-марганцевой бронзы осуществляли на 6-осевом промышленном роботе FANUC Robot ARC Mate 100iD со сварочной горелкой и инверторном источнике питания EWM Titan XQ R 400 Pulse с технологией «coldArc». Для 3D-печати была выбрана проволока CuAl9Mn2 диаметром 1.2 мм, которую наплавляли в среде защитного газа (Ar-100 %) на прямоугольную подложку толщиной 5 мм из нержавеющей стали марки SS 321. 3D-печать проводилась на трех различных режимах 1. «ColdArc», 2. «ColdArc superpulse», 3. «GMAW».

На рис. 1 представлена макро и микроструктура образца БрАМц9-2.

Материал образцов бронзы представлен в основном в виде дендритных ячеек различного размера. Вблизи подложки у трех образцов микроструктура состоит из более равноосных зерен алюминиево-марганцевой бронзы по сравнению со структурой с более крупными дендритными ячейками в центральной и верхней части образцов (рис. 1), что связано с наименьшим тепловложением в наплавленный слой и интенсивным отводом тепла в подложку. Тенденция сохраняется для образцов, вырезанных в продольном сечении.

Установлено, что технология EWM-«coldArc» с минимальным тепловложением позволяет достичь оптимального формирования наносимых слоев. Однако, данная технология незначительно снижает механические свойства изделия в сравнении с традиционным методом наплавки GMAW, что подтверждается микротвердостью и результатами механических испытаний. Было выявлено, что высокая мощность при минимальной площади отвода тепла приводит к изменению геометрии в начале и конце стенки. Предел прочности горячекатаного изделия (440 МПа) на 25 % ниже предела прочности изделия, полученного методом WAAM (591 МПа).

Список литературы:

1. S.W. Williams, F. Martina, A.C. Addison, J. Ding, G. Pardal & P. Colegrove. Wire + Arc Additive Manufacturing // Materials Science and Technology 2016 Vol 32 N 7 p. 641–647. DOI: 10.1179/1743284715Y.0000000073.

2. T. Artaza, A. Alberdi, M. Murua, J. Gorrotxategi, J. Frías, G. Puertas, M.A. Melchor, D. Mugica, A. Suárez Design and integration of WAAM technology and in situ monitoring system in a gantry machine // Procedia Manufacturing Volume 13, 2017, Pages 778–785.

3. Donghong Ding, Zengxi Pan, Stephen van Duin, Huijun Li and Chen Shen Fabricating Superior NiAl Bronze Components through Wire Arc Additive Manufacturing, Materials (Basel) 9 (8) (2016), <https://doi.org/10.3390/ma9080652>.

4. Горбатенко В.П. Материаловедение: Учебник для технологических и механических специальностей высших учебных заведений / В.П. Горбатенко, Т.В. Новоселова. – Невинномысск: ЭльДирект, 2018. – 324 с.

ВЛИЯНИЕ АМПЛИТУДНО-ВРЕМЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ СПАДА ТОКА ПРИ ДУГОВОЙ СВАРКЕ НЕПЛАВЯЩИМСЯ ЭЛЕКТРОДОМ В СРЕДЕ АРГОНА НА ГЛУБИНУ КРАТЕРА

*А.С. Гордынец, к.т.н., доц.,
А.С. Пушкарёв, студент гр. 1ВМ21,
С.И. Скрипко, аспирант*

*Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: asp73@tpu.ru*

При дуговой сварке неплавящимся электродом в среде аргона одним из недопустимых дефектов является кратер [1]. Для его устранения применяется постепенный спад тока в течение 2...3 секунд. Для сварки деталей толщиной менее 1 мм применяют импульсы тока субсекундной длительности, то есть менее 1 с [2]. В связи с чем необходимо исследовать влияние амплитудно-временных параметров спада тока при субсекундной дуговой сварке неплавящимся электродом в среде аргона на глубину кратера.

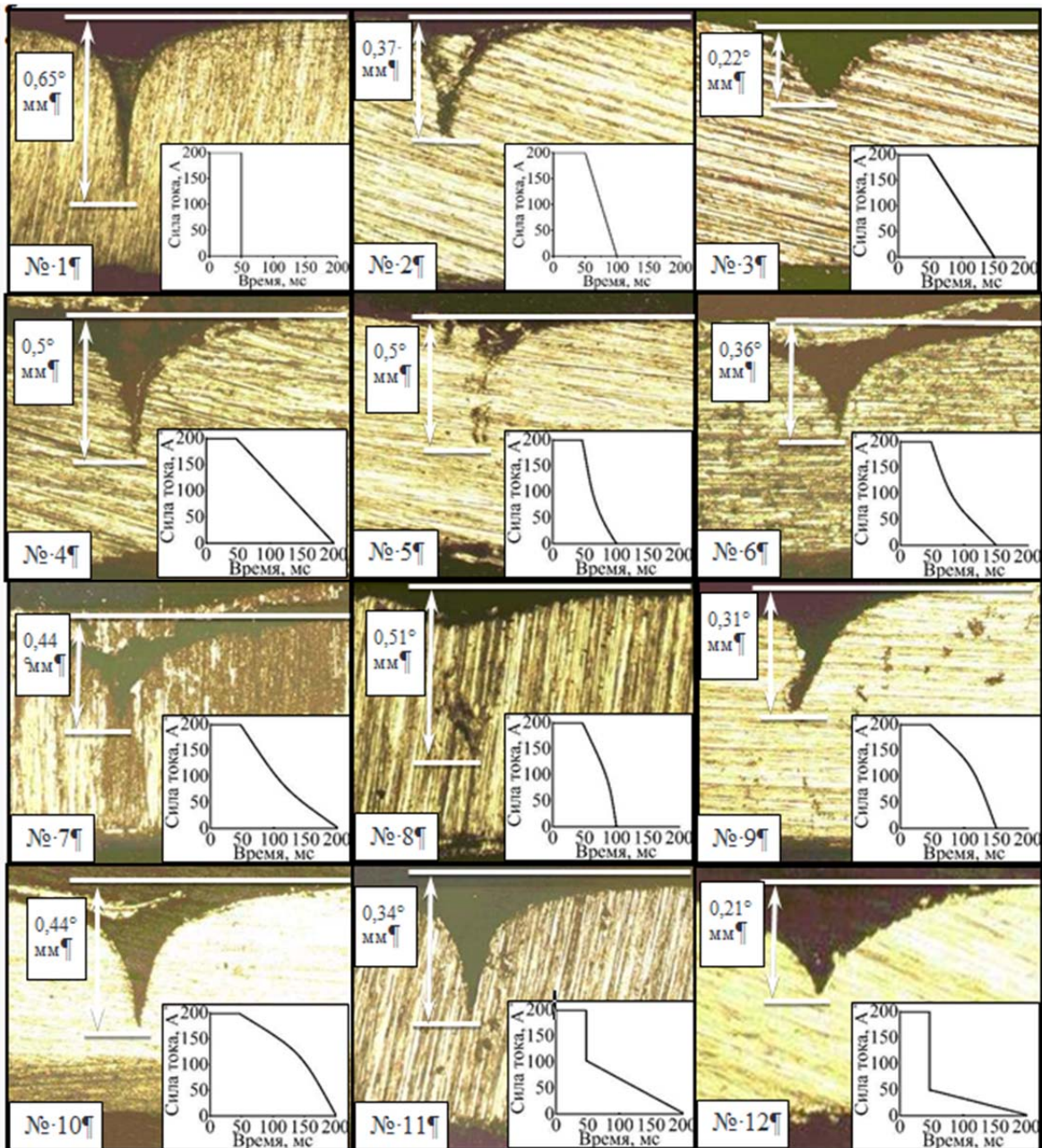


Рис. 1. Макрошлифы зоны воздействия дугового разряда

Исследование проводили на экспериментальной установке, которая обеспечивает бесконтактное зажигание дуги, а также формирование импульсов тока с различными амплитудно-временными параметрами. В качестве катода использовали вольфрамовый электрод марки WL20 диаметром 1,6 мм с углом заточки 60 °С, расположенный на расстоянии 0,5 мм от поверхности листа стали 12Х18Н10Т толщиной 0,8 мм. В качестве защитного газа использовали аргон высшего сорта, расход которого задавали равным 5 л\мин.

Используемые формы импульса тока представлены на рис. 1. Основная часть импульса тока имеет прямоугольную форму с амплитудой тока 200 А и длительностью 50 мс, при этом спад тока происходит мгновенно (№ 1). Импульсы № 2...12 различаются по форме спада тока и его длительности: линейный спад в течение 50 мс (№ 2), 100 мс (№ 3) и 150 мс (№ 4); спад по синусоидальному закону (от $\pi/2$ до π) длительностью 50 мс (№ 5), 100 мс (№ 6) и 150 мс (№ 7); спад по синусоидальному закону (от $-\pi$ до $-\pi/2$) длительностью 50 мс (№ 8), 100 мс (№ 9) и 150 мс (№ 10); линейный спад со 100 А (№ 11) и 50 А (№ 12) в течение 150 мс.

Точки расплавления были разрезаны по диаметру для подготовки поперечных шлифов, по которым измерялась глубина кратера (рис. 1). Наименьшая глубина кратера 0,21 мм, наблюдается при линейном спаде тока с 50 А длительностью 150 мс (форма импульса № 12). Однако во всех образцах присутствует кратер, в связи с чем необходимы дополнительные экспериментальные исследования для его исключения.

Список литературы:

1. Масаков, В.В. Сварка нержавеющей сталей : учебное пособие / В.В. Масаков, Н.И. Масакова, А.В. Мельзитдинова. – Тольятти : ТГУ, 2011. – 184 с. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/139749> (дата обращения: 11.11.2022). – Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. de Oliveira Araújo M. S., da Silva P. C. S., de Araújo C. J. Mechanical behavior and fatigue life of micro welded joints obtained by TIG spots in NiTi wires // Smart Materials and Structures. Institute of Physics Publishing, 2019. Vol. 28, № 12.

ПРОБЛЕМЫ И СЛОЖНОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ ТИПА ШАР БАЛЛОН

А.А. Сидоренко, студент гр. 4А91

*Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
тел. (3822) 701-777
E-mail: aas292@tpu.ru*

Титановые шар – баллоны – это составляющие практически всех жидкостных ракетных двигателей 1-ой, 2-ой и 3-ей ступеней ракет – носителей. Они используются в РН «Протон», «Ангара», в разгонном блоке «Бриз» и в новом кислородно-водородном разгонном блоке (КВРБ). Шар – баллоны представляют собой герметичные сферические конструкции, в которых под большим давлением хранится гелий для использования в пневмосистеме ракетных двигателей. Материал детали-Титан ВТ6.

Осложнение международных отношений между Россией и Европейскими странами способствовало развитию технологий по импортозамещению комплектующих изделий зарубежного производства. К таким изделиям относятся титановые шар – баллоны высокого давления вместимостью 25 и 130 л. (рис. 1), которые ранее выпускало Производственное объединение в г. Днепропетровск, Украина.



Рис. 1. Шар-баллон, изготовленный в АО «РКЦ «Прогресс» [1]

Основной рабочей средой титанового шар – баллона является среда жидкого кислорода, выполняя специальные функции: сжатый под высоким давлением газообразный гелий внутри шар – баллона раскручивает турбонасосный агрегат двигателя ракеты – носителя [2].

В существующем производственном цикле применяются штампованные заготовки в форме полусферы с толщиной стенки 25 мм. Эти заготовки обрабатываются до необходимых размеров. После обработки полусферы свариваются. Коэффициент использования материала штампованных заготовок крайне низкий, а их механическая обработка оказывается длительным, трудозатратным процессом.

Основная проблема свариваемости титановых сплавов, получение сварных соединений с хорошей пластичностью, зависящей от качества защиты и чувствительности металла к термическому циклу сварки. Заметное насыщение металла шва кислородом, водородом и азотом в процессе сварки происходит при температурах ≥ 350 °С. Этим резко снижается пластичность и длительная прочность сварных конструкций. Что за собой может нести чрезвычайные последствия.

Поиски альтернативных решений привели к электронно – лучевой наплавке проволокой. Эта технология как нельзя лучше подходит для производства титановых шар-баллонов. Прежде всего, это связано с тем, что металлургические процессы происходят в вакууме. Вакуум – лучшая защитная среда. При производстве изделий из титановых сплавов это становится решающим фактором.



Рис. 2. Полусфера, выращенная при использовании аддитивных технологий и после механической обработки

Изготовление шар – баллона происходит из двух заготовок – полусфер, выращенных при использовании аддитивных технологий. Далее полученные полусферы обрабатываются до требуемых размеров и свариваются между собой. Процесс сварки осуществляется электронным лучом, в той же вакуумной камере, где и происходит изготовление полусфер.

Список литературы:

1. Семенов Г.В., Рау А.Г., Осипов И.В., Винокуров М.С. и др. Производство шар-баллонов для российской космической техники методом электронно-лучевой наплавки проволоки в вакууме // Аддитивные технологии. – 2021. – № 3.
2. Ломакин И.В., Рязанцев А.Ю., Юхневич С.С., Широкожухова А.А. Создание передовой технологии и оборудования для изготовления шар-баллонов // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. – 2021. – № 12. – с. 37–43.

СРАВНЕНИЕ ВИДОВ 3D-ПЕЧАТИ ИЗ ПЛАСТИКА

С.М. Спиненко, студент гр. 4А22

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

тел. (3822) 701-777

E-mail: sms26@tpu.ru

Современное развитие производства невозможно без внедрения аддитивных технологий. Аддитивные технологии – процесс объединения материала с целью создания объекта из данных 3D-модели, в частности с помощью 3D-принтера.

3D-печать – это создание объемного физического объекта с помощью сканирования или проектирования в компьютерной программе – 3D-редакторе.

3D-принтер – это специализированное устройство для послойного создания модели, предварительно заданной в компьютерной программе 3D-моделирования.

Применение данных технологий позволяет удешевить производство сложных конструкций, получать детали в условиях удаленности от центров изготовления (космическая станция, полярные станции и т. д.).

К наиболее распространенным технологиям 3D печати можно отнести следующие:

1. Технология послойного плавления пластиком (полимером) FDM (Fusing Deposition Modeling).

2. Технология лазерной стереолитографии SLA (Stereolithography Apparatus).

3. Технология DLP (Digital Light Processing).

4. Технология выборочного лазерного спекания SLS (Selective Laser Sintering).

5. Метод наплавления MJM (Multi Jet Modeling).

Дело в том, что, как и в других сферах производства технологии 3D-печати создавались для разных задач и целей. Поэтому назвать однозначно лучшую технологию по всем пунктам невозможно.

Для оценки, какой технологией воспользоваться изначально необходимо знать, что в итоге хочет получить заказчик. Для ознакомления с работой 3D-принтера, моделирования будет достаточно применить FDM технологию. Напечатанные по технологии FDM изделия могут использоваться как в качестве прототипов для крупного производства, так и как функционирующие детали и предметы при малом и единичном производстве.

Для создания изделия высокой точности, с небольшой высотой рекомендуется использовать технологии SLA или DLP. SLA применяется для создания конструкторских и дизайнерских прототипов, макетов и мастер-макетов. DLP-технология применяется для изготовления мастер – копий для вакуумного литья и других малообъемных методов прототипирования, изготовления моделей для литья по выплавляемым моделям и прототипов функционального тестирования, а также в стоматологии, ювелирном деле, искусстве и других отраслях, где требуется высокий уровень детализации.

Если же стоит цель в создании технически сложных объектов с самой различной областью применения, то подойдет технология SLS печати. Технология SLS применяется в медицине для производства персональных имплантатов и протезов, в автомобилестроении для создания прототипов, в аэрокосмической области для печати трубопроводов и других частей, в производстве инструментов.

Для оценки положительных и отрицательных моментов приведем сравнительную табл. 1.

Преимущества и недостатки технологии 3D-печати

Технология 3D -печати	Преимущества	Недостатки
FDM технология	<ol style="list-style-type: none"> 1. Возможность печатать несколькими цветами и материалами одновременно; 2. дешевизна, по сравнению с другими технологиями 3D-печати; 3. удобство использования, подходит для начинающих 3D-мейкеров; 4. большое количество поддерживаемых материалов; 5. отсутствие необходимости в постобработке напечатанного изделия; 6. высокая скорость печати; 7. низкая стоимость технического обслуживания; 8. компактный дизайн FDM принтеров 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Видимый шов между слоями; 2. при печати нависающих частей необходимо создание поддержек; 3. колебания температуры во время печати могут привести к расслоению; 4. меньшая точность, по сравнению с фотополимерными и лазерными технологиями 3D-печати
SLA технология	<ol style="list-style-type: none"> 1. Самое высокое разрешение и точность позиционирования среди всех технологий трехмерной печати; 2. гладкая поверхность напечатанных объектов; 3. высокая скорость при печати единичных миниатюрных объектов 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Сниженная скорость печати при больших площадях засвечивания
DLP технология	<ol style="list-style-type: none"> 1. Стабильно высокая скорость печати; 2. способность печатать объекты с высоким уровнем детализации; 3. точность ограничена лишь разрешением экрана или матрицы проектора 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Зернистость изображения
SLS технология	<ol style="list-style-type: none"> 1. Высокая точность построения; 2. хорошие физические качества готового изделия; 3. подходит для широкоформатной печати; 4. не требует поддержек при печати; 5. безотходное производство 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Высокая стоимость оборудования и материалов печати, по сравнению с другими технологиями

Список литературы:

1. Виды 3D принтеров – <https://3dtool.ru/stati/kakie-sushchestvuyut-vidy-3d-printerov/>.
2. <https://top3dshop.ru/blog/tehnologii-3d-pechati-i-ih-primenenie.html>.

АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДИКИ QFD В МИРЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕЁ РАЗВИТИЯ В РОССИИ

*М.С. Остапенко, к.т.н., доц.,
У.Ш. Холбоева, студент гр. УКПм-22-1
Тюменский индустриальный университет, 625000, г. Тюмень, ул. Володарского, 38
тел. (3452) 283-660
E-mail: umida.kholboeva@mail.ru*

В динамично развивающемся мире промышленным компаниям приходится балансировать между производством качественных товаров, которые соответствуют изменяющимся требованиям потребителей и высокой экономической эффективностью производственного процесса продукции. На данный момент в Российских промышленных предприятиях возникла ситуация, при которой компании вынуждены переходить от иностранных поставщиков к локальным, которые не должны уступать по качеству и цене производимой продукции. В данных условиях применение эффективных методик управления качеством в промышленных компаниях способствуют повышению производительности процессов на предприятиях и улучшению качества выпускаемой продукции. Одной из таких методик управления качеством, которая обеспечивает структурированную основу для проектирования продукта, с учетом «голоса» (потребностей) потребителей является развёртывание функции качества QFD [1].

Принцип методологии QFD заключается в сопоставлении пожеланий потребителя с техническими (проектными) характеристиками выпускаемой продукции на предприятии. QFD матрица способствует выявлению пожеланий потребителей, которыми они руководствуются при выборе той или иной продукции. Анализ позволяет производителям понять проблему, потребителя, которую он хочет решить при помощи продукции. Методология QFD реализуется разработкой последовательных матриц, которые образуют дом качества HOQ. Схематично HOQ приведен на рисунке 1. Входными данными для матрицы (левая стена HOQ) являются потребности клиента «Что?» и соответствующее им численные значения. Данные значения интерпретируются в технические характеристики продукции (потолок HOQ), т. е. «Как?». Взаимосвязь между техническими характеристиками и потребностями клиентов образуют ядро матрицы и выражают насколько хорошо каждая техническая характеристика выражает соответствующую потребность клиентов. Треугольник (крыша HOQ) обозначает взаимосвязь, как положительную, так и отрицательную, между техническими характеристиками производимой продукции [2].



Рис. 1. Дом качества HOQ

Методология QFD широко применяется международными компаниями для повышения удовлетворенности потребителей производимой продукцией. Анализ исследований в данной области показал, что самыми распространенными сферами использования методологии являются различные отрасли машиностроения [4]. Лидерами в области эффективного внедрения методологии QFD являются американские и японские компании. Так как первоначально методология была разработана в Японии, Йоджи Акао в конце 1960-х годов, а потом была перенята американскими компаниями, как ответ на растущий успех японских предприятий. Впервые методология QFD была внедрена в компании Mitsubishi в 1972 году и постепенно распространялась, подстраиваясь под особенности предприятий [3]. В табл. 1 приведен сравнительный анализ американских и японских предприятий, успешно внедривших методологию QFD.

Таблица 1

Сравнительный анализ американских и японских предприятий, внедривших методологию QFD

США	Япония
General Motors	Tokyo Electric and Power Company (TEPCO)
Richard Allen, Inc.	NEC (Nippon Electric Corporation)
Xerox	Toyoda Gosei
Ford	Aisin Seiki Co Ltd
Motorola	Panasonic
Florida Power & Light	Mitsubishi Heavy Industries

Как видно из табл. 1, мировые лидеры в области промышленности, электроники, машиностроения, электроэнергетики, автомобилестроения эффективно интегрируют методологию QFD в свои процессы. В Японии широкое исследование применения методологии QFD было проведено в 1986 году отделом исследований качества Японской ассоциацией стандартизации, в котором было опрошено около 400 компаний. Опрос показал, что 30 % из опрошенных компаний широко применяют методологию QFD в производственных процессах [1].

В России данная методика применяется не так широко, как мире, но острая необходимость в локализации промышленности и изучение мирового опыта в повышении эффективности производства, могут положительно повлиять на применение различных инструментов управления качеством. В данном контексте применение методологии QFD способствует более ясному пониманию «голоса» потребителей и удовлетворению их потребностей. Мировой опыт применения методики, в свою очередь, говорит об эффективности QFD.

Список литературы:

1. John, J.C. Key factors in the successful application of Quality Function Deployment (QFD) / J.C. John, K.L. Jeffrey. – Текст : непосредственный // IEEE Transactions on Engineering Management. – 2001. – № 48 (1). – С. 81–95.
2. Miryam, Barad Quality Function Deployment (QFD) – A multi-purpose structured framework / Barad Miryam. – Текст : непосредственный // The 23rd International Conference on Production Research : Springer, 2018. – С. 101–121.
3. Yoji, Akaо The Method for Motivation by Quality Function Deployment (QFD) / Akaо Yoji. – Текст : непосредственный // Nang Yan Business Journal. – 2014. – № 1 (1). – С. 1–9.
4. Остапенко М.С. Применение методики QFD для стандартизации параметров металлорежущего инструмента / М. С. Остапенко. – Текст : непосредственный // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – Самара : , 2020. – С. 31–42.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ АЛМАЗНОГО ВЫГЛАЖИВАНИЯ

Ю.Б. Червач, к.т.н., доц.,
И.С. Советина, студентка гр. 4АМ11
Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
тел. (3822) 444-555
E-mail: iss27@tpu.ru

Малая шероховатость поверхности детали, а также, ее упрочнение, может быть получено с помощью алмазного выглаживания, которое является одним из методов поверхностного пластического деформирования.

В итоге процесса пластического деформирования при обработке поверхности формируется новый микрорельеф этой поверхности, в то время, как ее шероховатость уменьшается. По окончании обработки детали ее размеры уменьшаются, величина уменьшения которых соответствует величине остаточных деформаций. Шероховатость, которую приобретает деталь после обработки, зависит от шероховатости и твердости исходной поверхности детали, а также колебаний силы выглаживания. Колебания возникают из-за биения детали [1].

Исходная структура материала детали сказывается на эффективности процесса алмазного выглаживания. Именно феррит претерпевает большие деформации при обработке стальных деталей, а малые деформации возникают у мартенсита и перлита.

Дислокации образуются на поверхности материала по мере того, как деталь подвергается процессу механической обработки. Они приводят к высокой плотности дефектов и можно сказать, что они очень эффективны для поверхностного упрочнения. Дислокации, при рассматриваемом виде ППД, достигают максимальной величины на поверхности материала. Плотность этих дислокаций уменьшается по мере увеличения расстояния от поверхности до глубины материала.

Существует несколько видов ППД, но особенно алмазное выглаживание отличается тем, что при деформации слой материала не снимается с поверхности детали. Материал упруго и пластически деформируется при взаимодействии с алмазом. Алмаз обладает наибольшей твердостью. Признано, что алмазной обработке можно подвергать практически все имеющиеся металлы и сплавы, склонные к пластической деформации. Необходимо учитывать, что для обработки закаленных материалов алмаз должен иметь небольшие значения радиусов сферы.

Отметим, что при усилиях $R_y > 300$ Н увеличивается глубина упрочняющего слоя, повышается микротвердость ниже лежащих слоев материала, однако, уменьшение микротвердости в верхнем тонком поверхностном слое происходит за счет уменьшения пластичности [1].

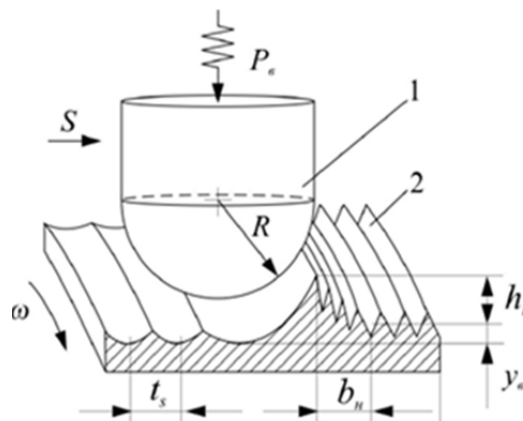


Рис. 1. Схема при алмазном выглаживании поверхности детали:
1 – алмаз; 2 – обрабатываемая поверхность; R – радиус алмаза; t_s – шаг подачи;
 ω – угловая скорость детали [2]

Список литературы:

1. Кузнецов В.П., Макаров А.В., Саврай Р.А. и др. Финишная обработка термоупрочненной высокохромистой стали однопроходным алмазным выглаживанием на токарно-фрезерном центре инструментом с узлом динамической стабилизации. Вестник научно-технического развития. № 5 (45), 2011 г. С. 20-36.

2. Безъязычный В.Ф. Влияние качества поверхностного слоя после механической обработки на эксплуатационные свойства деталей машин // Инженерный журнал. – 2001. – № 4. – С. 9–16.

ИСТОРИЯ И ПРОБЛЕМЫ СОЗДАНИЯ ВЕЧНОГО ДВИГАТЕЛЯ

*Р.В. Зюба, студент гр. 721,
В.О. Ноткина, студент гр. 1191,
В.В. Лопатин, студент гр. 721,
А.С. Родикова, студент гр. 721*

*Томский государственный педагогический университет,
634041, г. Томск, пр-т Комсомольский, 75
тел. 8(3822) 52-29-43
E-mail: vikanotka@mail.ru*

Впервые еще в древние времена возникла идея об устройстве, которое могло бы приводить в движение машины, не используя ни физическую силу людей и животных, ни силу ветра и падающей воды. Вечный двигатель – это такой воображаемый механизм, который безостановочно движет сам себя и, кроме того, совершает ещё какую – нибудь полезную работу (например, поднимает груз или перемещает какие-либо тела).

Рассматривая историю, можно сделать несколько выводов: было совершено множество попыток создать вечный двигатель. И до сих пор находятся учёные, которые пытаются доказать его создание. Идея вечного двигателя живее всех живых, несмотря на усилия мракобесов-учёных [1].

Изобретение вечного двигателя нереально, так как нарушает многие открытые и проверенные столетиями законы природы. По законам физики получить больше энергии, чем расходуется на работу какого – либо механизма, невозможно, так как коэффициент полезного действия механизма меньше единицы.

В нашей истории есть две концепции вечного двигателя: первого и второго рода. Создание двигателя первого рода противоречит первому началу термодинамики. Что касается двигателя второго рода, который подразумевает постоянно работающую машину, приводимую в движение и совершающую работу за счёт теплоты, которая отбирается от окружающих тел, то имеется ряд проблем, которые не совсем очевидны.

Следствием I и II законов термодинамики, которые и в настоящее время входят в ряд закономерностей, именуемые очевидными, является невозможность создания вечных двигателей первого и второго рода, т. е. двигателей, которые совершают работу либо без подвода энергии извне, либо со 100 % КПД соответственно [2]. Само существование вечных двигателей нарушило бы первый и второй закон термодинамики.

1. Первый закон термодинамики гласит: энергия всегда берется из какого-то источника и она не исчезает, она превращается из одного состояния в другое. Механическая энергия превращается в тепло и наоборот, поэтому все, что мы можем сделать, то это просто создать ее. А вечный двигатель должен отдавать больше энергии, чем было заявлено, и иметь коэффициент полезного действия больше единицы. Автомобили с бензиновыми двигателями имеют коэффициент полезного действия 0,20...0,25. Это означает что из 10 литров бензина, необходимого для прохождения 100 км пути, на полезную работу идет всего 2 – 3 литра, остальное топливо идет на механические и тепловые потери.

2. Приведем наиболее часто применяемую формулировку второго закона термодинамики: теплота не может передаваться от нагретого тела к более нагретому без дополнительной энергии. Во время работы двигателя появляются силы сопротивления, на которые уходит часть энергии.

Назначение любого двигателя – это преобразование одного вида энергии в другой вид энергии. Для того, чтобы получить необходимую мощность двигателя для приведения в действие исполнительных механизмов, надо рассчитывать получение большей энергии с учетом КПД.

Чтобы создать такой механизм, который выдает энергии столько, сколько вы в него вложили, нужны определенные условия.

1. В двигатели не должны быть потерь на трение и износ. При такой работе двигателя часть энергии превращается тепло, а часть расходуется на преодоление силы трения.

2. Такой двигатель может работать в вакууме при определенных условиях, т. к. в безвоздушном пространстве нечему замедлить его движение.

Идеей создания вечного двигателя было то, чтобы он отдавал полезную энергию без какого-либо использования другого вида энергии и топлива. Хотя идея создания такого двигателя является утопической, но она позволила бы сделать существенный шаг в научно-техническом прогрессе и в развитии более производительных машин в целом. Создание высокоэффективного двигателя позволило бы получить больше вырабатываемой энергии и экономить природные ресурсы.



Рис. 1. Пример реализации утопической идеи о вечном двигателе

До сих пор люди, не обращая внимание на высказывания учёных о невозможности создания вечного двигателя, продолжают пытаться создать такое изобретение [3]. Отрицая создание вечного двигателя, люди принижают работы ученых по усовершенствованию конструкции двигателей и машин. Все мероприятия по созданию вечного двигателя открывают человечеству новые направления по изобретению высокотехнологичных машин.

Список литературы:

1. 10 попыток создать вечный двигатель [Электронный ресурс]: Hi-News.ru. – Режим доступа: <https://hi-news.ru/technology/10-popytok-sozdat-vechnyj-dvigatel.html> (дата обращения: 10.11.22).

2. Рульс, В.В. Вечный двигатель второго рода и становление II закона термодинамики / В.В. Рульс, В.П. Жереб // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. – 2012. – Т. 2. – № 8. – С. 436–437.

3. Вечный двигатель: возможно ли? Все попытки создать Perpetuum Mobile [Электронный ресурс]: Мир фантастики. – Режим доступа: <https://www.mirf.ru/science/vechnyj-dvigatel-perpetuum-mobile/> (дата обращения: 10.11.22).

ДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МАТЕРИАЛОВ ЭЛЕМЕНТОВ ГИБКИХ КАБЕЛЕЙ

*Г.М. Исмаилов, к.т.н., доц.,
В.О. Ноткина, студент гр. 1191,
А.И. Слободенюк, студент гр. 1101,
З.В. Гайворонская, студент гр. 1111,
А.Р. Корехова, студент гр. 1111,
Томский государственный педагогический университет,
634041, г. Томск, пр-т Комсомольский, 75
тел. 8(3822)52-29-43.
E-mail: gmismailov@rambler.ru*

Повышение сроков службы гибких кабелей за счет обеспечения необходимой механической прочности с учетом эксплуатационных условий является одним из основных направлений в разработке кабельных изделий. В последнее время большое внимание уделяется определению динамических характеристик гибких кабелей, т. к. сам кабель и его элементы постоянно деформируются под действием внешних воздействующих нагрузок. При циклических деформациях изгиба взаимодействие элементов конструкции кабеля вызывает износ как токопроводящих жил, так и его оболочки. Определение динамических характеристик кабелей с моделированием трибологического процесса является актуальной темой.

Для исследования динамических характеристик электропроводящих элементов с изоляцией спроектировано устройство для испытания механической прочности изоляции и проводов или кабелей на истирание [1]. В качестве образцов для испытаний выбраны кабели КГ 4 · 2.5 и КГ 4 · 4. Испытуемый кабель разбирался, и парами трения являлись ТПЖ – ТПЖ кабелей. Режимы испытания кабелей соответствовали режимам в реальных условиях эксплуатации.

В ходе эксперимента через заданные промежутки времени и при различных нагрузках образцов снимались входные и выходные сигналы и сохранялись данные в памяти компьютера. Используя сигналы с устройства, преобразуемые с помощью математической программы, определились динамические характеристики, такие, как амплитудно-фазовая частотная характеристика (АФЧХ), переходная характеристика и импульсная переходная характеристика в реальном режиме времени [2].

На рис. 1 показаны изменения динамических характеристик трибопары жила-жила кабеля КГ 4 · 2.5 при нормальной нагрузке $N = 22$ Н и скорости перемещения образцов $V = 20$ мм/с в зависимости от времени испытания t (мин).

Анализ экспериментальных данных показывает, что в общем случае частота собственных колебаний и коэффициенты демпфирования уменьшаются с увеличением скорости и времени. Энергетический коэффициент увеличивается для кабелей КГ с резиновой изоляцией и уменьшается с ПВХ изоляцией.

В процессе износа поверхности изоляции (по времени) динамические параметры имеют несколько значений максимума и минимума. Максимальные значения коэффициентов демпфирования и частоты собственных колебаний имеются там, где энергетический коэффициент трения имеет минимальные значения и наоборот. Также наблюдается отставание экстремумов коэффициента демпфирования n и частоты собственных колебаний ω на величину Δt от энергетического коэффициента трения k .

С точки зрения физического процесса трения энергетический коэффициент трения k для кабелей с резиновой изоляцией увеличивается в связи с быстрым разрушением поверхности износа и образованием новой поверхности, что вызывает увеличение сопротивления движению из-за быстрого образования продуктов износа. Этим объясняется увеличение энергетических потерь.

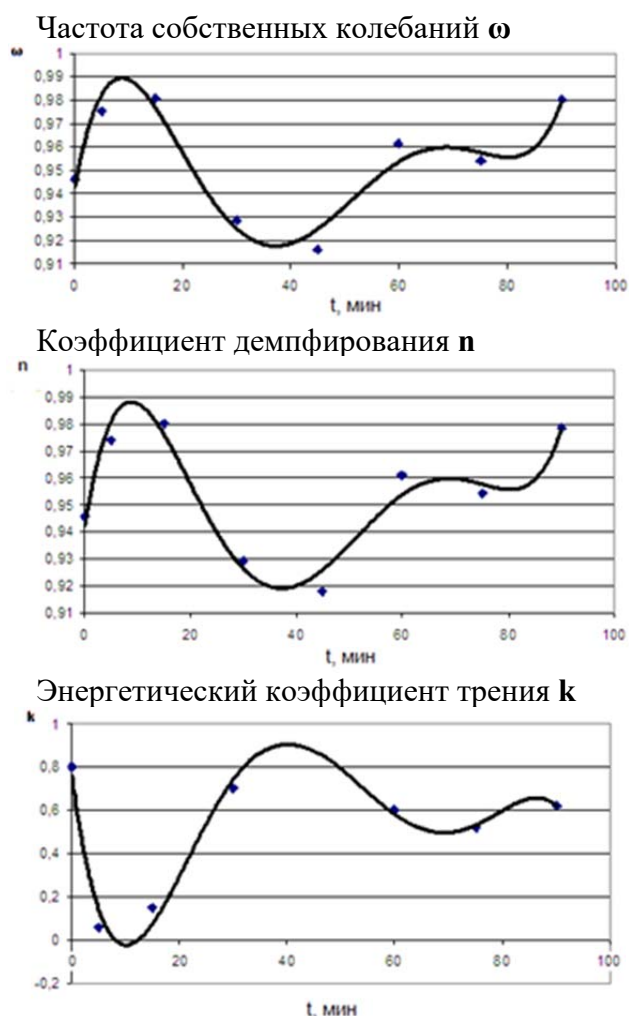


Рис. 1. Динамические характеристики трибопары КГ 4 · 2.5 в зависимости от времени испытаний t (мин) при $V = 20$ мм/с

Для кабелей КПСТВНнг (КПС – кабель для пожарной сигнализации, Т – транспортный, ВНнг – с изоляциями пониженной пожароопасности с низким дымо и газовойделением) энергетический коэффициент трения уменьшается в связи образованием смазочного слоя при трении полимеров, т. е. уменьшаются энергетические потери.

Таким образом, предложено устройство для испытания механической прочности изоляции проводов и кабелей на истирание, которое позволяет определить срок службы кабелей с учетом износа изоляции элементов конструкции кабеля.

Создан метод, который позволяет определить динамические характеристики материалов элементов гибких кабелей.

Данные исследования позволяют сократить трудовые и материальные ресурсы при трудоёмких экспериментальных исследованиях и определить долговечность кабелей через динамические характеристики трибологического взаимодействия.

Список литературы:

1. Исмаилов Г.М., Мусалимов В.М., Саркисов Д.Ю., Лутовинов С.В., Окунев С.А. Устройство для испытания механической прочности изоляции проводов и кабелей на истирание. Патент № 2422799. Оpubл. 27.06.2011.
2. Мусалимов В.М., Исмаилов Г.М., Сапожков М.А. Исследование процессов взаимодействия пар трения с помощью трибометрической системы «ТРИБАЛ» // Металлообработка. – 2008. – № 1 (43). – С. 36–42.
3. Пановко Я.Г. Введение в теорию механических колебаний. – М.: Наука, гл. ред. физ.-мат. лит., 1991. – 256 с.

СЕКЦИЯ 4
МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И НАНОТЕХНОЛОГИИ
В МАШИНОСТРОЕНИИ

РОЛЬ ПЛАЗМЕННОГО АССИСТИРОВАНИЯ ПРИ МАГНЕТРОННОМ РАСПЫЛЕНИИ В ФОРМИРОВАНИИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СВОЙСТВ ХРОМОВЫХ ПОКРЫТИЙ

К.А. Алкенова, студент гр. 0А95

В.А. Грудинин, инж.-исс. НОЦ Б. П. Вейнберга

Д.В. Сиделёв, к.т.н., доцент НОЦ Б. П. Вейнберга

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

тел. (3822) 701-777

E-mail: kaal18@tpu.ru

Хромовые покрытия выполняют функцию защиты материалов от коррозии, окисления и водородного охрупчивания в различных агрессивных средах [1]. Химическое хромирование – это известная технология получения хромовых покрытий, которая отличается высокой производительностью и низкой стоимостью процесса осаждения. Однако этот метод, из-за чрезвычайно высокой токсичности соединений, участвующих в химическом хромировании является не безопасным [2].

Альтернативным методом осаждения хромовых покрытий является магнетронное распыление. Данный метод уже применяется для нанесения покрытий из Cr, обеспечивая соответствующие функциональные свойства, высокую чистоту и регулировку структурных параметров покрытий. Однако, в сравнении с химическим методом, магнетронное распыление имеет недостатки. Первый из них – это относительно низкая скорость осаждения. Одним из решений данной проблемы является, использование сублимирующей («горячей») хромовой мишени, что позволяет значительно увеличить скорость осаждения (практически до одного порядка), при этом будут происходить одновременно два процесса: распыление мишени и сублимация её поверхности [3–5]. Применение сублимирующей хромовой мишени может привести к ухудшению функциональных свойств покрытий, в том числе и к уменьшению твёрдости покрытия. Основная причина снижения параметров свойств покрытий состоит в том, что дополнительный поток атомов за счёт сублимации имеет кинетическую энергию менее 0,3 эВ, что значительно меньше в сравнении с распылёнными атомами. Предполагаемое решение может заключаться в применении высококачественного источника индуктивно-связанной плазмы в процессе магнетронного распыления, которое позволяет увеличить плотность ионного тока, поступающего на подложку [6–8].

Цель настоящей работы состоит в исследовании влияния плазменного ассистирования на функциональные свойства хромовых покрытий, полученных при помощи магнетронного распыления.

В качестве подложек для исследования функциональных свойств покрытий использовалась сталь марки 12х18н10т. Схема осаждения покрытий подробно рассматривается в работе [9]. В эксперименте использовались две конструкции магнетронной распылительной системы (МРС): с «горячей» и охлаждаемой мишенью. В качестве дополнительного внешнего плазменного источника использовался радиочастотный плазменный генератор РПГ-128 (ООО «Лаборатория плазменных технологий плюс», г. Зеленоград, Россия), подключенный к источнику питания COMDEL CX1250 с частотой 13,56 МГц. Мощность РПГ-128 во всех экспериментах – 500 Вт.

Результаты. В результате проведения коррозионных испытаний для хромовых покрытий, покрытия, полученные в условиях РПГ-128, показали наилучшее сопротивление коррозии, в случае распыления «горячей» и охлаждаемой мишени. Без РПГ-128 наблюдается значительная разница в сопротивлении поляризации для хромовых покрытий (в 2,6 раз), что указывает на значимую роль применения РПГ-128 для модификации коррозионных свойств осаждаемых покрытий.

По результатам измерения твёрдости Cr покрытий, выявлено, что РПГ-128 также позволяет увеличить твердость покрытия в 1,4–2 раза. В результате, наиболее высокую

твёрдость имеют покрытия, полученные с горячей мишенью и РПГ-128 ассистированием ($12,3 \pm 1,0$ ГПа).

Заключение. Выявлено, что плазменное ассистирование приводит к увеличению сопротивления поляризации в 2–5 раз в зависимости от типа применяемой мишени. Более значимый эффект наблюдается в случае «горячей» мишени, когда скорость осаждения выше. Также плазменное ассистирование позволяет увеличить твердость покрытия в 1,4–2 раза. В результате, наиболее высокую твердость имеют покрытия с «горячей» мишенью и плазменным ассистированием ($12,3 \pm 1,0$ ГПа).

Исследование выполнено в рамках выполнения гранта Президента РФ (проект № МК-3570.2022.4).

Список литературы:

1. Miretzky P. et al. Cr(VI) and Cr(III) removal from aqueous solution by raw and modified lignocellulosic materials: a review // *Journal of Hazardous Materials*. – 2010. – Vol. 180, iss 1–5. – pp. 1–19.
2. Bräuer, G.; Szyszka, B.; Vergöhl, M.; Bandorf, R. Magnetron sputtering – Milestones of 30 years. *Vacuum* 2010, 84, 1354–1359.
3. Sidelev D.V., Bleykher G.A., Krivobokov V.P., Koishybayeva Zh., High-rate magnetron sputtering with hot target, *Surface and Coatings Technology*, Volume 308, 2016, Pages 168–173.
4. D. Mercks, F. Perry, A. Billard, Hot target sputtering: A new way for high-rate deposition of stoichiometric ceramic films, *Surface and Coatings Technology*, Volume 201, Issue 6, 2006, Pages 2276–2281.
5. Billard A. et al. Influence of the target temperature on a reactive sputtering process // *Surface and Coatings Technology*. – 1999. – Vol. 116-119. – pp. 721–726.
6. Voevodin A.A. et al. Wear resistant composite coatings deposited by electron enhanced closed field unbalanced magnetron sputtering // *Surface and Coatings Technology*. – 1995. – Vol. 73. – pp. 185–197.
7. Zhen He et al. Effect of bias on structure mechanical properties and corrosion resistance of TiN_x films prepared by ion source assisted magnetron sputtering // *Thin Solid Films*. – 2019. – Vol. 676. – pp. 60–67.
8. Grudin V.A., Bleykher G.A., Sidelev D.V., Krivobokov V.P., Bestetti M., Vicenzo A., Franz S., Chromium films deposition by hot target high power pulsed magnetron sputtering: deposition conditions and film properties, *Surf. Coat. Technol.* 375 (2019) 352–362.
9. Grudin V.A. et al. Hot target magnetron sputtering enhanced by RF-ICP source for CrN_x coatings deposition // *Vacuum*. – 2021. – Vol. 191. – article number 110400.

ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЕ ОКИСЛЕНИЕ И МЕХАНИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНИЕ ЛАЗЕРНЫХ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ИЗ СПЛАВА Э110 С ХРОМОВЫМ ПОКРЫТИЕМ

Д.А. Ашихмин*, студент гр. 0А05,

К.С. Гусев, студент гр. 0Б91,

Е.Б. Кашикар, к.ф.-м.н., доц.,

Д.В. Сиделёв, к.т.н., доц.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

634050, г. Томск, пр. Ленина, 30

*E-mail: daa39@tpu.ru

Циркониевые сплавы используются в качестве основного конструкционного материала тепловыделяющих сборок водо-водяных энергетических реакторов благодаря соответствию их механических свойств, радиационной стойкости, стойкости к окислению при нормальных условиях эксплуатации (360 °С, 18,6 МПа) материалам активной зоны. Однако в условиях аварии на ядерном реакторе возможен нагрев его активной зоны, приводящий к окислению и последующему разрушению ответственных элементов, выполненных из Zr сплавов. Особое внимание следует уделить сварным соединениям, т. к. процесс их окисления проходит с большей скоростью [1, 2]. Настоящая работа направлена на изучение стойкости лазерных сварных соединений циркониевого сплава Э110 с хромовым покрытием к высокотемпературному окислению и их механических свойств.

Выполнено осаждение Cr покрытий на поверхность лазерных швов методом магнетронного распыления, произведено их окисление на воздухе при температуре 1100 °С в течение 2, 10, 30, 45, 60 и 90 мин. На основе измеренных значений массы до и после окисления был рассчитан коррозионный привес образцов (рис. 1).

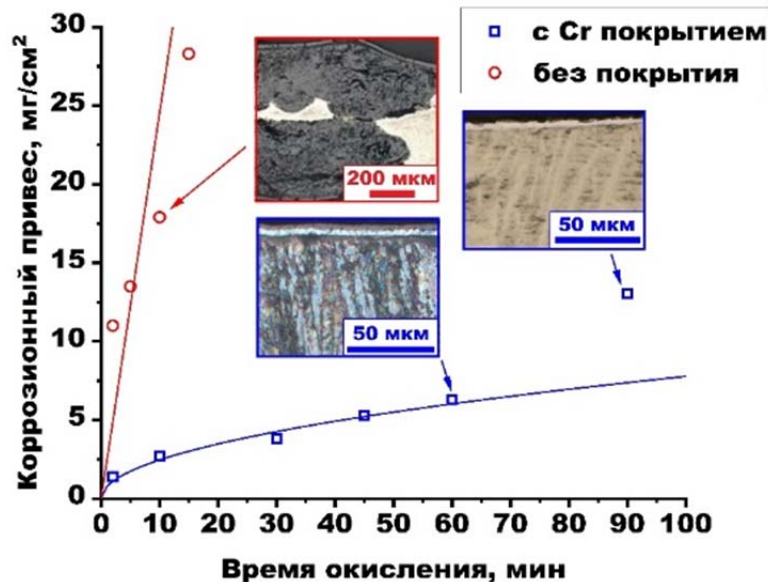


Рис. 1. Зависимость коррозионного привеса лазерных швов от времени окисления. Приведены оптические изображения микроструктуры поперечного сечения образцов

С помощью оптической микроскопии выполнен анализ микроструктуры поперечного сечения лазерных швов. Установлено, что Cr покрытие повышает стойкость лазерных швов к высокотемпературному окислению в течение не менее 90 минут. Значения коррозионного привеса образцов без покрытия при длительности окисления 2 и 10 мин значительно превышают значения для образцов с Cr покрытием. Измерена твёрдость в различных зонах (зоне объёмного сплава, зоне термического воздействия (ЗТВ) и зоне сварного шва). На основании полученных данных построен график зависимости твёрдости образ-

цов от времени их окисления (рис. 2, а). Выполнены испытания швов на трёхточечный изгиб, и построены кривые зависимости «нагрузка-перемещение» (рис. 2, б). Образец без покрытия после окисления в течение 2 мин треснул при нагрузке ~0,8 кгс, образцы с Cr покрытиями имели поведение, типичное для пластичных материалов. Продемонстрировано упрочнение сварных соединений из Zr сплава с Cr покрытием после их окисления.

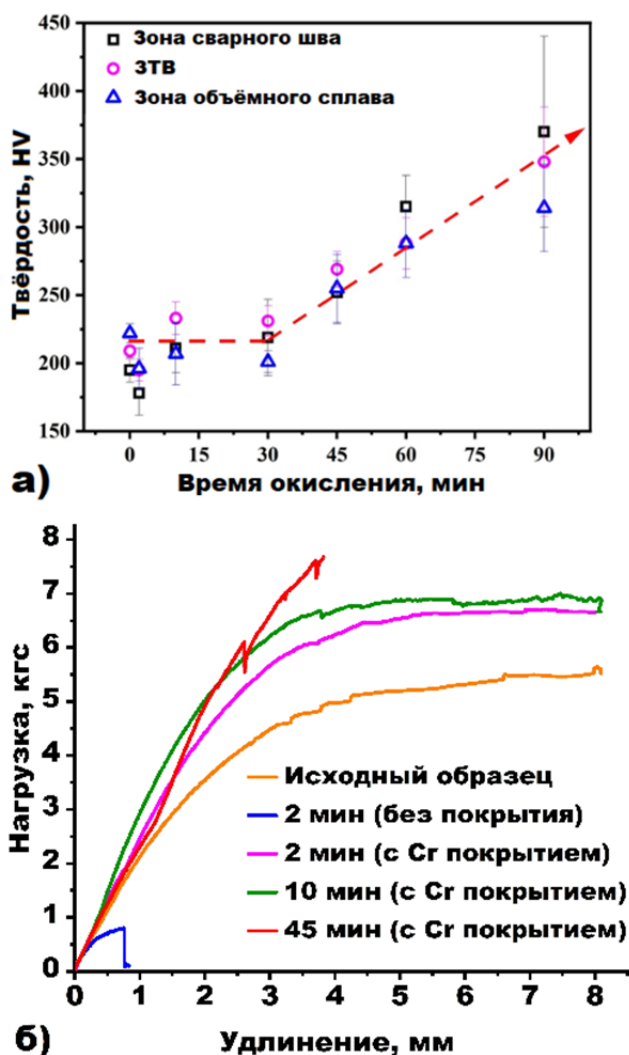


Рис. 2. Твёрдость лазерных швов в различных зонах в зависимости от времени окисления (а) и данные «нагрузка-перемещение» (б) при трёхточечном изгибе швов

Показано, что Cr покрытие повышает стойкость к окислению лазерных швов из циркониевого сплава Э110. Изменение микроструктуры швов в поперечном сечении, обусловленное формированием α -Zr(O), приводит к упрочнению сварного соединения.

Исследование выполнено при поддержке Российского научного фонда, проект № 19-79-10116.

Список литературы:

- Sidelev D.V., Kashkarov E.B., Grudin V.A., Krinitcyn M.G. // High-temperature oxidation of Cr-coated laser beam welds made from E110 zirconium alloy, Corrosion Science, 195, (2022) 110018, <https://doi.org/10.1016/j.corsci.2021.110018>.
- Tao, W.; Cai, C.; Li, L.; Chen, Y.; Ling Wang, Y. // Pulsed laser spot welding of intersection points for Zircaloy-4 spacer grid assembly, Mater. Des. 2013, 52, 487–494. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2013.05.037>.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИАЛОНА (SiAlON) В МАШИНОСТРОЕНИИ

В.А. Власов¹, д. физ.-мат. наук, профессор,

А.А. Клопотов¹, д. физ.-мат. наук, профессор.

К.А. Безухов¹, аспирант, Ю.С. Саркисов¹, д.т.н., профессор,

Ю.А. Власов¹, д.т.н., профессор, Е.В. Николаев², к.т.н., научный сотрудник

*¹Томский государственный архитектурно-строительный университет,
634003, г. Томск, пл. Соляная, 2*

*²Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
Россия, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
тел. 8(953) 924-32-18*

E-mail: bezuhov_k@mail.ru

Разработчики двигателей внутреннего сгорания (ДВС) транспортно-технологических машин постоянно находятся в поиске новых и альтернативных материалов, которые можно использовать для улучшения характеристик ДВС. К альтернативным материалам относят керамику, которая привлекает внимание разработчиков ДВС [1]. Использование керамики для двигателей сильно зависит от ее особых свойств. Так, в работе [2] было рассмотрено использование керамики в газовых турбинах и ДВС. Такой альтернативной керамикой являются материалы на основе сиалона. SiAlON, представляет собой материал на основе оксинитрида кремния и алюминия, имеющие широкий спектр технических применений, от режущих инструментов до специальных огнеупоров и деталей, используемых в машиностроении. Наиболее часто встречающиеся формы сиалоны имеют политипы: β -SiAlON со структурой $\text{Si}_{6-z}\text{Al}_z\text{O}_z\text{N}_{8-z}$, (где $z = 0 - 4$). O - SiAlON, $\text{Si}_{2-x}\text{Al}_x\text{O}_{1+x}\text{N}_{2-x}$, (где $x = 0 - 0.4$). X - SiAlON, который номинально имеет формулу $\text{Si}_{12}\text{Al}_{18}\text{O}_{39}\text{N}_8$. α -SiAlON, фаза, образована в присутствии стабилизирующего иона металла (Mg, Y или Ca) [3]. α и β -SiAlON, идеально совмещаются друг с другом, и могут быть изготовлены с различным соотношением смесей оксидных и нитридных порошков [4]. Двухфазный керамический материал β -SiAlON с формулой $\text{Y}_3\text{Al}_{5z}\text{Si}_z\text{O}_{12z}\text{N}_4$, где $z = 4$, перспективен для изготовления деталей тепловых двигателей [5]. Спеченный β -SiAlON плотностью $3,23 \text{ г/см}^3$, прочностью при изгибе 600 МПа при $1200 \text{ }^\circ\text{C}$ и трещиностойкостью $5,8 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{0.5}$ используется в автомобильных двигателях, газовых турбинах, прижимных роликах [6].

В данной работе представлены результаты исследования методами дифференциально сканирующей калориметрии (ДСК) и термогравиметрического анализа (ТГА) продуктов плазмохимического синтеза смеси порошков Si_3N_4 и AlN.

Исследования проводили на двух группах образцов. Первая группа образцов получена в результате брикетирования порошков исходной материальной смеси. Вторая группа содержала образцы после термохимического синтеза в результате воздействия низкотемпературной плазмой.

В работе [7] подробно представлены материалы и методы исследования сиалоновой керамики, полученной при помощи плазмохимического синтеза. Методом РФА установлено, что использование низкотемпературной плазмы позволяет получить β -SiAlON состава AlN_7OSi_5 ($\text{Si}_{6-z}\text{Al}_z\text{O}_z\text{N}_{8-z}$, где $z = 0-4$).

Нагрев всех образцов происходил от 45 до $1400 \text{ }^\circ\text{C}$, со скоростью $15 \text{ }^\circ\text{C/мин}$, в атмосфере азота. На рис. 1 представлены результаты ДСК и ТГА для исходного образца *a* и после плазменного воздействия *б*. На рис. 1 *a*, на кривой ДСК, наблюдается один эндотермический пик при температуре $\approx 400 \text{ }^\circ\text{C}$. Появление этого пика сопровождается потерей массы на кривой ТГА. Это обусловлено дегидратацией и удалением продуктов мочевины, которая начала диссоциировать на газы в районе $380 \text{ }^\circ\text{C}$. Также обоснование этого пика связано с присоединением двух молекул кремния и кислорода к связующему компоненту жидкого стекла Na_2SiO_3 с образованием $\text{Na}_2\text{Si}_2\text{O}_5$.

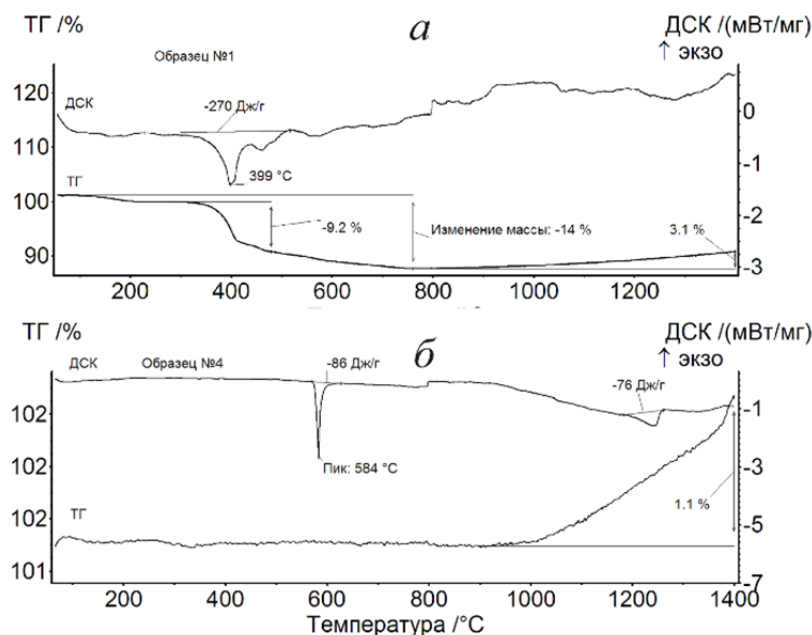


Рис. 1. ДСК и ТГА образца до высокотемпературного воздействия (а) и после воздействия низкотемпературной плазмой (б)

На, рис. 1, б, на кривой ДСК наблюдается два эндотермических пика при $t = 584$ °С и 1210 °С. Энергия необходимая для протекания этих эндотермических реакций небольшая. Наличие двух пиков на образцах после плазмохимического синтеза свидетельствуют об образовании метастабильных соединений в результатах термохимических реакций.

Проведенные исследования ДСК и ТГА образцов после термохимического синтеза были проведены с целью изучения и доказательства полноты прошедших реакций и стабильности продуктов синтеза. В результате установлено, что плазмохимическое воздействие на смеси порошков Si_3N_4 и AlN позволяет получить многофазную смесь из стабильного $\beta\text{-SiAlON}$ и метастабильной фазы. Определение структуры метастабильной фазы требует проведения дальнейших исследований. Проведенные исследования открывают широкие возможности применения различных форм сиалона для решения триботехнических проблем пар трения, а также других узлов и механизмов, используемых в машиностроении.

Список литературы:

1. Tovel J.F. Ceramics and the reciprocating internal combustion engine. V.5, I.5, 1984, 215–220 pp.
2. RoyKamo. Adiabatic diesel-engine technology in future Energy. V.12, I. 10–11, 1987, 1073–1080 pp.
3. Kenneth J.D. MacKenziea, Jadambaa Temuujinb, et al. Mechanochemical processing of sialon compositions. J. Eur. Ceram. Soc. 23 (2003) 1069–1082 pp.
4. Cao G.Z, Metselaar R. α -sialon ceramics. J. Am. Ceram. Soc. 1988. V. 9, № 7. 186 p.
5. Spade C. J., Jameel N. S., Thompson D. P. The fabrication of two phase β -sialon. Ceram. Compon. Engines.1986. 343–349 pp.
6. Wills Roger R., Southam Robert E. J. Amer. Ceram. Soc. V. 72, № 7. 1989. 1261–1264 pp.
7. Безухов К.А., Клопотов А.А., Волокитин Г.Г. Плазмохимический синтез сиалоновой керамики. XIX Международная конференция «Перспективы развития фундаментальных наук», Том 2. 2022 г.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДРЕВЕСИНЫ, ОБРАБОТАННОЙ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ПЛАЗМОЙ В МАШИНОСТРОЕНИИ

*В.А. Черемных, аспирант, И.Г. Волокитин, магистрант,
Ю.А. Власов, д.т.н., проф., А.А. Клопотов, д. ф.-м. н., проф.
Томский государственный архитектурно-строительный университет,
634003, г. Томск, пл. Соляная, 2
тел. (3822) 653-930
E-mail: vacheremnykh@gmail.com*

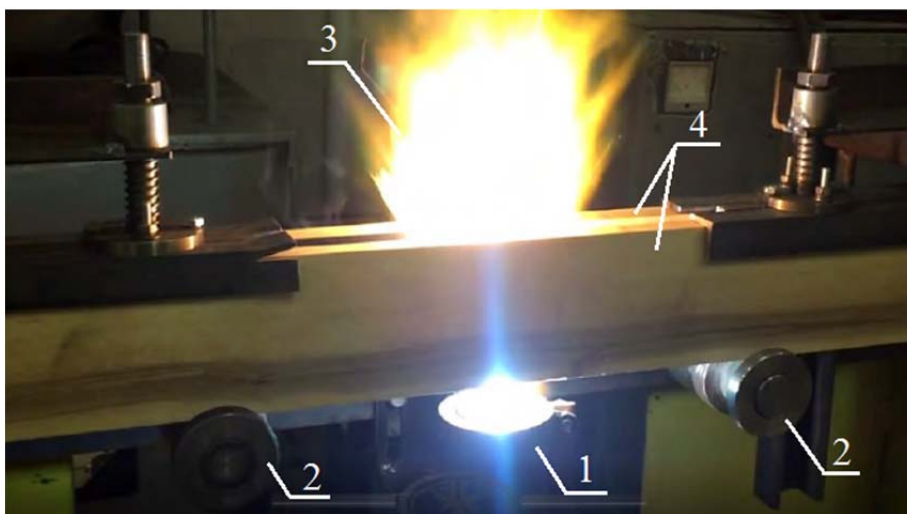
Объемы заготовки и переработки лесной продукции свидетельствуют о заинтересованности потребителя в древесных материалах, в том числе и потому, что область применения изделий из древесины обширна. Одной из областей, нашедшей применение древесины для производства своей продукции, является машиностроение.

В машиностроении применяется древесина как в натуральном виде для производства модельных комплектов в литейном производстве, кузовов автомобилей, многих деталей вагонов и судов, различных сельскохозяйственных, текстильных, химических и других машин, аппаратов и приборов [1], так и в модифицированном виде для производства деталей скольжения [2] и трения [3].

Одним из основных недостатков древесины, при ее использовании в натуральном виде, является водопоглощение. Под действием влаги происходит изменение свойств древесины. Так же влажная среда является благоприятной для развития грибковых заболеваний. Решением перечисленных проблем является обработка поверхности изделий из древесины потоками низкотемпературной плазмы. В литературе описаны методы термической обработки поверхности изделий из древесины для создания защитно-декоративных покрытий. Вариацией параметров оборудования при обработке поверхности получают широкую гамму цветов на изделиях из древесины. При этом уменьшается шероховатость на поверхности изделий, и увеличивается износостойкость [4].

Целью данной работы является определение влияния плазменной обработки на величину водопоглощения древесины.

Для проведения исследования были изготовлены образцы из сосны с влажностью до 12 %. Обработка образцов высококонцентрированными потоками плазмы производилась на стенде с плазменным генератором ВПР-410. Фотография процесса плазменной обработки древесины представлена на рис. 1. Мощность источника, питающего плазменный генератор, составляла 20 кВт.



*Рис. 1. Фотография процесса плазменной обработки древесины:
1 – плазматрон; 2 – ролики системы подачи обрабатываемых изделий;
3 – плазменный поток; 4 – обрабатываемые изделия*

На рис. 2 представлены графики зависимости объема поглощенной воды от времени, построенные по результатам испытания. Полученные экспериментальные зависимости в координатах водопоглощение V от времени t показывают, что водопоглощение в обработанных плазмой образцах в 6 раз меньше после 10-ти часовых испытаний, чем в исходных, не обработанных плазмой образцах.

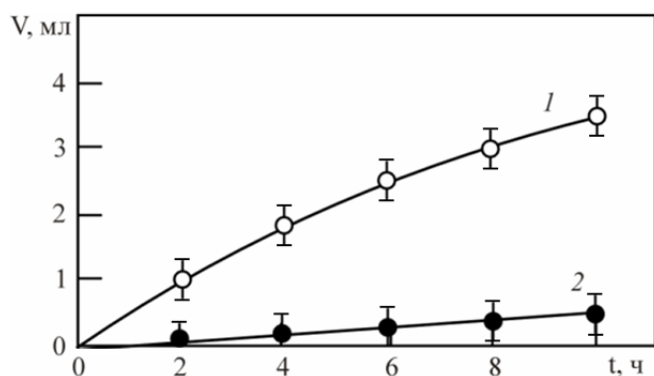


Рис. 2. Водопоглощение образцов из сосны в зависимости времени поглощения:
1 – до обработки; 2 – после обработки

На основе анализа полученных данных установлено, что обработка потоками низкотемпературной плазмы приводит к снижению водопоглощения образцов из древесины. Важным достижением модификации поверхности при кратковременном высокоэнергетическом воздействии является уничтожение грибковых заболеваний на глубине до 5 мм. Учитывая перечисленные достоинства, а так же образование на поверхности древесины защитно-декоративного слоя, снижающего шероховатость и увеличивающего износостойкость поверхности древесины, плазменная обработка является перспективным методом защиты, при использовании древесины в машиностроении.

Работа выполнена при поддержке государственного задания Министерств науки и высшего образования РФ (номер проекта FEMN-2020-0004).

Список литературы:

1. Пряничникова А.В. Перспективы использования модифицированных древесных материалов для изделий конструкционного назначения в лесном машиностроении / А.В. Пряничникова, Д.З. Шаронова, М.З. Шаронова [и др.] // Машиностроение: новые концепции и технологии : сборник статей Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Красноярск, 23–24 октября 2019 года. – Красноярск: ФГБОУ ВО «СибГУ имени академика М.Ф. Решетнёва», 2019. – С. 324–328.
2. Пряничникова, А.В. Древесина – как конструкционный материал для опор скольжения в машиностроении / А.В. Пряничникова, В.Ю. Звягинцев, С.Н. Долматов // Детали машин: инновационные достижения проектирования и использования на современном этапе развития промышленности : сборник статей Всероссийской научно-практической конференции, Красноярск, 23 апреля 2021 года. – Красноярск: ФГБОУ ВО «СибГУ имени академика М.Ф. Решетнёва», 2021.
3. Патент № 2197510 С2 Российская Федерация, МПК С08L 97/02, С08J 5/16, F16C 33/18. Модифицированная древесина для изготовления деталей трения: № 2000131361/04: заявл. 13.12.2000: опубл. 27.01.2003 / Н.И. Винник, Л.И. Бельчинская, А.Е. Чаадаев [и др.].
4. Патент № 2484951 С1 Российская Федерация, МПК В27К 5/00. Способ получения защитно-декоративного покрытия на древесине : № 2012104467/13 : заявл. 08.02.2012 : опубл. 20.06.2013 / О.Г. Волокитин, Н.А. Черкашина, Г.Г. Волокитин, Н.А. Цветков.

ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СНИЖЕНИЯ ОСТАТОЧНОЙ ПОРИСТОСТИ МАТРИАЛОВ ПОЛУЧЕННЫХ SLM-МЕТОДОМ ЗА СЧЕТ ИНФИЛЬТРАЦИИ

*Е.В. Герасимов, аспирант, А.М. Саенко, бакалавр, Ю.И. Гордеев, к.т.н., доц.,
Е.В. Москвичев, к.т.н., доц., Г.М. Зеер, к.т.н., доц., В.Б. Ясинский, к.т.н., доц.
ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»,
660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 82/10
тел. (391)-249-75-55
E-mail: gerasimov24rus@mail.ru*

В области аддитивных технологий разработаны способы повышения плотности и прочности напечатанных материалов, основанные на совместном использовании с методами порошковой металлургии. [1, 2]. В частности, ликвидировать остаточную пористость в материалах, полученных методом послойного наплавления можно путем инфильтрации, т.е. пропиткой расплавом другого, более легкоплавкого материала [3]. Поэтому задачи моделирования и оптимизации технологических режимов изготовления композиционных материалов, сочетающих технологию печати каркаса регулярной структуры с методом инфильтрации, являются актуальными и практически значимыми.

Результаты измерений прочности на изгиб образцов, полученных SLM печатью из порошков титанового сплава ВТ6 регулярной структуры (рис. 1) свидетельствуют о достаточно высокие показатели по модулю упругости 39225,6 МПа, пределу прочности 1396,5 МПа, которые сопоставимы с данными приведенными в публикациях других исследователей [1]. Однако, наличие остаточной пористости (до 7 %) не позволяет добиться уровня свойств титанового сплава ВТ6 (табл. 1). На кривых нагрузки отсутствует участок текучести и зоны пластичности, что говорит о хрупком характере разрушения образцов.

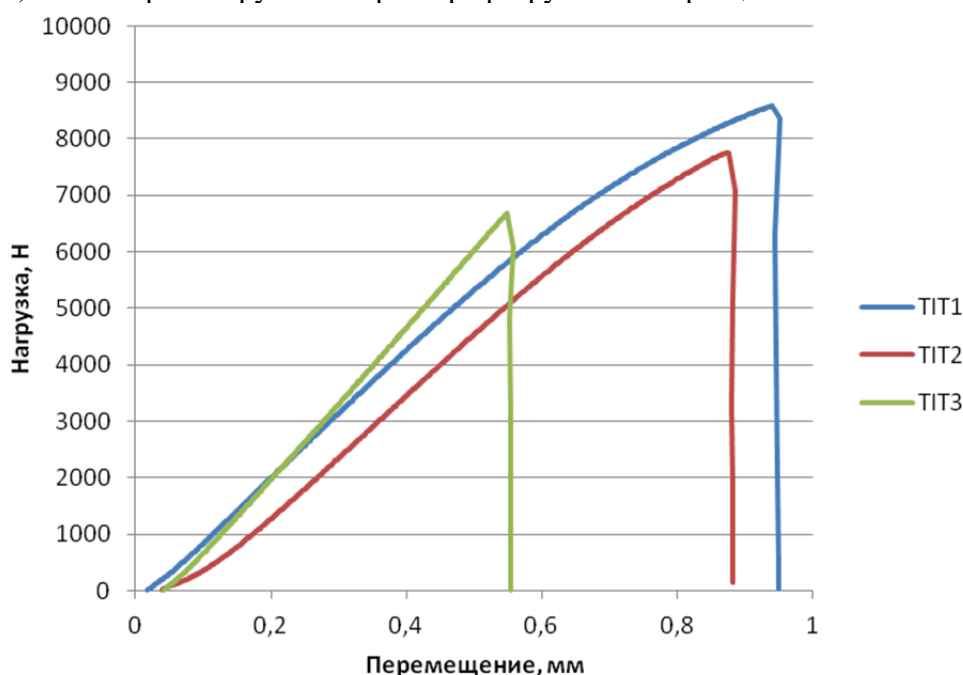


Рис. 1. Характер разрушения напечатанных образцов из порошков титанового сплава ВТ6 при испытаниях на изгиб (образцы получены на разных режимах SLM)

Поэтому в дальнейшем исследовались возможности повышения физико-механических свойств сотовых структур из титанового сплава за счет дополнительных технологий инфильтрации расплавами на основе алюминия и меди. Особенностью предлагаемого в работе процесса является то, что на первом этапе выращивают, так называемую, «грин-модель». После этого производят инфильтрацию – пропитку модели расплавом (рис. 2).

Результаты измерения физико-механических свойств

Образец	Плотность, г/см ³	Относительная плотность, % (пористость)	Модуль упругости, МПа	Предел прочности, МПа
1	4,324	97,1	39225,6	1396,5
2	4,142	93,1	36800,3	1282,8
3	4,124	92,7	46258,1	1092,8

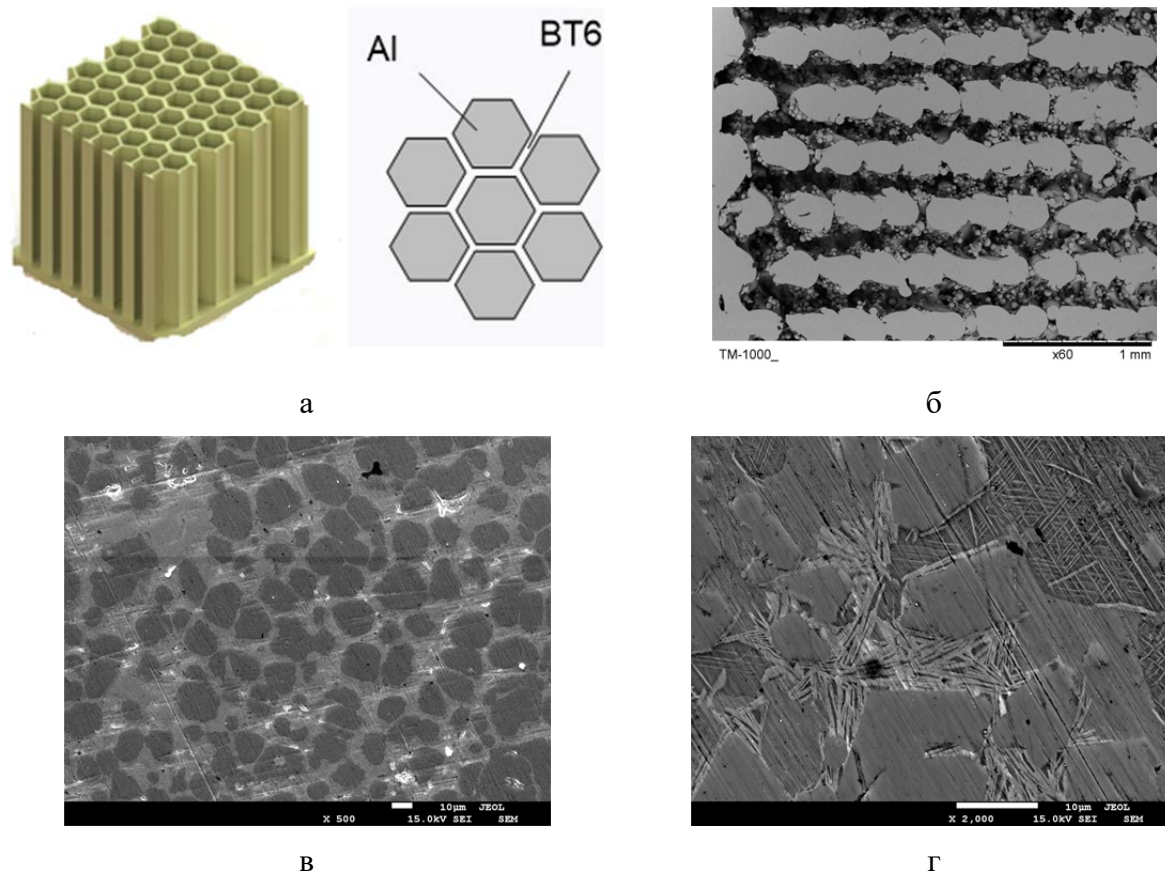


Рис. 2. Схема «грин-модели» сотовой структуры (а) и результаты изменения микроструктуры в процессе инфильтрации (б–г)

Результаты исследований микроструктуры композиционного материала методами растровой электронной микроскопии и относительной плотности (до 98 % от теоретической) свидетельствуют о достаточно высокой эффективности заполнения сотовых пустот и устранении остаточной пористости. Кроме повышения плотности и устранения остаточной пористости у сотовых структур из титанового сплава возрастает также и уровень прочностных свойств, поскольку алюминиевый сплав обеспечивает перераспределение напряжений, возникающих в титановом каркасе под нагрузкой.

Список литературы:

1. Chen L.Y., Liang S.X., Liu Y., Zhang L.C. Additive manufacturing of metallic lattice structures: Unconstrained design, accurate fabrication, fascinating performances, and challenges // *Materials Science and Engineering: R: Reports*. – 2021. – Т. 146. – С. 100648.
2. Валетов В.А. Аддитивные технологии. Состояние и перспективы. – СПб.: Университет ИТМО, 2015. – 63 с.
3. Зленко М.А., Нагайцев М.В, Довбыш В.М. Аддитивные технологии в машиностроении. М.: НАМИ, 2015. – 209 с.

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОКРЫТИЙ ИЗ НИТРИДА ХРОМА ПРИ МАГНЕТРОННОМ РАСПЫЛЕНИИ С ГОРЯЧЕЙ МИШЕНЬЮ

В.А. Грудинин, инж.-исс. НОЦ Б.П. Вейнберга

А.А. Руны, аспирант гр. А2-08.

Г.А. Блейхер, д.ф.-м.н., профессор НОЦ Б.П. Вейнберга

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

тел. (3822) 701-777 доб. 5413

E-mail: vag35@tpu.ru

Реактивное магнетронное распыление является одним из наиболее широко используемых вакуумно-плазменных методов нанесения покрытий сложного состава различного функционального назначения (коррозионно-стойкие, диэлектрические износостойкие и др.) [1]. Несмотря на все преимущества метода (разнообразие состава покрытий, гибкость управления свойствами, простота оборудования) имеются и значительные недостатки, которые заключаются в высокой вероятности реакции на поверхности распыляемой мишени [2]. Это приводит к радикальному снижению скорости осаждения покрытий и нестабильности процесса, что в большой степени оказывается влияние на воспроизводимость. Нам удалось разработать метод магнетронного осаждения покрытий на основе соединений хрома и азота, отличающийся существенно более высокой (примерно на порядок) производительностью по сравнению с традиционными методами на основе реактивного магнетронного распыления [3]. Отличительные особенности этого метода по сравнению с традиционным реактивным магнетронным осаждением состоят в следующем. Во-первых, для формирования потока осаждаемых металлических атомов с высокой плотностью используется теплоизолированная хромовая мишень, которая способна разогреваться до высокой температуры и испытывать сублимацию дополнительно к распылению. Во-вторых, реализован разделённый в пространстве вакуумной камеры напуск рабочего газа аргона и реактивного газа азота, что привело к отсутствию отравления мишени азотом и её распылению в металлическом режиме. В-третьих, молекулярный азот, напускаемый в вакуумную камеру в качестве реактивного газа, подвергается диссоциации и ионизации с помощью радиочастотного плазменного генератора (РПГ), что позволило усилить хемосорбцию азота на поверхности растущего покрытия. В-четвёртых, организовано планетарное вращение подложек с растущим покрытием, необходимое для релаксации механических напряжений, повышения адгезионной прочности покрытий, достижения однородного распределения толщины плёнок по поверхности подложек и более полного погружения растущей плёнки в область действия реактивной плазмы, создаваемой РПГ.

Необходимо было выявить основные закономерности формирования механических свойств покрытий и определить, существует ли возможность заметным образом повлиять на них. При этом наиболее существенным управляющим фактором в рассматриваемом случае является мощность, вкладываемая в индуктивно-связанную плазму.

Эксперименты проводились при следующих параметрах: мощность РПГ от 500 до 1250 Вт, расход аргона от 30 до 45 см³/мин, расход азота от 30 до 55 см³/мин, потенциал смещения на подложке от -50 до -200 В. Остаточное давление в рабочей камере составляло не более $2 \cdot 10^{-3}$ Па. Рабочее давление составляло от 0,3 до 0,6 Па. В качестве подложек использовалась сталь марки 12Х18Н10Т. Плотность мощности МРС варьировалась в диапазоне от 15,9 до 28,3 Вт/см².

При высокой плотности мощности (23,9 Вт/см²), низком потенциале смещения (-50 В), низкой мощности РПГ (500 Вт) и сбалансированной магнитной системой твёрдость и модуль упругости составляла не более 5 и 125 ГПа, соответственно. Таким образом нарастание скорости осаждения за счёт увеличения потока низкоэнергетических сублимированных атомов мишени приводит к значительному ухудшению механических характеристик получаемых покрытий.

Использование несбалансированной конфигурации магнитного поля, высокой мощности РПГ (1000 Вт) и потенциала смещения (-100 В) позволило увеличить характеристики твёрдости, модуля упругости и износостойкости (рис. 1).

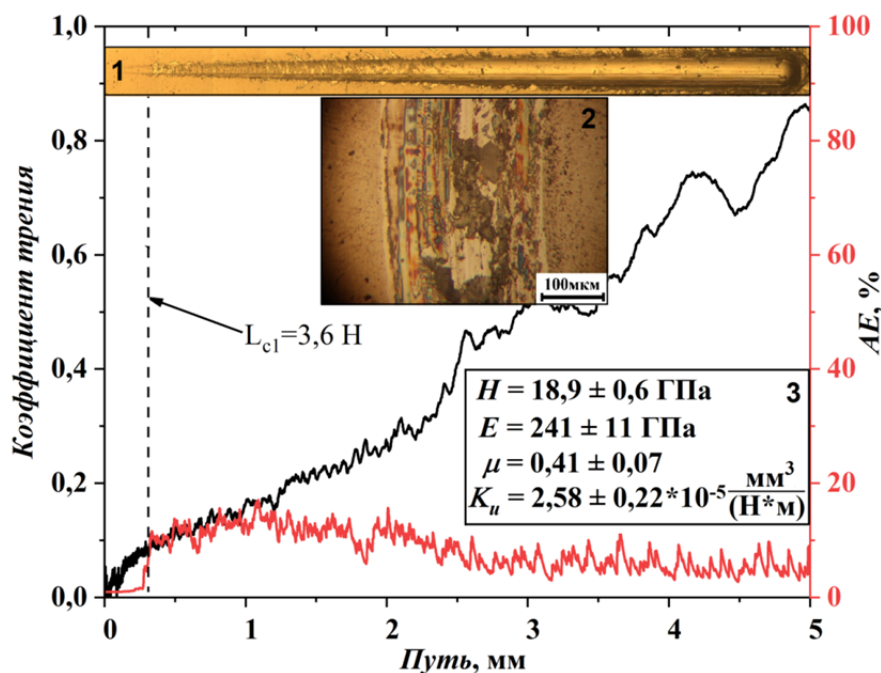


Рис. 1. Механические свойства CrN_x покрытия.

1 – оптическое изображение царапины после Scratch-теста; 2 – оптическое изображение трека износа после испытаний; 3 – твердость (H), модуль упругости (E), коэффициент трения (μ) и скорость износа (K_u). На правой оси обозначена величина акустической эмиссии в течение Scratch-теста

Таким образом, можно сделать вывод, что важнейшим критерием формирования высоких механических характеристик CrN_x покрытий при реактивном магнетронном распылении горячей мишени является интенсивность ионной бомбардировки формируемого покрытия, а также соотношение количества ионов на один атом.

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.
3. Bleykher G.A. et al. Magnetron deposition of chromium nitride coatings using a hot chromium target: Influence of magnetron power on the deposition rate and elemental composition // Surface and Coatings Technology. – 2022. – Vol. 433. – article number 128120.

АЛЮМИНИЕВЫЕ СПЛАВЫ ДЛЯ СЕЛЕКТИВНОГО ЛАЗЕРНОГО ПЛАВЛЕНИЯ

*А.А. Сапрыкин, к.т.н., доцент,
Т.С. Гусева, аспирант гр. А2-21*

*Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
тел. (3822) 444-555
E-mail: tsh2@tpu.ru*

Алюминиевые сплавы широко используются во многих важных отраслях машиностроения, от аэрокосмической и автомобильной до морской и оборонной, благодаря их высокой удельной прочности, низкой плотности, пластичности, хорошей коррозионной стойкости и простоты обработки. Алюминий, по сравнению с железом, почти в три раза легче и является третьим по распространенности элементов на Земле. Изделия из алюминиевых сплавов получают традиционными способами литья и механической обработки, что ограничивает производство деталей сложной пространственной формы [1].

В настоящее время аддитивное производство произвело революцию в традиционной обрабатывающей промышленности, поскольку оно позволяет производить сложные по конструкции изделия не используя технологическую оснастку. Наиболее распространенной технологией аддитивного производства изделий из металлов является селективное лазерное плавление (СЛП).

СЛП является уникальным аддитивным методом, который заключается в создании различных изделий с помощью лазерного плавления металлического порошка по заданным САД-моделям. Методология СЛП заключается в выборочном сканировании слоя порошка и, следовательно, расплавлении порошка для построения компонента слой за слоем. Благодаря высокой точности изготовления селективное лазерное плавление считается наиболее многообещающим методом изготовления деталей сложной формы из металлов. Данная технология является экономически эффективной, быстрой и гибкой для производства сложных изделий с высокими механическими свойствами и хорошей плотностью, благодаря быстрому плавлению частиц порошка и быстрому затвердеванию расплава структура металла получается ультрамелкозернистой. Помимо этого, селективное лазерное плавление позволяет в кратчайшие сроки изготовить изделие, при относительно низком расходе используемого материала [2].

Обзор литературы показал, что различные металлические сплавы на основе Ni, Ti, Fe и Al были успешно использованы для селективного лазерного плавления и были достигнуты показатели прочности и пластичности материала намного выше чем при литье. Но, были выявлены сложности во время СЛП некоторых деформируемых алюминиевых сплавов, поскольку они были подвержены растрескиванию. Это говорит о том, что есть необходимость разработки новых систем алюминиевых сплавов специально для СЛП.

В своей работе Н. Кбау и др. [3] продемонстрировали возможность получения новых распыленных порошков Al-5,5Mg-0,2Sc для аддитивного производства. Порошки имели в основном сферическую форму с минимальным количеством сателлитов. Н. В. Дынин и др. [4] разработали алюминиевый сплав системы Al-10Si-0,9Cu-0,7Mg-0,3Zr-0,3Ce. Материал имеет хорошую скорость наращивания в процессе СЛП и позволяет формировать мелкодисперсную структуру с низким уровнем пористости. С. И. Чжоу и его соавторы [5] рассмотрели одну из критических задач СЛП, суть которой была в применении трудносвариваемых материалов, таких как сплав системы Al-Zn-Mg-Cu. Сплавы Al-Zn-Mg-Cu склонны к сильному растрескиванию при затвердевании/горячему растрескиванию, которое развивается во время охлаждения из жидкого состояния, когда горячие трещины зарождаются на дне ванны расплава. Подход заключался в дополнительном включении субмикронных частиц Si и TiB₂ в сплав Al-Zn-Mg-Cu и в конечном итоге была устранена проблема горячего растрескивания и были получены хорошие механические свойства в алюминиевом

сплаве после печати. Тем не менее, вышеперечисленные сплавы являются экономически не выгодными, поскольку содержание в составе металлических порошков Sc, Zr, Ti и т. д. делают сплав дорогостоящим.

Одним из наиболее распространенным является сплав Al-Si-Mg близкий к эвтектическому составу, который обладает отличной литейной способностью, связанной с небольшим изменением объема при затвердевании во время СЛП делая его пригодным для производства изделий сложной формы, а также малой толщины изделия с улучшенными механическими свойствами. Повышение механических свойств происходит за счет увеличения растворимости твердых веществ и уменьшение размера зерен сплавов Al-Si-Mg путем высоких скоростей охлаждения и затвердевания сплава в процессе СЛП [6].

На основании обзора литературы по сплавам на основе алюминия для аддитивного производства методом селективного лазерного плавления можно сделать вывод, что состав сплава играет весьма важную роль в формировании микроструктуры и механических свойств изделий, полученных методом селективного лазерного плавления. Сплав из металлического порошка алюминия, кремния и магния (Al-Si-Mg) является экономически выгодным из всех вышеперечисленных сплавов, а также многообещающим материалом для получения изделий с улучшенными механическими свойствами методом селективного лазерного плавления, что способствует дальнейшему изучению и исследованию более детально данного сплава.

Список литературы:

1. Influence Mechanism of Process Parameters on Relative Density, Microstructure and Mechanical Properties of Low Sc-Content Al-Mg-Sc-Zr Alloy Fabricated by Selective Laser Melting [Электронный курс] / Di Wang, Yongwei Feng, Linqing Liu, Xiongmin Wei, Yongqiang Yang, Pan Yuan, Yang Liu, Changjun Han, Yuchao Bai // Chinese Journal of Mechanical Engineering: Additive Manufacturing Frontiers, 2021. – Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2772665722000186>.
2. Effects of processing parameters and heat treatment on thermal conductivity of additively manufactured AlSi10Mg by selective laser melting [Электронный курс] / C. Butler, S. Babu, R. Lundy, R. O'Reilly Meehan, J. Punch, N. Jeffers // Materials Characterization, 2021. – Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1044580321000759>.
3. Development of light weight high strength aluminum alloy for selective laser melting [Электронный курс] / N. Qbau, N.D. Nam, N.T. Hien, N.X. Ca // Journal of Materials Research and Technology, 2020. – Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2238785420318135#bib0135>.
4. Structure and mechanical properties of an advanced aluminium alloy AlSi10MgCu(Ce,Zr) produced by selective laser melting [Электронный курс] / N.V. Dynin, V.V. Antipov, D.V. Khasikov, I. Benarieb, A.V. Zavodov, A.G. Evgenov // Materials Letters, 2021. – Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167577X20316050>.
5. Selective laser melting additive manufacturing of 7xxx series Al-Zn-Mg-Cu alloy: Cracking elimination by co-incorporation of Si and TiB₂ [Электронный курс] / S.Y. Zhou, Y. Su, H. Wang, J. Enz, T. Ebel, M. Yan // Additive Manufacturing Frontiers, 2020. – Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214860420308307>.
6. High power selective laser melting (HPSLM) of aluminum parts / D. Buchbinder, H. Schleifenbaum, S. Heidrich, W. Meiners, J. Bültmann // Phys. Proc. – 2011 – 12. – P. 271–278.

СПЕКТРАЛЬНЫЕ ДЕТЕКТОРЫ РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ МАТРИЧНЫХ АРСЕНИД ГАЛЛИЕВЫХ СЕНСОРОВ ДЛЯ РЕНТГЕНОВСКИХ ПЛОТНОМЕРОВ И СИСТЕМ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

*А.Н. Зарубин^{1,2}, В.А. Новиков¹, А.В. Шемерянкина¹, И.Д. Щербаков¹, А.Е. Винник¹,
Л.К. Шаймерденова¹, М.С. Скакунов¹, П.В. Космачев¹, А.В. Тяжев¹*

¹*Центр исследований и разработок «Перспективные технологии в микроэлектронике»,
Томский государственный университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 36
тел. (3822) 529-672*

²*Лаборатория радиофотоники,
Институт оптики атмосферы имени В.Е. Зуева СО РАН,
634055 Томск, Россия, тел. (3822) 492-738
E-mail: zarubin_an@mail.ru*

В работе представлены результаты исследований характеристик прототипа спектрального детектора рентгеновского излучения на основе матричного полупроводникового сенсора, обеспечивающего прямое преобразование энергии рентгеновских квантов в электрический сигнал. В качестве материала сенсора использовался высокоомный арсенид галлия, компенсированный хромом (HR GaAs:Cr) [1–3]. Размерность сенсора 80×80 пикселей с шагом 250 мкм, размер пиксела 200×200 мкм², толщина чувствительного слоя сенсора 550 мкм. В качестве электроники считывания сигналов с пикселей сенсора использовалась специализированная интегральная микросхема (СИМС) HEXITEC [4]. В составе каждого канала СИМС имеется зарядо-чувствительный усилитель (ЗЧУ), усилитель-формирователь (УФ) и схема хранения максимальной амплитуды сигнала. Оцифровка аналогового выходного сигнала с СИМС производилась внешним АЦП.

Калибровка зависимости номера канала АЦП от энергии регистрируемого кванта в диапазоне энергий 17–30 кэВ производилась путем облучения детектора рентгенофлуоресцентным излучением мишеней из молибдена, серебра, индия и олова. Рентгенофлуоресцентное излучение возбуждалось путем освещения мишени рентгеновским пучком, генерируемым микрофокусной трубкой с вольфрамовым анодом. Детектор располагался под углом 90° к направлению распространения первичного пучка рентгеновских квантов.

Пространственное разрешение детектора и кратность увеличения изображения оценивалось с использованием высококонтрастного объекта известной толщины – с использованием контрастного объекта – медной проволоки толщиной 0.6 мм, которая располагалась перед детектором на различном расстоянии от фокуса рентгеновской трубки.

В качестве тест-объектов различной плотности использовались пластиковые цилиндры диаметром 30 мм и высотой 70 мм, напечатанные на 3D-принтере. Изменение средней плотности тест-объектов достигалось путем варьирования степенью заполнения пластиком внутреннего объема цилиндров. Использовались два варианта заполнения: а – сетка ортогональных плоскостей с различными расстояниями между плоскостями; б – сетка трубок, вытянутых вдоль высоты цилиндра. Диапазон изменения плотности тест-объектов, усредненной по объему цилиндра, составлял 0.3–0.9 г/см³ и 0.8–2.4 г/см³ для вариантов заполнения (а) и (б), соответственно. На рис. 1 представлены рентгеновские изображения пластиковых цилиндров степенью заполнения внутреннего объема.

Анализ результатов исследований HR GaAs:Cr HEXITEC детектора позволяет сделать выводы:

- детектор обеспечивает формирование спектральных рентгеновских изображений с пространственным разрешением 250 мкм и энергетическим разрешением на уровне 3–4 кэВ в диапазоне энергий 10–40 кэВ;
- детектор позволяет выявлять различие средней плотности пластиковых объектов в диапазоне 0.3–2.4 г/см³ в диапазоне энергий 10–40 кэВ.

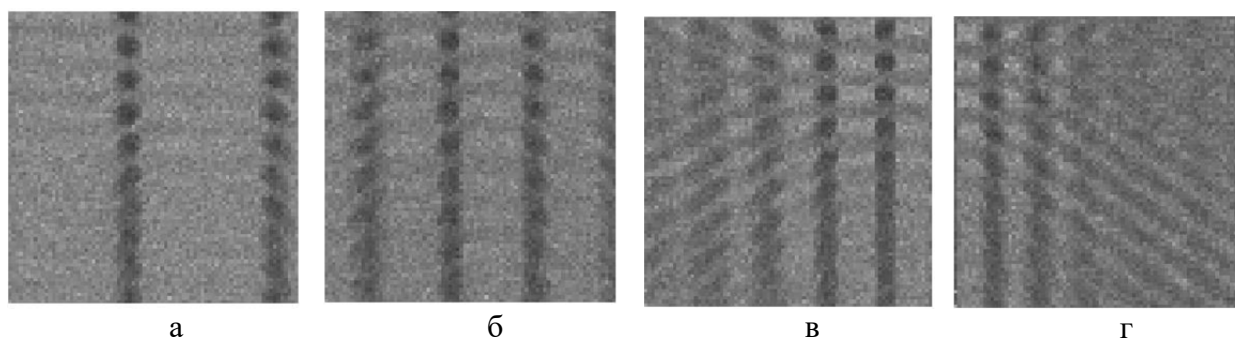


Рис. 1. Рентгеновские изображения тест-объектов с диапазоном плотности $0.3\text{--}0.9\text{ г/см}^3$. Размер изображений $20\times 20\text{ мм}^2$

Исследования выполнены при поддержке:

- гранта по Постановлению Правительства Российской Федерации № 220 от 09 апреля 2010 г. (Соглашение № 075-15-2022-1132 от 01.07.2022 г.) в части изготовления структур высокоомного арсенида галлия, компенсированного хромом;
- Программы развития ТГУ («Приоритет-2030») в части изготовления матричного HR GaAs:Cr сенсора;
- в рамках выполнения государственного задания Минобрнауки России, проект № FSWM-2022-0018 в части исследования энергетического и пространственного разрешения спектральных рентгеновских изображений, регистрируемых HR GaAs:Cr HEXITEC детектором.

Список литературы:

1. Tsigaridas, S., Ponchut, C., Tolbanov, O., Tyazhev, A., Zarubin, A., 2021. Investigation of thick GaAs:Cr pixel sensors for X-ray imaging applications. Journal of Instrumentation 16, P01032–P01032. <https://doi.org/10.1088/1748-0221/16/01/P01032>.
2. S. Chiriotti et al., High-spatial resolution measurements with a GaAs:Cr sensor using the charge integrating MONCH detector with a pixel pitch of 25 μm , 2022 JINST 17 P04007, <https://doi.org/10.1088/1748-0221/17/04/P04007>.
3. M.C. Veale et al., Characterisation of the HEXITEC4S X-ray spectroscopic imaging detector incorporating through-silicon via (TSV) technology, Nuclear Inst. and Methods in Physics Research, A 1025 (2022) 166083, <https://doi.org/10.1016/j.nima.2021.166083>.
4. Jones L., Seller P., Wilson M. and Hardie A., HEXITEC ASIC—a pixellated readout chip for CZT detectors, Nucl. Instrum. Meth. A 604 (2009) 34., doi:10.1016/j.nima.2009.01.046.

СОЗДАНИЕ ПРОГРАММЫ ДЛЯ КАЛЬКУЛЯЦИИ ТЕХНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ИСПОЛЬЗУЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ И ТЕХНОЛОГИИ СОЗДАНИЯ ОБРАЗЦОВ

Ю.С. Дубинов, к.т.н., доц.,
Д.А. Корниенко, студент гр. МО-20-04
А.Н. Галанский, аспирант 1 года обучения
РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина,
119991, г. Москва, проспект Ленинский, дом 65, корпус 1
тел. (918)135-21-90
E-mail: ankoroff57@gmail.com

В XXI веке, в отрасли «Машиностроение», появилась тенденция замены традиционных конструкционных материалов (преимущественно конструкционных сталей) на неметаллические композитные материалы. На данный момент сфера исследования зависимости технических и прочностных свойств композитов от технологии их производства остается малоизученной. С целью автоматизации расчета оптимальной технологии изготовления оборудования с применением неметаллических композитных материалов проводятся эмпирические исследования, ведется разработка программы. Принцип работы программы заключается в совмещении данных, полученных в ходе многочисленных испытаний образцов, с данными, полученными в ходе теоретических расчетов и построения математической модели поведения каждого из образцов. Концептуальное изображение окна ввода данных программы изображено на рис. 1.

Программа для расчета композитных материалов .Matred of 2

1 Выберите материал наполнителя:
ЭПД
ЭД-2Г

2 Выберите материал матрицы:
Углеткань
Стеклоткань

3 Введите плотность материала матрицы (г/м²):

4 Введите площадь сектора матрицы (мм²) или выберите стандартный вид плетения:
Плейн
Твилл
Стейн

5 Введите количество слоев:

6 Введите угол поворота каждого слоя относительно предыдущего и чередование (если оно имеется):
Каждый 2 слой 90°
Каждый 3 слой 90°
Каждый 4 слой 90°

7 Введите длину и ширину необходимой пластины композита:
Длина(мм):
Ширина(мм):

Результат расчета:
Относительное удлинение (кгс/см²):
Прочность (кгс/см²):

Расчет Сброс

Рис. 1. Концептуальное представление окна ввода информации программы

Для вывода достоверных характеристик неметаллических композиционных материалов проводятся многочисленные исследования:

- исследование изменений прочностных характеристик композита под действием агрессивных сред.
- исследование зависимости изменения прочностных характеристик от комбинирования разных типов матриц.
- исследование изменения характеристик композита в зависимости от компаунда (наполнителя).
- исследование изменения характеристик композита в зависимости от градиента воздействующих температур и количества циклов охлаждения-нагрева.
- исследование тепловых потерь (теплопроводности) получаемого материала.

На данный момент проведены исследования, подтверждающие возможность изменения прочностных характеристик неметаллического композитного материала от угла поворота волокон в составе матрицы, выведены коэффициенты, построены графики зависимости относительного удлинения и прочности от технологии изготовления образца (рис. 2)

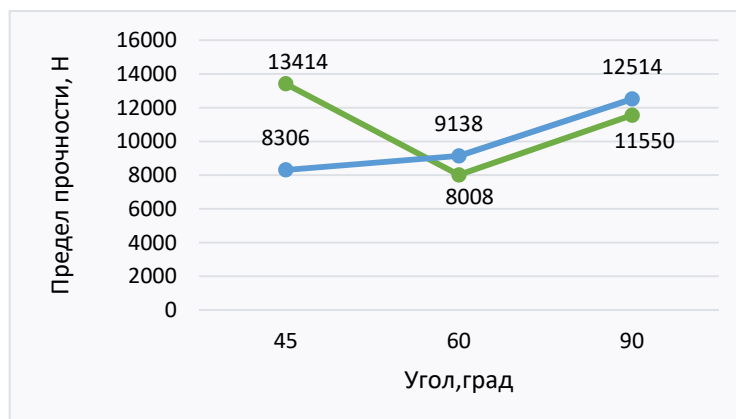


Рис. 2. График зависимости предела прочности углепластика (зеленый) и стеклопластика (синий)

Вектор последующих исследований направлен на расширение базы используемых материалов, типов и форм изделий, а также на увеличение количества исследуемых технических параметров неметаллических композитов.

Список литературы:

1. Бондалетова Л.И., Бондалетов В.Г. Полимерные композиционные материалы. – Томск : Издательство Томского политехнического университет, 2013.
2. Рабинович А.Л. Введение в механику армированных полимеров. М.: Химия, 1970. – 482 с.
3. ГОСТ 25.601-80. Расчеты и испытания на прочность. Методы механических испытаний композиционных материалов с полимерной матрицей (композитов). Метод испытания плоских образцов на растяжение при нормальной, повышенной и пониженной температурах
4. Скудра А.М., Булаве Ф.Я. Прочность армированных пластиков. М.: Химия, 1982. 216 с.
5. Рогинский С.Л., Канович М.З., Колтунов М.А. Высокопрочные стеклопластики. М.: Химия, 1979. – 144 с.
6. Гуняев Г.М. Структура и свойства полимерных волокнистых композитов. М.: Химия, 1981. – 232 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ МЕТОДОМ СПЕКТРОМЕТРИИ ВРЕМЕНИ ЖИЗНИ ПОЗИТРОНОВ ПОСЛЕ ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ РЕЗКИ

Р.С. Лантев¹, к.т.н., доц.,

А.Д. Ломыгин¹, аспирант гр. А1-08

Л. Цзиньцюань², к.т.н., профессор

¹Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30

²Шэньянский политехнический университет, 110183, г. Шэньян, ул. Вэньхуэй

тел. +7(923)-433-24-61

E-mail: adl4@tpu.ru

При высокоскоростном резании на обработанных поверхностях после механической обработки часто образуется белый слой, серьезно влияющий на механические свойства. Эти свойства связаны со структурой материала и дефектами, вызванными резанием. Тем не менее, существует недостаток исследований по атомно-масштабным дефектам белого слоя.

Эксперимент по однофакторному сухому резанию проводился на токарном станке с ЧПУ MULTUS B400-W. Использовались лезвия из кубического нитрида бора PCBN. Угол наклона инструмента составлял $\gamma_0 = 5^\circ$, задний угол составлял $\alpha_0 = 7^\circ$, угол и наклон режущей кромки составляли $k_r = 90^\circ$ и $\lambda_s = 0^\circ$, соответственно, а радиус угла составлял $r_c = 0,8$ мм. В качестве материала для испытаний использовалась подшипниковая сталь GCr15, которая была нагрета до 850°C , выдержана в течение 2 ч, закалена 10 % соленой водой, закалена при 320°C , затем выдержана в течение 4 ч, с твердостью HRC60. Размер образца составлял $10 \times 10 \times 2$ мм. Скорость резания изменялась от 347 м/мин до 520 м/мин.

Позитронная аннигиляционная спектроскопия (ПАС) – перспективный метод анализа дефектной структуры материалов при высокоскоростном резании, позволяющий исследователям изучать механизмы и контролировать динамику появления, трансформации и исчезновения дефектов различных размеров (от точечных до протяженных) в широком диапазоне концентраций. Исследования времени жизни позитронов позволяют определить тип, размер и концентрацию дефектов. Средняя глубина имплантации позитронов, испускаемых изотопом ^{44}Tl в сталь, составляет около 150 мкм.

Для объемного анализа использовались спектроскопия на основе модуля спектроскопии времени жизни позитронной аннигиляции (СВЖП) [1, 2]. Временное разрешение модуля СВЖП составляло 230 ± 6 пс, скорость счета 105 ± 30 событий/с. В качестве источника позитронов использовался радиоактивный изотоп ^{44}Tl с активностью 1,38 МБк и максимальной энергией 1,47 МэВ. Для каждого образца было собрано два спектра СВЖП, со статистикой $3 \cdot 10^6$ событий. Спектры СВЖП были проанализированы с помощью «модели четырехсоставной ловушки» с использованием программного обеспечения LT10 (версия 10.2.2.2) [3, 4]. В этой модели спектр анализируется с помощью четырех временных компонент τ_A , τ_B , τ_C и τ_F ; интенсивностей I_A , I_B и I_C ; скоростей захвата k_A , k_B и k_C ; и среднего времени жизни позитрона τ_{avg} . Первые три компоненты соответствуют аннигиляции позитрона в состояниях А, В и С, а τ_F соответствует времени жизни делокализованного позитрона в решетке GCr15. Компоненты времени жизни были частично общими для всех образцов. Вклад позитронного источника был определен с помощью эмпирической функции и составил приблизительно 9 %. Временные компоненты аннигиляции позитронов в источнике были равны: $\tau_1 = 142$ пс (48,2 %), $\tau_2 = 468 \pm 3$ пс (42,8 %) и $\tau_3 = 2800 \pm 27$ пс (9,0 %).

Экспериментальные результаты СВЖП для образцов GCr15 в зависимости от скорости резания приведены в табл. 1.

Параметры ПАС образцов GCr15 в зависимости от скорости резания

Скорость резания, м/мин	χ^2	τ_A , ± 2 пс	τ_B , ± 4 пс	τ_F , ± 6 пс	k_A , нс ⁻¹	k_B , нс ⁻¹	I_A , %	I_B , %	τ_{avg} , пс
347	1.16	147	240	106	19.1 ± 0.4	0.04 ± 0.08	86.7	0.2	149
404	1.09				15.4 ± 0.1	0.21 ± 0.03	83.4	1.0	146
462	1.12				21.0 ± 0.2	0.96 ± 0.04	84.0	3.5	159
520	1.17				22.2 ± 0.5	0.61 ± 0.05	84.9	2.3	155

Спектры всех образцов содержат четыре временные компоненты: $\tau_F = 106 \pm 6$ пс, $\tau_A = 147 \pm 1$ пс, $\tau_B = 240 \pm 4$ пс и $\tau_C = 1,75 \pm 0,04$ нс (τ_C связана с аннигиляцией позитронов в держателе образца и не использовалась в дальнейшем анализе; $I_C < 1,2$ %). Временная компонента τ_F со временем жизни 106 ± 6 пс соответствует теоретическим и экспериментальным значениям времени жизни делокализованных позитронов в кристаллической решетке железа. Компонента $\tau_A = 147 \pm 2$ пс очень близка к экспериментальным значениям позитронов, захваченных дефектами, вызванными пластической деформацией. Это могут быть дислокации или связанные с ними дефекты, такие как пробелы, вакансии и комплексы вакансия-пустота для компонентов стали (например, v -Cr (153 пс), v -Mn (152 пс), v -Cu (153 пс) и v -C (160 пс)). Более того, аналогичные времена жизни позитронов были обнаружены для мартенситной (159 ± 3 пс), бейнитной (164 ± 3 пс), перлитной (151 ± 3 пс) и аустенитной (149 ± 3 пс) структур стали после различных термических обработок. Это означает, что данное время жизни не может быть однозначно отнесено только к одному типу дефектов.

Однозначная идентификация второй временной компоненты, $\tau_B = 240 \pm 4$ пс, также проблематична. Подобная величина характерна для кластеров вакансий (~ 5) в решетке Fe, а также для дефектов, связанных с преципитатами второй фазы (например, граница раздела Fe₃C-цементит-матрица). Сопоставимые значения также найдены для оксидов железа и хрома, образование которых часто связано с естественным окислением (ржавчина) и отжигом на воздухе. Известно, что наличие больших скоплений дефектов связано с механизмом растрескивания и может отрицательно влиять на механические свойства белого слоя.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Государственного фонда естественных наук Китая в рамках научного проекта № 21-58-53039.

Список литературы:

1. Kuznetsov P.V. et al. Positron spectroscopy of defects in submicrocrystalline nickel after low-temperature annealing // *Physics of the Solid State*. – 2015. – Vol. 57. – №. 2. – P. 219–228.
2. Stepanova E. et al. Effect of hydrogen on the structural and phase state and defect structure of titanium alloy // *AIP Conference Proceedings*. – AIP Publishing LLC, 2016. – Vol. 1772. – №. 1. – P. 030016.
3. Giebel D., Kansy J. A new version of LT program for positron lifetime spectra analysis // *Materials Science Forum*. – Trans Tech Publications Ltd, 2011. – Vol. 666. – P. 138–141.
4. Giebel D., Kansy J. LT10 program for solving basic problems connected with defect detection // *Physics Procedia*. – 2012. – Vol. 35. – P. 122–127.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЕВ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ МЕТОДОМ ПОЗИТРОННОЙ АННИГИЛЯЦИИ ПОСЛЕ ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ РЕЗКИ

Р.С. Лантев¹, к.т.н., доц.,

А.Д. Ломыгин¹, аспирант гр. А1-08

Л. Цзиньцюань², к.т.н., профессор

¹Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30

²Шэньянский политехнический университет, 110183, г. Шэньян, ул. Вэньхуэй

тел. +7(923)433-24-61

E-mail: adl4@tpu.ru

В процессе высокоскоростного резания инструмент и обрабатываемая поверхность мгновенно сталкиваются на высокой скорости, что приводит к резкому повышению температуры частичной зоны. Под действием режущей кромки инструмента поверхностный слой обрабатываемого материала подвергается эффекту твердого термомеханического сцепления, что приводит к появлению деформированного теплового слоя на обрабатываемой поверхности. Этот эффект оказывает значительное влияние на механические свойства заготовки [1].

Эксперимент по однофакторному сухому резанию проводился на токарном станке с ЧПУ MULTUS B400-W. Использовались лезвия из кубического нитрида бора PCBN. Угол наклона инструмента составлял $\gamma_0 = 5^\circ$, задний угол составлял $\alpha_0 = 7^\circ$, угол и наклон режущей кромки составляли $k_r = 90^\circ$ и $\lambda_s = 0^\circ$, соответственно, а радиус угла составлял $r_c = 0,8$ мм. В качестве материала для испытаний использовалась подшипниковая сталь GCr15, которая была нагрета до 850°C , выдержана в течение 2 ч, закалена 10 % соленой водой, закалена при 320°C , затем выдержана в течение 4 ч, с твердостью HRC60. Размер образца составлял $10 \times 10 \times 2$ мм. Скорость резания изменялась от 347 м/мин до 520 м/мин.

Для анализа поверхности и приповерхностной области (до $\sim 1,2$ мкм) необходимо использовать позитронный пучок переменной энергии. Белый слой изучался с помощью доплеровского уширения аннигиляционной линии с использованием переменной энергии позитронов в ОИЯИ ДЛНП в Дубне, Россия [2, 3]. Использовался моноэнергетический поток позитронов диаметром 5 мм и интенсивностью 10^6 $e^+/с$. Диапазон энергий имплантированных позитронов составлял от 0,1 до 36 кэВ. Проводились измерения доплеровского уширения, а аннигиляционное γ -излучение регистрировалось HPGe детектором модели GEM25P4-70 (АМЕТЕК ORTEC, США) с энергетическим разрешением 1,20 кэВ, интерполированным на энергию 511 кэВ. Полученные спектры DBS анализировались путем извлечения параметров S и W, определяемых как зона под центральной или крыльевой частью линии аннигиляции, деленная на общую площадь под этой линией, соответственно.

Результаты послойного анализа с использованием позитронных пучков переменной энергии показаны на рис. 1. Характерное увеличение параметра S для низкоэнергетических позитронов, наблюдаемое во всех спектрах, вызвано увеличением числа позитронов, аннигилированных из поверхностного состояния. При энергии выше 15 кэВ все позитроны аннигилируют внутри материала, и лишь незначительное число позитронов может диффундировать и аннигилировать на поверхностных дефектах. Из-за сложности отнесения изменений только к одному типу дефектов, эти изменения будут интерпретироваться только в терминах разницы между параметрами резания. Обычно параметр S можно рассматривать как интегральную характеристику, представляющую общий уровень дефектов в открытом объеме, но, как показано выше, в случае резки быстрорежущей стали на него также влияют фазовые превращения. Фазовые превращения из мартенситной фазы в аустенитную сопровождаются снижением параметра S [4, 5]. Обратное мартенситное превращение приводит к увеличению параметра S. Таким образом, невозможно отделить вклад от фазовых превращений в стали при высокоскоростном резании, связанных с

накоплением деформационных или закалочных дефектов, и далее мы будем рассматривать только их суммарный эффект.

Образцы стали GCr15, разрезанные при минимальной скорости резания (347 м/мин), характеризуются минимальным параметром S и максимальным W до глубины 1,2 мкм. Увеличение скорости резания на 16,5 % приводит к росту параметра S , сопровождающемуся снижением W на глубине от 25 до 900 нм. Увеличение скорости резания до 462 м/мин приводит к дальнейшему увеличению параметра S , причем наиболее заметные различия наблюдаются на глубине до 30 нм. При самой высокой скорости резания 520 м/мин наблюдается снижение параметра S по сравнению со скоростью 462 м/мин, но только на глубинах до 50 нм. При большей глубине заметных изменений не наблюдается. Полученные результаты согласуются с данными, представленными в [6], которые показывают, что с увеличением скорости резания содержание сохранившегося аустенита сначала увеличивается, а затем уменьшается.

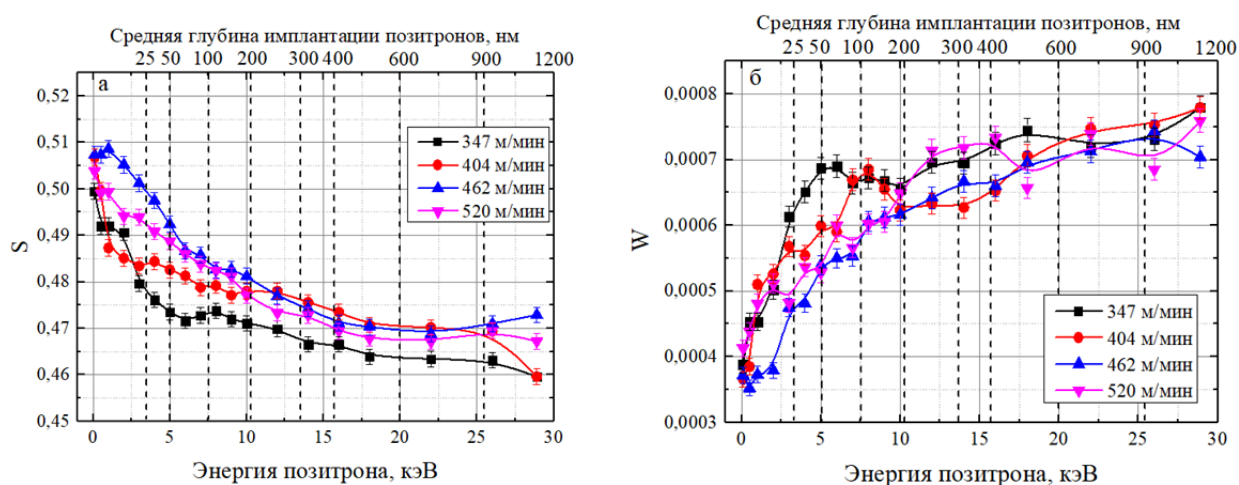


Рис. 1. Профиль глубины DBS-VEP параметров S (а) и W (б) для белого слоя в образцах из стали GCr15 при различных скоростях резания

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Государственного фонда естественных наук Китая в рамках научного проекта № 21-58-53039.

Список литературы:

1. Poulachon G. et al. An experimental investigation of work material microstructure effects on white layer formation in PCBN hard turning // International Journal of Machine Tools and Manufacture. – 2005. – Vol. 45. – №. 2. – P. 211–218.
2. Horodek P. et al. Slow positron beam at the JINR, Dubna // Nukleonika. – 2015. – Vol. 60.
3. Horodek P. et al. Development of positron annihilation spectroscopy at LEPTA facility // Physics of Particles and Nuclei Letters. – 2014. – Vol. 11. – №. 5. – P. 708–712.
4. Rementeria R. et al. Positron annihilation spectroscopy study of carbon-vacancy interaction in low-temperature bainite // Scientific reports. – 2020. – Vol. 10. – №. 1. – P. 1–6.
5. Horodek P., Dryzek J., Wróbel M. Positron annihilation study of defects induced by various cutting methods in stainless steel grade 304 // Tribology Letters. – 2012. – Vol. 45. – №. 2. – P. 341–347.
6. Fang-yuan Z. et al. Influence of cutting condition on white layer induced by high speed machining of hardened steel // The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. – 2018. – Vol. 98. – №. 1. – P. 77–84.

ХЛАДОСТОЙКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ РАБОТЫ В СЕВЕРНЫХ УСЛОВИЯХ

*А.В. Делков, к.т.н., доц.,
А.А. Литовченко, студент гр. БХС19-01
Сибирский государственный университет имени академика М.Ф. Решетнева,
660037, г. Красноярск, пр.им. газеты Красноярский рабочий, 3
тел. +7(913)568-15-16
E-mail: mrandrewmri@gmail.com*

Хладостойкими называют материалы, сохраняющие достаточную вязкость при низких температурах от 0 до $-269\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($273-4\text{ K}$). Воздействию низких температур подвергаются все термически незащищенные элементы стальных металлоконструкций и обшивки подвижного состава, строительные конструкции, автомобили, вагоны в северных районах страны, охлаждаемые до температур климатического холода ($-80\text{ }^{\circ}\text{C}$), специальное оборудование, физики низких температур, детали, узлы и трубопроводы холодильной и криогенной техники, которые используются для получения, хранения и транспортировки сжиженных газов, охлаждаемых вплоть до температур жидкого гелия ($-269\text{ }^{\circ}\text{C}$) [1].

Понижение температуры эксплуатации сопровождается увеличением статической и циклической прочности, снижением пластичности и вязкости, повышением склонности к хрупкому разрушению.

Важное требование, определяющее пригодность материала для низкотемпературной службы – отсутствие хладноломкости. Хладноломкость характерна для железа, стали, металлов и сплавов с ОЦК и ГП решетками. Для надежной работы материала необходимо обеспечить температурный запас вязкости. Это достигается, когда порог хладноломкости материала расположен ниже температуры его эксплуатации.

Кроме критериев хладостойкости основанием для выбора материала служат также показатели прочности, физические и технологические свойства, совместимость с окружающей средой, стоимость материала. Важным критерием хладостойкости является вязкость разрушения в условиях плоской деформации.

Из физических свойств материала важны тепловое расширение, теплопроводность, теплоемкость. Чем меньше тепловое расширение материала, тем меньше термические напряжения в деталях и конструкциях при термоциклировании. От теплоемкости и теплопроводности зависит быстрота захлаживания материала при термоциклировании. При низких температурах, начиная от температуры жидкого азота ($-196\text{ }^{\circ}\text{C}$), теплопроводность и теплоемкость снижается более чем в 10 раз. Изменение этих свойств неодинаково влияет на быстроту захлаживания материалов при термоциклировании. Чем меньше теплоемкость и больше теплопроводность, тем легче захлаживается криогенное оборудование и быстрее входит на рабочий режим [2].

Для повышения хладостойкости и свариваемости строительных сталей применяют малоперлитные стали с низким содержанием углерода с микролегированием сильными карбидообразующими элементами. Так же, используют стали, легированные малыми добавками азота в сочетании с различными сильными нитридообразующими элементами. В качестве таких элементов как правило применяют ванадий, алюминий, ниобий и титан. Выделение азота из твердого раствора в виде нитридов снижает его охрупчивающее действие, что позволяет повысить прочность стали и, способствуя измельчению зерна, не ухудшает ее хладостойкости.

Хром повышает прочность стали и при содержании до 1 % увеличивает ее вязкость. Увеличение концентрации хрома более 1,5 % приводит к повышению порога хладноломкости. Прочность стали может быть повышена при легировании медью за счет упрочнения твердого раствора, дополнительного измельчения зерна, а при более высоких концентрациях (до 0,8 %) – за счет дисперсионного упрочнения. Так же может быть снижена критическая температура хрупкости. Однако стали с медью пока не получили широкого

распространения из-за опасности возникновения красноломкости. Из легирующих элементов в большей степени никель понижает хладноломкость стали. Никель и железо полностью растворимы друг в друге, имеют схожее кристаллическое строение решеток. Никель не является карбидообразующим элементом, он находится в твердом растворе в феррите или аустените. Он упрочняет феррит и одновременно увеличивает его вязкость, увеличивает прокаливаемость стали, измельчает зерно, а также снижает концентрацию примесей на дислокациях и уменьшает блокирование дислокаций примесными атомами внедрения[3].

Области применения хладостойких материалов

Конструкционная углеродистая качественная:

- сталь 08 – шайбы, патрубки, прокладки и другие неотчетственные детали – требования высокой пластичности, Т: –40...450 °С;
- сталь 10 – детали – требования высокой пластичности, Т: –40...450 °С; после ХТО – детали с высокой поверхностной твердостью при невысокой прочности сердцевины;
- сталь 15 – болты, винты, крюки и другие детали – требования высокой пластичности, Т: –40...450 °С; после ХТО – рычаги, кулачки, гайки и др. – требования высокой поверхностной твердости, высокой прочности сердцевины.

Конструкционная низколегированная для сварных конструкций

- 09Г2 – стойки ферм, верхние обвязки вагонов, хребтовые балки, двутавры и другие детали вагоностроения, детали экскаваторов, элементы сварных металлоконструкций и других деталей, Т: –40...450 °С
- 16ГС – фланцы, корпуса и другие детали, Т: –40...450 °С под давлением, элементы сварных металлоконструкций, Т от: –70 °С
- 17ГС – корпуса аппаратов, днища, фланцы и другие сварные детали, работающие под давлением, Т: –40...450 °С
- 17Г1С – сварные детали, работающие под давлением, Т: –40...450 °С [2]

Такие материалы широко используют в регионах с низкими температурами, а также в промышленности для стойкости и долговечности конструкций при низких температурах.

Список литературы:

1. Золоторевский В.С., Механические свойства металлов: учебник для вузов. – М.: МИСиС, 1998. – 400 с.
2. Гордеева Т.А., Жегина И.П. Анализ изломов при оценке надежности материалов. – М.: «Машиностроение», 1978. – 200 с.
3. Корчмит А.В., Егоров Ю.П. Методика определения скорости охлаждения бронзы Бр. ОСЦН 10-13-2-2 в формах с разной теплопроводностью // Обработка металлов. – 2005. – № 1. – С. 23–25.

ОСАЖДЕНИЕ ТОНКОПЛЕНОЧНОГО ЛЮМИНЕСЦЕНТНОГО ПОКРЫТИЯ СОСТАВА $Y_3Al_5O_{12}:Ce$ МЕТОДОМ МАГНЕТРОННОГО РАСПЫЛЕНИЯ

А.А. Руц, аспирант гр. А2-08

*В.А. Грудинин, инженер-исследователь НОЦ Б.П. Вейнберга
Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
тел. (3822) 701-777 доб. 2595*

E-mail: aar74@tpu.ru

В настоящее время крайне актуальной задачей является визуализация различных объектов в сложных условиях (например, ночью, при пониженной прозрачности атмосферы, при воздействии интенсивных световых помех и т. п.). Её решение необходимо как для военных, так и для гражданских целей. Обычно для этого используются оптико-электронные приборы ночного видения (ОЭП НВ) [1]. Одним из ключевых элементов ОЭП НВ является катодлюминесцентный экран. Это – экран электронно-лучевого прибора с люминофорным покрытием на внутренней стороне фронтального стекла, светящегося при электронной бомбардировке.

Процесс нанесения люминофора на поверхность экрана весьма трудоемкий, требующий строгого соблюдения вакуумной гигиены. Из многочисленных способов нанесения люминофора в настоящее время в основном используются следующие методы: газофазного осаждения, пульверизации и центрифугирования. Однако функциональные свойства люминофоров, осаждённых подобными методами, далеко не всегда удовлетворяют задаваемым требованиям [2]. Например, слишком большая толщина, приводящая к чрезмерному рассеянию света и, соответственно, к ухудшению чёткости изображения. Также стоит отметить сложность формирования люминофорной пленки по ранее перечисленным методикам. Осаждение функциональных покрытий различного назначения с помощью магнетронных распылительных систем характеризуется возможностью наносить очень тонкие плёнки, а также хорошей адгезией, равномерностью, большими возможностями в управлении структурными и функциональными свойствами различных покрытий. Однако этот метод пока не нашёл активного промышленного применения в производстве люминофоров. В связи с этим возникла идея разработать и внедрить в производство ЭОП НВ новую технологию, основанную на магнетронном осаждении. Для этого планируется создать научные основы нового метода получения люминофорных покрытий, реализовать его в лабораторных условиях, получить необходимые закономерности и оптимальные параметры осаждения, а затем внедрить в производство.

Целью представленной работы является получения данных о влиянии технологических параметров магнетронного осаждения и отжига на свойства тонкопленочного люминофора.

Осаждение тонкопленочного люминофора состава $Y_3Al_5O_{12}$ легированного Се проводилось на вакуумно-плазменной установке с использованием двух магнетронных распылительных систем (МРС) одновременно. Формирования структуры из иттрий-алюминиевого граната проводилось путем распыления соответствующей мишени высокочастотным (ВЧ) распылением. Внедрение ионов церия в растущую структуру проводилось посредством среднечастотного распыления цериевой мишени. Время осаждения люминофора составило 6 часов.

Перед процессом осаждения подложки подвергались термической обработке, под действием инфракрасного излучения. Температура поверхности подложек при обработке составляла порядка 100 °С, время обработки – 25 минут.

После термической обработки, подложки подвергаются очистке пучком заряженных ионов, формируемым многоапертурным ионным источником. Плазмообразующий газ в ходе процесса очистки – аргон (99,999 %). Параметры ионной очистки: расход аргона 7,5 см³/мин.; давление в рабочей камере $1,1 \cdot 10^{-1}$ Па; ток ионного пучка 36 мА; напряжение ионного источника 2,5 кВ; время обработки 10 минут.

После процесса осаждения, сформированное тонкопленочное покрытие $YAlO$ с добавлением Se на поверхности подложек из кремния и сапфира было подвергнуто высокотемпературному отжигу с целью рекристаллизации структуры люминофоров (рис. 1).

Высокотемпературный отжиг образцов проводился в вакуумной электропечи СНВЭ-1,7.3.1,7/20, при давлении $1 \cdot 10^{-4}$ Па с плавным повышением температуры 10 °С/мин (до 1000 °С), выдержкой в течение часа, и плавным остыванием в среде вакуума.

Методом рентгеновской дифракции, были получены рентгенограммы тонкопленочного люминофора $YAlO:Se$, полученного при разных технологических параметрах.

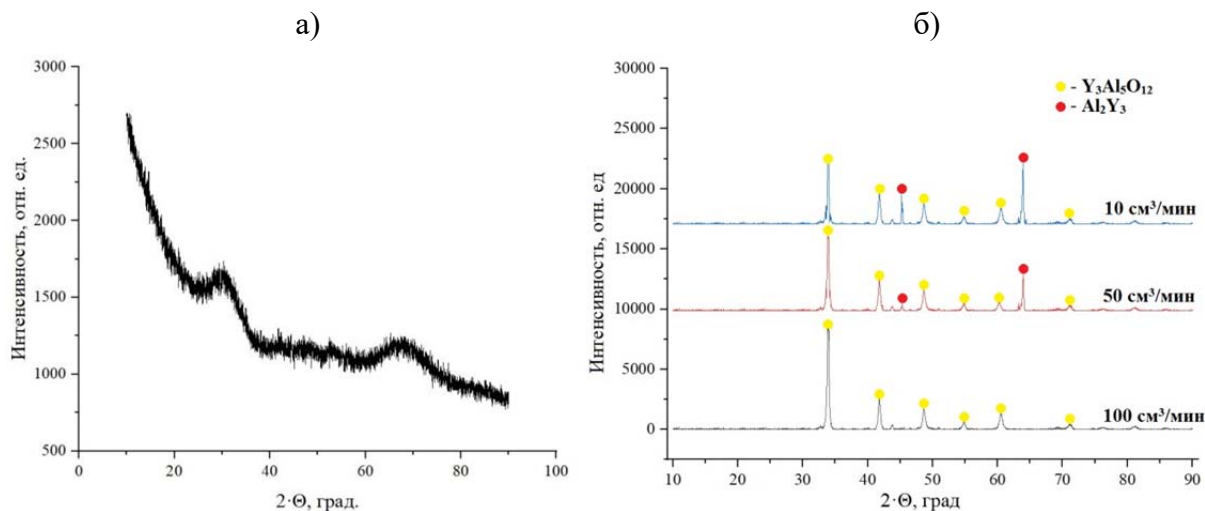


Рис. 1. Рентгенограммы тонкопленочного люминофора, до отжига (а) и после отжига (б), полученного при разном расходе кислорода, мощность распыления цезия 50 Вт, температура отжига 1000 °С.

Из представленной рентгенограммы на рисунке видно, что с уменьшением расхода кислорода во время осаждения в формируемой структуре образуется нежелательная фаза Al_2Y_3 . Это явление можно объяснить недостаточным количеством кислорода в пленке для формирования фазы иттрий-алюминиевого граната, в процессе высокотемпературного отжига. Для эффективного образования фазы $Y_3Al_5O_{12}$ при использовании метода магнетронного распыления необходимо содержание кислорода не менее 80 % от общего потока газов в рабочую камеру.

Результаты получены при содействии коллектива научной лаборатории интегральной оптики и радиофотоники при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках соглашения №075-03-2020-237/1 от 5 марта 2020 г. (внутренний номер проекта FEWM-2020-0040). Экспериментальные результаты получены с использованием оборудования ЦКП «Импульс» (регистрационный номер 200568).

Список литературы:

1. Орлов В.А., Петров В.И. Приборы наблюдения ночью и при ограниченной видимости. – М.: Военное изд-во, 1989. – 254 с.
2. Бутслов М.М., Степанов Б.М., Фанченко С.Д. Электронно-оптические преобразователи и их применение в научных исследованиях. – М.: Наука, 1978. – 432 с.
3. Пустоваров, В.А. Люминесценция твердых тел: учеб. пособие / В.А. Пустоваров. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2017. – 128 с.

ОСОБЕННОСТИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЧАСТИЦ НАПЫЛЯЕМОГО МАТЕРИАЛА С ПОДЛОЖКОЙ ПРИ ДЕТОНАЦИОННОМ НАПЫЛЕНИИ

*П.А. Рябинкина, аспирант, м.н.с.,
Новосибирский государственный технический университет,
630073, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20,
тел. (383) 346-06-12
E-mail: ryabinkina.2013@corp.nstu.ru*

Использование технологий газотермического напыления покрытий является целесообразным подходом к удовлетворению требований, предъявляемых к различными деталям машин и изделиям. Метод детонационного напыления обеспечивает получение покрытий желаемой толщины с высокими адгезионными свойствами и низкой пористостью. Современные установки позволяют с достаточной точностью регулировать параметры процесса, что, в свою очередь, может обеспечивать возможность формирования необходимых соединений непосредственно в ходе процесса напыления, а также отсутствие окисления частиц напыляемого материала в зависимости от выбранного соотношения кислород/топливо [1]. Процессы, протекающие на границе между частицей и подложкой в момент их столкновения, имеют место в достаточно малый промежуток времени, поэтому для анализа этих процессов целесообразно использование методов численного моделирования.

Эксперименты по получению единичных сплэтов были проведены в институте гидродинамики им. М.А. Лаврентьева СО РАН с использованием установки CCDS2000 [2]. Для напыления был использован сферический порошок меди со средним размером частиц 40–45 мкм, в качестве подложек были использованы диски из стали 30, предварительного подвергнутые отжигу. Режимы напыления выбирались с целью обеспечения взаимодействия как нагретых, но находящихся в твердом состоянии частиц, так и расплавленных капель материала с подложкой.

Моделирование процесса взаимодействия сферической частицы меди со стальной подложкой осуществляли в осесимметричной двумерной постановке в среде LS-DYNA с использованием метода гидродинамики сглаженных частиц (SPH – Smoothed Particle Hydrodynamics), являющегося бессеточным лагранжевым методом. SPH-метод активно применяют для симуляции быстротекущих процессов, сопровождающихся высокими степенями деформации [3, 4].

Схема постановки задачи представлена на рис. 1. Исходные температуру и скорость частицы варьировали согласно рассчитанным в ходе эксперимента параметрам. Для анализа деформационного упрочнения и термического разупрочнения материалов использовалась модель Джонсона-Кука. Линейное уравнение состояния Ми-Грюнайзена было использовано для описания свойств материалов в условиях высокоскоростной деформации. Подробное описание применяемых в расчетах модели и уравнений можно найти в [5].



Рис. 1. Схема постановки задачи столкновения сферической частицы с подложкой

На рис. 2 представлены результаты моделирования, отражающие степень пластической деформации частицы и подложки при различных режимах напыления. Можно отметить, что наиболее значительной деформации ($\epsilon \sim 3-5$) подвергаются области, находящиеся на некотором удалении от центра соударения.

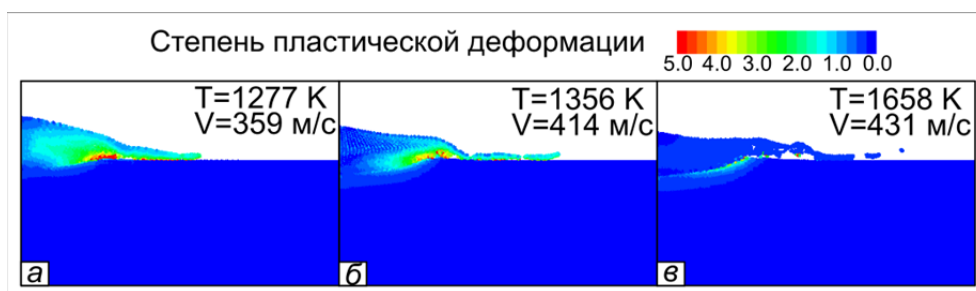


Рис. 2. Степень пластической деформации материалов частицы и подложки при напылении при различных режимах: а) температура частицы ниже температуры плавления; б) температура частицы соответствует температуре плавления; в) температура частицы выше температуры плавления

Несмотря на достаточно высокие скорости частицы, глубокого ее внедрения в материал подложки не происходит, формируемые сплэты имеют преимущественно куполообразную форму. Согласно расчетам, глубина внедрения не превышает 5 мкм. Также можно отметить явление расплескивания, которое наблюдается на границе частица/подложка. Расплескивание материала частиц при увеличении ее скорости и температуры становится более интенсивным, возможно возникновение фрагментации формирующихся «брызг», как видно на рисунке 2в.

По результатам моделирования, было отмечено, что в начале процесса возникает резкий скачок температуры частицы, что обусловлено переходом ее кинетической энергии в тепловую. Величина скачка варьируется от 180 К до 290 К в зависимости от исходных параметров частицы. Скорость нагрева материала подложки составляла от $5 \cdot 10^9$ до $15 \cdot 10^9$ К/с, при этом плавления материала подложки не происходит.

Работа выполнена в соответствии с Федеральным заданием Министерства образования и науки Российской Федерации (проект FSUN-2020-0014 (2019-0931)): «Исследования метастабильных структур, формируемых на поверхностях и границах раздела материалов при экстремальном внешнем воздействии».

Исследования проведены на оборудовании ЦКП «Структура, механические и физические свойства материалов» НГТУ.

Список литературы:

1. Ulianitsky V.Y. et al. Computer-controlled detonation spraying: Flexible control of the coating chemistry and microstructure // *Metals*. – 2019. – Т. 9. – №. 12. – С. 1244.
2. Ульяницкий В. Ю. CCDS2000–оборудование нового поколения для детонационного напыления // *Упрочняющие технологии и покрытия*. – 2013. – №. 10. – С. 36–41.
3. Батаев И.А. Формирование структуры сваренных взрывом материалов: экспериментальные исследования и численное моделирование // *Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты)*. – 2017. – № 4 (77). – С. 55–67. – doi: 10.17212/1994-6309-2017-4-55-67.
4. Nassiri A., Abke T., Daehn G. Investigation of melting phenomena in solid-state welding processes // *Scripta Materialia*. – 2019. – Т. 168. – С. 61–66.
5. Hallquist J.O. et al. LS-DYNA theory manual // *Livermore software Technology corporation*. – 2006. – Т. 3. – С. 25–31.

СТРУКТУРА И СВОЙСТВА НАНОКОМПОЗИТНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ In-Sn-O

Р.Б. Турсунханова^{1,2}, аспирант гр. А0-08

В.П.Сергеев^{1,2}, д.т.н., профессор ОмШ, ИШНПТ

¹Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30,

²Институт физики прочности и материаловедения

*Сибирского отделения Российской академии наук, 634055, г. Томск, пр. Академический, 2/4
тел. (3822) 491-881*

E-mail: rbt1@tpu.ru

Все космические аппараты (КА) на низкой околоземной орбите, подвержены ударам микрометеороидов и орбитального мусора. Такие столкновения могут повреждать поверхность КА, что, в свою очередь, может способствовать выходу их из строя. В наибольшей степени повреждаются оптические системы КА в результате образования многочисленных локальных поверхностных микроразрушений – каверн в виде кратеров различных размеров. Это приводит к деградации их оптических характеристик [1]. Поэтому одной из основных задач является разработка новых конструкционных материалов, способных защитить оптические элементы КА, в частности, иллюминаторы. Существует множество способов защиты, наиболее эффективным из которых может стать создание функциональных комплексных оксидных покрытий $\text{In}_2\text{O}_3(\text{SnO}_2)$ (ITO) для улучшения прочностных свойств оптического кварцевого стекла. Благодаря своим прозрачным и электропроводящим свойствам их часто используют для изготовления плоских дисплеев, энергосберегающих стекол и т.д. Следует отметить, что при определенном содержании кислорода ITO становится проводящим, оптически прозрачным в видимом диапазоне и высокоотражающим в инфракрасном диапазоне.

Целью данной работы являлось исследование структуры и физико-механических характеристик двухкомпонентного покрытия на основе In-Sn-O и его защитных свойств в отношении кварцевого стекла против ударов гиперскоростных микрочастиц железа.

Покрытия осаждались на поверхность кварцевых стекол марки «КВ» методом импульсного магнетронного распыления мишени ITO. Покрытие имеет толщину от 3 до 4 мкм.

В спектрофотометре UNICO-2800 снимали оптические спектры пропускания света стеклянных образцов в видимом диапазоне 380–780 нм длин волн. Стекла с покрытиями In-Sn-O остаются прозрачными для видимого света, но коэффициент прозрачности (Т) стекол в этой области спектра понижается до 76 %.

С помощью просвечивающего электронного микроскопа JEM-2100 (Jeol ltd, Japan) был изучен структурно-фазовый состав покрытия. Сформированные покрытия In-Sn-O являются нанокристаллическими градиентными. Поверхностный слой покрытия, образуют столбчатую структуру, средний размер в направлении, поперечном направлению роста столбцов, составляет 80 ± 40 нм. В нижней части покрытий выявлены равноосные зерна (глобулы) со средним размером 100 ± 40 нм. Индексирование микроэлектроннограмм покрытий на основе In-Sn-O свидетельствует о наличии в покрытиях фазы In_2O_3 (ICDD # 01-075-9495), что подтверждается данными, полученными с помощью рентгеноструктурного анализа.

В качестве меры адгезионной прочности принимали минимальную нагрузку, при которой начинается отслаивание участков покрытия вдоль следа индентора при непрерывно нарастающей нагрузке на макроскретч-тестере Revetest-RST (CSM Instrument ltd, Switzerland). Согласно полученным экспериментальным данным, величина адгезии покрытия In-Sn-O к подложке кварцевого стекла, составляет $11,9 \pm 0,7$ Н.

В ходе проведения ударных испытаний образцы без покрытия и с защитными покрытиями подвергались воздействию высокоскоростных частиц железного порошка [2]. На рис. 1 показан исходный образец, а также образец с покрытием In-Sn-O после обстрела высокоскоростными микрочастицами. Видно, что на поверхности стекла от ударов мик-

рочастиц формируются кратеры, представляющие собой локальные углубления в виде каверн. Образовавшиеся кратеры обведены красными кружками.

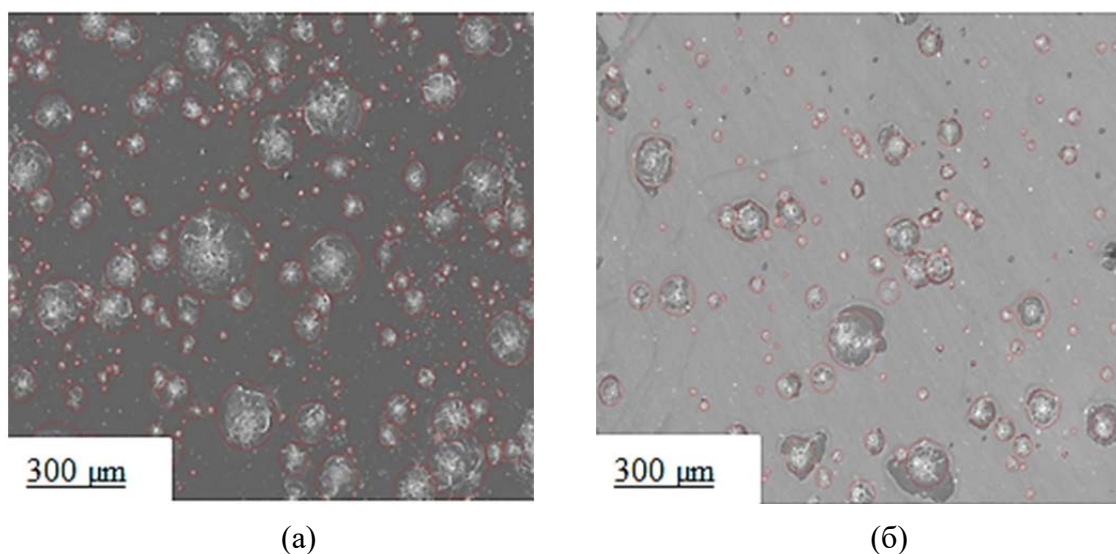


Рис. 1. РЭМ изображение кратеров, образовавшихся при ударном воздействии высокоскоростного потока частиц железа при указанных выше условиях испытания на поверхности образцов стекла КВ без покрытия (а) и с покрытием In-Sn-O (б)

Видно, что на стеклах с покрытием In-Sn-O поверхностная плотность образующихся кратеров ρ_1 при одинаковых условиях испытаний существенно ниже, чем на стеклах без покрытия ρ_0 . По полученным картинам подсчитывали количество образовавшихся кратеров за один выстрел на общей площади испытуемого стекла и определяли их поверхностную плотность, который составляет $\rho_0/\rho_1 \approx 1,7$. Это подтверждается наглядным примером уменьшения числа кратеров на кварцевой подложке с защитным покрытием In-Sn-O на рис. 1.

В результате проведенных исследований установлено, что покрытия In-Sn-O нанесенные на поверхность кварцевого стекла сохраняют прозрачность в видимой области спектра и имеют двухуровневую нанокристаллическую структуру, состоящую на первом от поверхности подложки уровне из равноосных зерен, которая переходит в столбчатую на втором уровне. Нанесение покрытия In-Sn-O приводит к значимому уменьшению поверхностной плотности кратеров на кварцевом стекле.

Список литературы:

1. Новиков Л.С., Твердых В., Естественного Ч. Воздействие твердых частиц естественного и искусственного происхождения на космические аппараты. Учебное пособие. – М.: Университетская книга, 2009. – 104 с.
2. Божко И.А., Сунгатулина Е.В., Калашников М.П., Федорищева М.В., Сергеев В.П., Христенко Ю.Ф. Исследование стойкости стекол К-208 с оптически прозрачными нанокompозитными покрытиями AL-SI-N к ударному воздействию высокоскоростных микрочастиц // известия высших учебных заведений физика. – 2019. – Т. 62, № 3. – С. 9–14.

МОДИФИКАЦИЯ СТРУКТУРЫ НАПЕЧАТАННОЙ АЛЮМИНИЕВОЙ БРОНЗЫ МЕТОДОМ ИНТЕНСИВНОЙ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ

*А.В. Филиппов, к.т.н., с.н.с.,
Институт физики прочности и материаловедения СО РАН,
634055, г. Томск, пр. Академический, 2/4
тел. (3822) 49-18-87
E-mail: avf@ispms.ru*

Алюминиевые бронзы применяются в машиностроении, судостроении и химической промышленности [1]. Их производят путем литья и последующей механической обработки [2]. Исходная литейная структура как правило представлена столбчатыми зёрнами. А после обработки путем прокатки формируются более мелкие и равноосные зёрна. Однако, полученные литьем или прокаткой заготовки имеют существенные ограничения по своей геометрии. Из-за это чаще всего невозможно изготовить изделия со сложной формой с применением традиционных технологий. В последнее время в промышленности активно внедряются технологии аддитивного производства. Они обеспечивают возможность печати заготовок со сложной формой, что существенно расширяет технологические возможности при изготовлении новой техники. В тоже время, особенности печати разнообразных конструкционных материалов изучены недостаточно. В связи с этим целью работы являлось изучение возможности печати и модификации структуры алюминиевой бронзы Cu7Al с привлечением аддитивной технологии электронно-лучевого производства.

Печать осуществлялась на лабораторной установке. Последующая обработка методами интенсивной пластической деформации (ИПД) проводилась путем многостороннейковки и прокатки. Структура образцов исследовалась с помощью оптической и просвечивающей электронной микроскопии. Также путем испытаний на растяжение определены механические свойства образцов.

Результаты механических испытаний приведены в табл. 1. Как видно прочность образцов после ИПД многократно возросла по сравнению с напечатанными образцами. Это обусловлено структурными изменениями в бронзе. Как показано на рис. 1 структура напечатанного образца представлена крупными столбчатыми зёрнами. После применения ИПД структура существенно изменилась. Сформировались деформационные нанодвойники, которые и обеспечивают существенное упрочнение сплава. Таким образом, экспериментальным путем доказана возможность модификации структуры алюминиевой бронзы, напечатанной методом электронно-лучевого аддитивного производства, путем применения ИПД обработки.

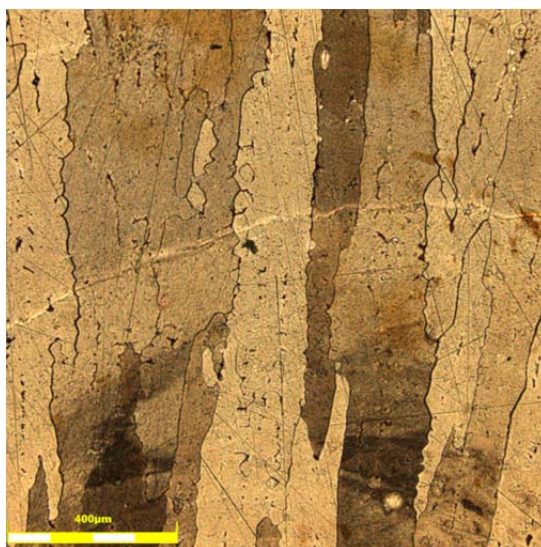


Рис. 1. Микроструктура бронзы Cu7Al после печати

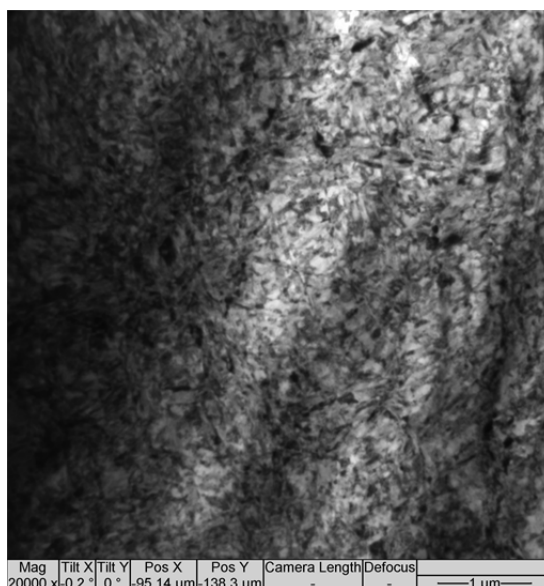


Рис. 2. Микроструктура бронзы Cu7Al после ИПД

Таблица 1

Механические свойства образцов алюминиевой бронзы Cu7Al

Образец	Условный предел текучести, МПа	Предел прочности, МПа	Относительное удлинение, %
После печати	95	265	88
После ИПД	865	930	13,2

Финансирование. Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФ в рамках научного проекта № 21-79-00084.

Список литературы:

1. Осинцев О.Е., Федоров В.Н., Медь и медные сплавы. Отечественные и зарубежные марки: справочник. – М.: Машиностроение, 2004. – 336 с.
2. Колачев Б.А., Елагин В.И., Ливанов В.А., Металловедение и термическая обработка цветных металлов и сплавов: учебник для вузов. – М.: МИСиС, 1999. – 416 с.

СЕКЦИЯ 5
АВТОМАТИЗАЦИЯ И МОДЕЛИРОВАНИЕ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

ГЕНЕРАЦИЯ КОДА ИЗ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ

В.С. Гительман, студент гр. 8ТМ22

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

тел. +7(923)215-88-40

E-mail: vsg16@tpu.ru

В настоящее время существуют различные методы настройки регулятора, посредством которых специалисты добиваются требуемой степени качества переходных процессов в системах автоматического регулирования (САР). Но в случае применения эмпирических методик (в частности, настройка регулятора по кривой разгона методом Циглера-Никольса) существует риск повреждения оборудования. В связи с этим более надежным решением является применение концепции модельно-ориентированного проектирования. Согласно данному подходу разработка программного обеспечения начинается с разработки цифровой модели САР в специализированном программном обеспечении (ПО). Таким образом, настройка регулятора проводится в модели, что исключает риск повреждения оборудования, дает возможность проверки системы в потенциально аварийных и критических условиях работы [1].

В рамках рассматриваемого подхода необходимым условием для построения в ПО корректной модели является наличие информации о реальной системе, то есть характеристики технологического оборудования, и данные о природе самого процесса (температура, расход и др.). В зависимости от правильности исходных данных составляется математическая модель, с определенной степенью точности описывающая функционирование реальной САР.

Для автоматизации процесса написания программы и проверки соответствия реальной системы спроектированной модели возможно применение генерации программного кода из математической модели САР с последующей загрузкой программы в программируемый логический контроллер (ПЛК). При этом значительно упрощается сам процесс программирования контроллера. Данный подход обладает преимуществами перед классическим написанием программы управлением оборудованием вручную. Во-первых, моделирование обеспечивает полное соответствие цифровой модели генерируемому программному коду. При этом изоморфизм цифрового двойника реальной САР сводит к минимуму человеческий фактор при создании программы. Во-вторых, построение цифрового двойника реальной САР позволяет сократить время на валидацию и разработку ПО [2]. В-третьих значительно снижаются требования к квалификации персонала, занимающегося написанием программного кода. Моделирование позволяет неспециалистам в области программирования на более понятном для них уровне абстракции спроектировать цифровую модель САР и получить готовый для загрузки в ПЛК программный код. В свою очередь профессиональные программисты посредством моделирования способны ускорить разработку ПО за счет уменьшения вероятности возникновения ошибок при написании кода.

В данной работе применена концепция автоматического создания ПО на основе цифровой модели реального стенда. Изначально разработана модель САР температуры. Операторно-структурная схема модели приведена на рис. 1.

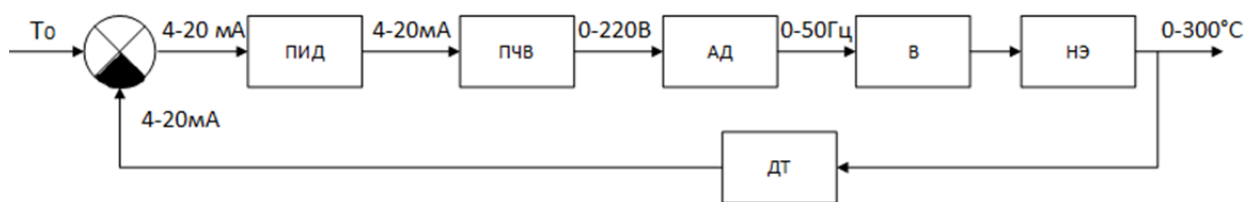


Рис. 1. Операторно-структурная схема САР температуры

Система состоит из преобразователя частоты векторного (ПЧВ), ПИД-регулятора, асинхронного двигателя (АД), вентилятора (В), нагревательного элемента (НЭ), датчика температуры (ДТ). На основе характеристик приборов составлены передаточные функции каждого из элементов. Произведена автоматическая настройка регулятора в ПО Simulink. При этом учтено, что дифференциальная составляющая ПИД-регулятора вносит погрешность при регулировании температуры, поскольку данный процесс инерционен [3][4]. Поэтому дифференциальная настройка регулятора была исключена и получены коэффициенты для ПИ-регулятора. В результате на модели проверена работа системы и получены переходные процессы требуемого качества. Затем в целях проверки соответствия модели реальной системе передаточные функции были исключены из модели, оставлен лишь ПИ-регулятор с неизменными коэффициентами. Фактически передаточные функции заменены реальным оборудованием. Далее с использованием инструмента PLC Coder реализована генерация кода из модели Simulink для интегрированной среды разработки ПО CODESYS 2.3. Полученный файл с кодом импортирован в данную среду разработки (рис. 2). Создан функциональный блок на языке программирования ST.

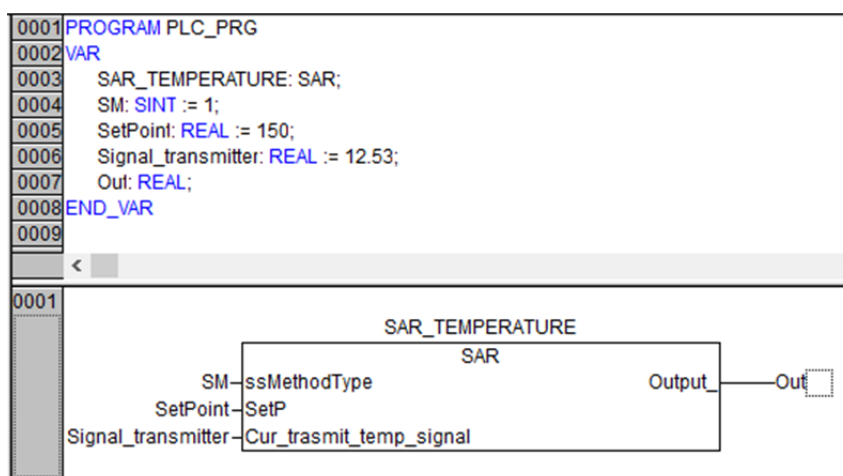


Рис. 2. Функциональный блок на языке ST

В результате апробации сгенерированного кода можно заключить, что модель регулирования температуры соответствует функционированию реальной САР. Таким образом, применение методики построения модели и автоматического получения кода из неё для последующего применения на реальном оборудовании позволяет ускорить процесс разработки программы, сводит к минимуму ошибки при написании кода.

Подход модельно-ориентированного проектирования успешно использован для автоматической настройки ПИД-регулятора взамен классического способа настройки регулятора САР температуры методом Циглера-Никольса.

Список литературы:

1. Совершенствование процесса разработки программного обеспечения для ПЛК путем генерации кода из созданной математической модели объекта управления / В.Н. Хохловский, В.С. Олейников, В.А. Пересвет [и др.] // Modern Science. – 2020. – № 9–2. – С. 347–359. – EDN J1XXXV.
2. Кочнев, Н. В. Использование системы MATLAB/Simulink для аппаратной реализации системы управления электроприводами прокатного производства / Н.В. Кочнев, Т.Н. Кочнева // Вестник молодёжной науки России. – 2019. – № 3. – С. 4. – EDN IRVZKN.
3. Исследование тепловых измерительных преобразователей и ПИД-регуляторов / Е.В. Аристов, Р.А. Хузин; Пермский государственный технический университет. – Пермь: Изд-во Пермского государственного технического университета, 2007. – С. 8–9.
4. Регуляторы технологических процессов // MaxPlant [Электронный адрес]. – URL: https://www.maxplant.ru/article/process_controller.php (дата обращения: 10.11.2022).

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ СОСТАВЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО КАЛЕНДАРНОГО ГРАФИКА ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ ПРОЕКТА ПРИ ПОМОЩИ МЕТОДОВ ТРОПИЧЕСКОЙ ОПТИМИЗАЦИИ

С.А. Губанов, научный сотрудник

СПбФ АО «КБ «Луч», 197376, г. Санкт-Петербург, ул. Академика Павлова, 14А

тел. +7-953-152-17-15

E-mail: segubanov@mail.ru

Под управлением проектами обычно понимается согласование действий, направленных на достижение целей проекта при рациональном расходовании имеющихся ресурсов. Одной из важных задач, возникающих при управлении проектами является задача составления оптимального календарного графика выполнения работ проекта [1, 2].

Эффективным методом решения подобных задач является использование методов тропической математики, которая занимается изучением алгебраических систем с идемпотентными операциями [3, 4]. При представлении на языке тропической математики целевые функции и ограничения исследуемых задач тропической оптимизации часто становятся линейными, что значительно упрощает поиск их решения. Примеры решения задач оптимального управления при помощи методов тропической оптимизации можно найти, например, в работах [5, 6, 7].

В настоящем докладе предлагается прямое аналитическое решение задачи составления оптимального графика выполнения работ проекта, которое основано на сведении задачи управления проектами к известной задаче тропической оптимизации. В качестве критерия оптимальности плана рассматривается максимальный абсолютный выход за нижнюю и верхнюю границы времени начала выполнения работ проекта, который требуется минимизировать. Строгие ограничения на время выполнения работ определены при помощи условий предшествования и границ на время начала и окончания работ проекта. Подобные задачи могут возникнуть, например, при необходимости по тем или иным причинам (технологические ограничения, требования безопасности) по возможности обеспечить начало выполнения работ в заданный промежуток времени.

В начале доклада в терминах обычной математики вводятся ограничения и целевая функция и формулируется исследуемая задача управления проектами. Затем приводятся элементы тропической математики, необходимые для представления задачи составления оптимального графика в тропической форме. Далее целевая функция и ограничения представляются на языке идемпотентной математики и, таким образом, исследуемая задача планирования сводится к задаче тропической оптимизации. Затем приводится решение задачи, представленное в явном виде в аналитической форме, удобной как для формального анализа так и для практических расчётов. В конце сообщения предложен поясняющий численный пример.

Список литературы:

1. Троцкий М., Груча Б., Огонек К. Управление проектами / пер. с польск. И.Д. Рудинского. – М.: Финансы и статистика, 2006. – 304 с.
2. Vanhoucke M. Project Management with Dynamic Scheduling. Berlin: Springer, 2012. 2nd ed. 310 p. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-40438-221>.
3. Маслов В.П., Колокольцов В.Н. Идемпотентный анализ и его применение в оптимальном управлении. – М.: Физматлит, 1994. – 144 с.
4. Кривулин Н.К. Методы идемпотентной алгебры в задачах моделирования и анализа сложных систем. – СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2009. 256 с.
5. Krivulin N. Tropical optimization problems with application to project scheduling with minimum makespan // Ann. Oper. Res. – 2017. – Vol. 256, N 1. – P. 75–92. <https://doi.org/10.1007/s10479-015-1939-9>(<https://doi.org/10.1007/s10479-015-1939-9>).

6. Krivulin N. Tropical optimization problems in time-constrained project scheduling // Optimization. – 2017. Vol. 66, N 2. – P. 205–224. <https://doi.org/10.1080/02331934.2016.1264946>.

7. Кривулин Н.К., Губанов С.А. Алгебраическое решение задачи оптимального планирования сроков проекта в управлении проектами // Вестник С.-Петербург. ун-та. Математика. Механика. Астрономия. – 2021. – Т. 8, № 1. – С. 73–87. <https://doi.org/10.21638/spbu01.2021.107>.

ПРИМЕНЕНИЕ СКВОЗНОЙ ТИПИЗАЦИИ ПРИ СОЗДАНИИ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

М.Е. Казанцев, студент гр. ИС-19

А.С. Попов, студент гр. ИС-19

Сибирский государственный индустриальный университет,

634050, г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42

тел. 8-905-076-21-23

E-mail: maksim-kazancev-2000@mail.ru

Любое сложное производство независимо от отрасли (металлургия, горно-перерабатывающая, пищевая и др.) включает в себя технологические процессы и системы, которые можно классифицировать [1]: поточно-транспортные системы; непрерывное и циклическое дозирование; физико-химические превращения; тепловые преобразования; деформация материалов.

В свою очередь каждый такой процесс реализуется на различном технологическом оборудовании (конвейеры, насосы, дробилки и т. д.), которые можно представить в виде типовых структур. Такое представление позволит сократить время на разработку алгоритмического и программного обеспечения (ПО), превратив создание систем управления в процесс, схожий на собирание конструктора из «лего».

Создание новых технологических объектов, в основном, происходит путем переноса полученных ранее решений на промышленных или полупромышленных аналогах, либо же физических моделях. Для этого хорошо развиты методы традиционной теории подобия для подобных объектов – физически, технологически, конструктивно и т. д. Однако до сих пор не решены задачи синтеза и настройки систем управления и законов регулирования при таком переносе, поскольку теория управления базируется на иных принципах, нежели физические законы или механизмы действия.

Для повышения эффективности создания систем автоматизации управления целесообразно развивать подход сквозной типизации, охватывающей технологические, конструкторские, информационные и программные решения [1–4]. Это позволит не только сократить время на разработку, но и снизить число ошибок за счет применения проверенных и отлаженных блоков и решений. Однако, в каждой системе присутствует неопределенность и запас, которые не позволяют ограничиться исключительно типовыми решениями, для чего в данной работе предлагается использовать коэффициент неопределенности k_H и коэффициент запаса k_3 .

Одним из основных документов для системы автоматизации является конструкторская документация на нестандартные изделия – общие виды шкафов управления. Шкафы управления предназначены для реализации сигнальных связей с объектом управления и являются сложными нестандартными изделиями с точки зрения документации на них. Наряду с общими видами разрабатываются такие документы как схемы принципиальные, схемы подключения внешних проводок, чертежи установки технических средств, спецификации оборудования.

В общем виде последовательность решения задачи проектирования следующая. Для конкретного шкафа управления определено количество сигналов по аналоговым и дискретным входам и выходам – вектор X . С учетом указанных выше коэффициентов k_H и k_3 получим следующее выражение для определения итогового количества сигналов в проекте шкафа:

$$X_p = X + k_3 X + k_H X,$$

где X – вектор сигналов, $X = \{x_{DI}, x_{DO}, x_{AI}, x_{AO}\}$, x_{DI} – количество входных дискретных сигналов, x_{DO} – количество выходных дискретных сигналов, x_{AI} – количество входных аналоговых сигналов, x_{AO} – количество выходных аналоговых сигналов, X_p – вектор расчетного количества сигналов k_3 – коэффициент запаса, k_H – коэффициент неопределенности.

Полученный вектор расчетного количества сигналов можно использовать при создании типовых документов – общих видов, принципиальных схем и схем внешних подключений, формируя из типовых блоков клеммные кроссы, соединения в нужной пропорции, соответствующей соотношению количества сигналов в векторе. Далее это же соотношение используется при конфигурировании ПЛК, а при написании программ – типовые блоки агрегатов [2].

Данная проблема может быть решена путем использования типовых блоков и связей между ними при разработке общих видов, схем принципиальных, схем подключения внешних проводок, чертежей установки технических средств, и применением автоматизированного процесса формирования таблиц при составлении спецификаций оборудования.

Разработка типовых решений возможна при использовании таких программных средств, как Autodesk AutoCAD и Microsoft Excel. AutoCAD поддерживает работу с динамическими блоками, использование которых позволяет создавать сложные графические объекты [3]. Таким образом, формируется графический блок, который содержит в себе множество готовых вариантов компоновки оборудования, и с помощью функции выбора происходит выбор нужного решения для конкретной задачи.

Также типизация работает и в написании программы для ПЛК.

ПО для программирования ПЛК отличается возможностью использовать данные, состоящие из значений одного типа (массивы данных) или различных типов (структуры данных) [2], а функциональные блоки – для реализации типовых функций.

Для каждой из этих групп разработаны типовые информационные таблицы, структурных данных на основе которых создаются типовые функциональные блоки алгоритмов управления локальными агрегатами [4]. Эти блоки служат основой типовых программных модулей.

Общий функциональный блок позволяет представить программу управления агрегатами в виде набора его экземпляров, входными и выходными переменными которых являются соответствующие экземпляры общей структуры данных.

Список литературы:

1. Системы автоматизации на основе натурно-модельного подхода: Монография в 3-х томах. Том 2: Системы автоматизации производственного назначения / Л.П. Мышляев, А.А. Ивушкин, Г.П. Сазыкин и др.; под ред. Л.П. Мышляева. – Новосибирск : Наука, 2006. – 483 с.
2. Саламатин А.С. Эффективность типизации программных модулей для управления технологическими агрегатами на примере углеобогатительной фабрики / А.С. Саламатин, Л.П. Мышляев, Г.В. Макаров, М.В. Ляховец, В.С. Сергеев // Автоматизированный электропривод и промышленная электроника: труды восьмой Всероссийской научно-практической конференции, 20–21 ноября 2018 г. – Новокузнецк : Изд. центр СибГИУ, 2018. – С. 78–84.
3. Раскин М.В. Применение типовых решений при разработке рабочей документации / М.В. Раскин, А.С. Саламатин, Г.В. Макаров // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения. Труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – Новокузнецк. – 2016. – С. 43–45.
4. Саламатин А.С. Типовые решения по автоматизации технологических объектов на примере углеобогатительных фабрик / А.С. Саламатин, Г.В. Макаров, М.В. Ляховец, Л.П. Мышляев, М.В. Раскин // Научно-технологические разработки и использования минеральных ресурсов. – Новокузнецк. – 2018. – № 4 – С. 331–334.

РАСЧЕТ ДИНАМИКИ ДВИЖЕНИЯ СИСТЕМЫ ОДНОСЕКЦИОННОЙ СОЛНЕЧНОЙ БАТАРЕИ

*Н.А. Козлова, студент гр. 8Е92,
А.С. Беляев, старший преподаватель*

*Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: nak72@tpu.ru*

Для проверки работоспособности космических аппаратов в наземных условиях существуют специальные системы, называемые системами обезвешивания или компенсации веса, которые создают имитацию невесомости. Модель одной из таких систем была рассмотрена в Томском политехническом университете [1] для односекционной солнечной батареи. Однако, в данной работе не расписаны методы вычисления динамики системы раскрытия солнечных панелей, что необходимо для более точного моделирования различных режимов раскрытия, в том числе и аварийных.

Для расчета динамики системы был выбран метод Эйлера-Лагранжа, так как он хорошо подходит для задач моделирования и анализа свойств системы, а также позволяет в целом рассмотреть динамику многозвенного механизма.

Для вывода уравнения движения системы, состоящей из одной панели и балки, центр масс которых находится на их кинематических осях, перемещающихся в вертикальной плоскости (рис. 1), воспользуемся методом Эйлера-Лагранжа:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{dL}{dq} \right) - \frac{dL}{dq} = \Sigma Q, \quad L = K - \Pi,$$

где Q – сумма сил, действующих на систему; L – функция Лагранжа; K, Π – кинетическая и потенциальные энергии соответственно.

В данной модели действие силы тяжести компенсируется действием мобильных платформ, поэтому потенциальная энергия $\Pi = 0$. Тогда уравнение Эйлера-Лагранжа принимает вид: $\frac{d}{dt} \left(\frac{dK}{dq} \right) - \frac{dK}{dq} = M$.

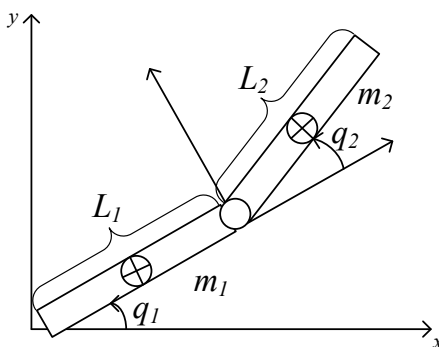


Рис. 1. Система с двумя вращательными сочленениями

Для нахождения общей кинетической энергии необходимо найти кинетическую энергию каждого звена по-отдельности.

Для первого звена:

$$\begin{cases} x_1 = \frac{1}{2} L_1 \cdot \cos q_1 \\ y_1 = \frac{1}{2} L_1 \cdot \sin q_1 \end{cases}; \begin{cases} \dot{x}_1 = -\frac{1}{2} L_1 \cdot \dot{q}_1 \cdot \sin q_1 \\ \dot{y}_1 = \frac{1}{2} L_1 \cdot \dot{q}_1 \cdot \cos q_1 \end{cases}; U_1^2 = U_x^2 + U_y^2 = \frac{1}{4} L_1^2 \cdot \dot{q}_1^2.$$

Тогда его кинетическая энергия равна: $K_1 = \frac{1}{2} m_1 U^2 = \frac{1}{8} m_1 \cdot L_1^2 \cdot \dot{q}_1^2$.

Для второго звена:

$$\begin{cases} x_2 = x_a + \frac{L_2}{2} \cdot \cos(q_1 + q_2) \\ y_2 = y_a + \frac{L_2}{2} \cdot \sin(q_1 + q_2) \end{cases}; \begin{cases} \dot{x}_2 = \dot{x}_a - \frac{L_2}{2} \cdot (\dot{q}_1 + \dot{q}_2) \cdot \sin(q_1 + q_2) \\ \dot{y}_2 = \dot{y}_a + \frac{L_2}{2} \cdot (\dot{q}_1 + \dot{q}_2) \cdot \cos(q_1 + q_2) \end{cases};$$

$$\begin{aligned} U_2^2 = U_x^2 + U_y^2 &= L_1^2 \cdot \dot{q}_1^2 + \frac{L_2^2}{4} (\dot{q}_1 + \dot{q}_2)^2 - 2 \cdot \dot{x}_1 \frac{L_2}{2} (\dot{q}_1 + \dot{q}_2) \sin(q_1 + q_2) + \\ &+ 2 \cdot \dot{y}_1 \frac{L_2}{2} (\dot{q}_1 + \dot{q}_2) \cos(q_1 + q_2) = L_1^2 \cdot \dot{q}_1^2 + \frac{L_2^2}{4} (\dot{q}_1 + \dot{q}_2)^2 + \\ &+ L_1 \cdot L_2 \cdot \dot{q}_1 (\dot{q}_1 + \dot{q}_2) \cdot (\sin q_1 \cdot \sin(q_1 + q_2) + \cos q_1 \cdot \cos(q_1 + q_2)) = \\ &= L_1^2 \cdot \dot{q}_1^2 + \frac{L_2^2}{4} (\dot{q}_1 + \dot{q}_2)^2 + L_1 \cdot L_2 \cdot \dot{q}_1 (\dot{q}_1 + \dot{q}_2) \cdot \cos q_2. \end{aligned}$$

В таком случае кинетическая энергия второго звена равна:

$$K_2 = \frac{1}{2} m_2 \cdot U^2 = \frac{1}{2} m_2 \cdot (L_1^2 \cdot \dot{q}_1^2 + \frac{L_2^2}{4} (\dot{q}_1 + \dot{q}_2)^2 + L_1 \cdot L_2 \cdot \dot{q}_1 (\dot{q}_1 + \dot{q}_2) \cdot \cos q_2).$$

Наконец, кинетическая энергия системы будет равна:

$$K = K_1 + K_2 = \frac{1}{8} m_1 \cdot L_1^2 \cdot \dot{q}_1^2 + \frac{1}{2} m_2 \cdot (L_1^2 \cdot \dot{q}_1^2 + \frac{L_2^2}{4} (\dot{q}_1 + \dot{q}_2)^2 + L_1 \cdot L_2 \cdot \dot{q}_1 (\dot{q}_1 + \dot{q}_2) \cdot \cos q_2).$$

Теперь можно воспользоваться уравнением Эйлера-Лагранжа для нахождения моментов сил. Для первого звена, балки:

$$\begin{aligned} \frac{dK}{d\dot{q}_1} &= \frac{1}{4} m_1 \cdot L_1^2 \cdot \ddot{q}_1 + \frac{1}{2} m_2 (2 \cdot L_1^2 \cdot \dot{q}_1 + \frac{L_2^2}{2} \dot{q}_1 + \frac{L_2^2}{2} \dot{q}_2 + 2 \cdot L_1 \cdot L_2 \cdot \dot{q}_1 \cdot \cos q_2 + L_1 \cdot L_2 \cdot \dot{q}_2 \cdot \cos q_2) \\ \frac{dK}{dq_1} &= 0; \quad \frac{d}{dt} \left(\frac{dK}{d\dot{q}_1} \right) = m_1 \cdot L_1^2 \cdot \ddot{q}_1 + \frac{1}{2} m_2 (2 \cdot L_1^2 \cdot \ddot{q}_1 + \frac{L_2^2}{2} \ddot{q}_1 + \frac{L_2^2}{2} \ddot{q}_2 + 2 \cdot L_1 \cdot L_2 \cdot \ddot{q}_1 \cdot \cos q_2 + \\ &\quad - 2 \cdot L_1 \cdot L_2 \cdot \dot{q}_1 \cdot \dot{q}_2 \cdot \sin q_2 + L_1 \cdot L_2 \cdot \ddot{q}_2 \cdot \cos q_2 - L_1 \cdot L_2 \cdot \dot{q}_2^2 \cdot \sin q_2). \end{aligned}$$

Для второго звена, панели, уравнения Эйлера-Лагранжа примут вид:

$$\begin{aligned} \frac{dK}{d\dot{q}_2} &= \frac{1}{2} m_2 \cdot (\frac{L_2^2}{2} \dot{q}_2 + \frac{L_2^2}{2} \dot{q}_1 + L_1 \cdot L_2 \cdot \dot{q}_1 \cdot \cos q_2); \quad \frac{dK}{dq_2} = -\frac{1}{2} m_2 \cdot L_1 \cdot L_2 \cdot \dot{q}_1 (\dot{q}_1 + \dot{q}_2) \cdot \sin q_2; \\ \frac{d}{dt} \left(\frac{dK}{d\dot{q}_2} \right) &= \frac{1}{2} m_2 \cdot (\frac{L_2^2}{2} \ddot{q}_2 + \frac{L_2^2}{2} \ddot{q}_1 + L_1 \cdot L_2 \cdot \ddot{q}_1 \cdot \cos q_2 - L_1 \cdot L_2 \cdot \dot{q}_1 \cdot \dot{q}_2 \cdot \sin q_2). \end{aligned}$$

Тогда, искомые моменты балки и панели будут равны:

$$\begin{cases} M_1 = \frac{1}{4} m_1 \cdot L_1^2 \cdot \ddot{q}_1 + \frac{1}{2} m_2 (2 \cdot L_1^2 \cdot \ddot{q}_1 + \frac{L_2^2}{2} \ddot{q}_1 + \frac{L_2^2}{2} \ddot{q}_2 + 2 \cdot L_1 \cdot L_2 \cdot \ddot{q}_1 \cdot \cos q_2 + \\ - 2 \cdot L_1 \cdot L_2 \cdot \dot{q}_1 \cdot \dot{q}_2 \cdot \sin q_2 + L_1 \cdot L_2 \cdot \ddot{q}_2 \cdot \cos q_2 - L_1 \cdot L_2 \cdot \dot{q}_2^2 \cdot \sin q_2) \\ M_2 = \frac{1}{2} m_2 \cdot (\frac{L_2^2}{2} \ddot{q}_2 + \frac{L_2^2}{2} \ddot{q}_1 + L_1 \cdot L_2 \cdot \ddot{q}_1 \cdot \cos q_2 + L_1 \cdot L_2 \cdot \dot{q}_1^2 \cdot \sin q_2) \end{cases}$$

Таким образом, результатом данной работы является расчет уравнений движения односекционной солнечной батареи на основе метода Эйлера-Лагранжа. Найденные зависимости в дальнейшем позволят упростить расчеты траекторий движения солнечных батарей, а также значительно облегчить процесс самого моделирования.

Список литературы:

1. Беляев, А.С. Проектирование системы опорного активного обезвешивания элементов космического корабля с применением matlab simulink / А.С. Беляев, А.В. Тырышкин, А.А. Филипас. – Текст : непосредственный // Ученые записки КНАГТУ. – 2020. – № 47. – С. 34–41.

ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДИСПЕРСНОГО СОСТАВА ВОДОМАСЛЯНЫХ ЭМУЛЬСИЙ

А.А. Филипас, к.т.н., доц.,

А.В. Кучман, аспирант

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

тел. 8(3822) 444-555

E-mail: avm82@tpu.ru

Анализ дисперсного состава – это процесс получения статистических данных о размерах капель эмульсии. Зная распределение капель по размерам конкретной водомасляной эмульсии, можно подобрать наиболее рациональные способы её разрушения и параметры этих способов, а также контролировать условия синтеза, с целью получения эмульсии с заданным дисперсным составом. В частности, вопрос разрушения эмульсий является крайне актуальным для нефтяной промышленности. Нефтяной флюид, добываемый на месторождениях, представляет из себя водомасляную эмульсию с уникальным дисперсным составом для каждой скважины. Применение разработанного комплекса позволит использовать распределения глобул по размерам в качестве входных данных для контуров регулирования процессов подготовки нефти, увеличить эффективность использования существующего оборудования, уменьшить энергетические и ресурсные затраты, а также гарантировать необходимое качество товарной нефти.

Основным конструктивным элементом программно-аппаратного комплекса является микроскоп с вмонтированной в него камерой. Камера делает снимки с определенной периодичностью, они обрабатываются программно и в зависимости от величины поступающих на предметный столик капель дисперсной фазы эмульсии происходит регулирование фокусного расстояния и положения столика по осям X и Y с помощью приводов M1, M2 и M3 соответственно [2]. Собранная система представлена на рис. 1.

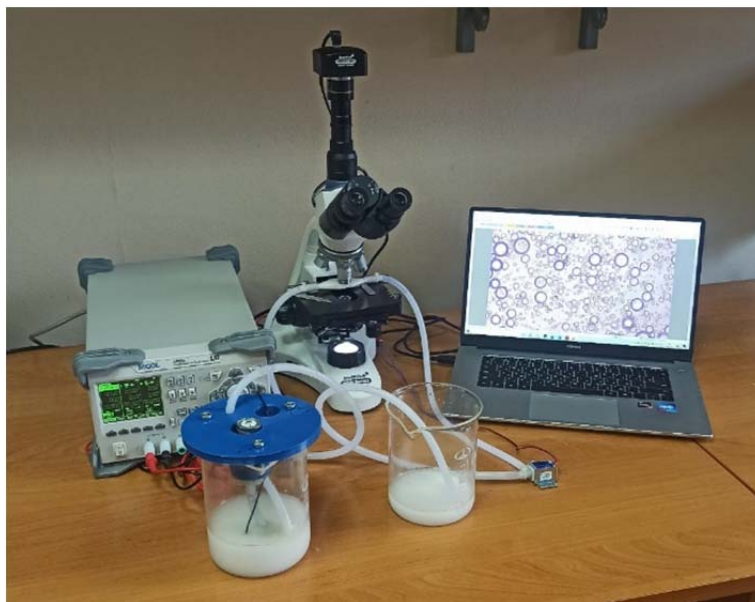


Рис. 1. Программно-аппаратный комплекс для определения дисперсного состава водомаслянных эмульсий

Для удобства использования комплекса была смоделирована оптическая ячейка. Оптическая ячейка выполнена из пластика с помощью 3Д-принтера, а также из предметного и покровного стекол. Основная камера ячейки имеет переменную толщину, это необходимо для охвата всего диапазона размеров глобул [2]. Площадь сечения переходников от трубок к основной камере ячейки изменяется плавно, это необходимо для обеспечения ламинарного потока эмульсии.

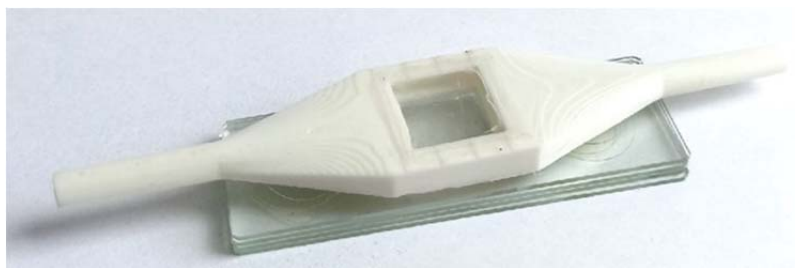


Рис. 2. Оптическая ячейка

После реализации комплекса было проведено исследование дисперсного состава эмульсии в статических и динамических образцах с целью получения статистической характеристики распределения капель дисперсной фазы по размерам.

В статическом режиме на ячейку подается порция эмульсии, затем происходит процесс создания и анализа микрофотографий. Анализ микрофотографии представляет из себя распознавание и сегментирование глобул эмульсии. Было выявлено, что наиболее подходящим для этого алгоритмом является преобразование Хафа – вычислительный алгоритм, применяемый для параметрической идентификации геометрических элементов растрового изображения [3]. Данный алгоритм был реализован программно на языке Python. Результат анализа микрофотографии эмульсии с помощью выбранного алгоритма в статическом режиме представлен на рис. 3.

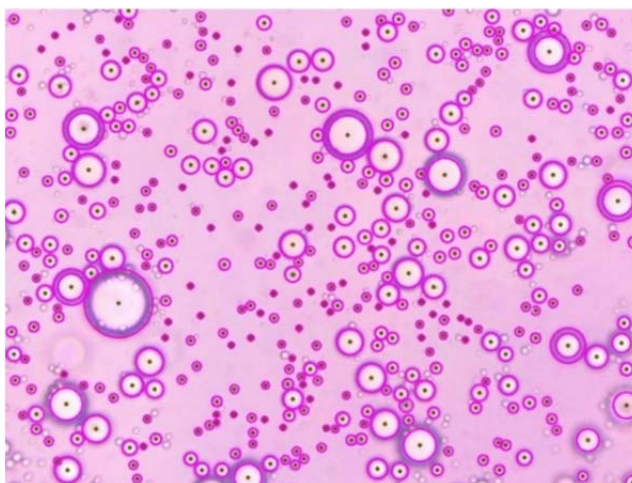


Рис. 3. Сегментирование глобул эмульсии в статическом режиме

Как видно из рисунка, алгоритм справляется с распознаванием порядка 91 % глобул и при этом охватывает все размеры глобул.

Сконструированный комплекс имеет следующие характеристики: габаритные размеры 700×500×400, диапазон измерения (0,1–300) мкм, возможность реализации статического и динамического режима работы, скорость потока эмульсии в динамическом режиме 3 л/час, точность позиционирования предметного столика микроскопа 10 мкм.

Список литературы:

1. Fernandez P., Andre V., Rieger J., Kuhnle A. Nano-emulsion formation by emulsion phase inversion // *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. – 2004. – P. 53–58.
2. Мигель А.В., Филипас А.А., Исаев Ю.Н., Семенов Н.М. Разработка автоматизированной системы для проведения анализа дисперсного состава скважинной жидкости // *Сборник избранных статей научной сессии ТУСУР. Часть 2 – 2021*. – С. 169–171.
3. Hough Transform [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://homepages.inf.ed.ac.uk/rbf/HIPR2/hough.htm> – свободный (дата обращения 24.05.2022).

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ФОРМИРОВАНИЯ МИКРОНЕРОВНОСТЕЙ НА ПОВЕРХНОСТЯХ ДЕТАЛЕЙ ПРИ ФРЕЗОТОЧЕНИИ

*С.В. Филиппов (аспирант), А.А. Пьянзин (аспирант), П.В. Тимошев (аспирант),
Ю.И. Гордеев (к.т.н, доцент), А.С. Бинчуров (к.т.н, доцент), В.Б. Ясинский (к.т.н, доцент)*
ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»,
660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 79
тел. (391)-245-75-55
E-mail: Sergeyvladilenovich@mail.ru

Приведенные в работах [1, 2] данные свидетельствуют о потенциальных возможностях получения равноосных контуров (РК-профилей) и других поверхностей с регулярным профилем при токарной обработке, а на многоцелевых станках (обрабатывающих центрах) – также и фрезоточением. При этом остаются нерешенными, в полной мере, задачи математического (аналитического) описания процессов формообразования таких сложнопрофильных поверхностей. Цель работы – изучение возможностей обеспечения повышения качества обработки сложнопрофильных поверхностей за счет моделирования процессов фрезоточения.

Предварительные исследования кинематики фрезоточения позволили установить влияние режимов резания, геометрических параметров режущей части инструмента (профиль и количество зубьев), относительного перемещения при совместном вращении системы «инструмент – заготовка» на форму поверхностей. Угловые скорости для построения траектории инструмента и детали задавались в качестве исходных данных в модели процесса фрезоточения для определения профиля обработанной поверхности. Например, при задании угловых скоростей инструмента (ω_I) и детали (ω_D) в соотношении 1/3, их численные значения могут быть определены как $\omega_I = 2 \pi 3$; $\omega_D = -2\pi$. При моделировании и определении требуемой траектории эти соотношения варьировались. Описание перемещений инструмента и детали представлено в виде системы уравнений 1 и матрицей поворота детали 2.

$$r_{\dot{e}}(t, \delta\varphi) := \begin{pmatrix} r_{\dot{e}0} \cdot \cos(\omega_{\dot{e}} \cdot t + \delta\varphi) + \varepsilon \\ 0 \\ r_{\dot{e}0} \cdot \sin(\omega_{\dot{e}} \cdot t + \delta\varphi) \end{pmatrix}; \quad (1)$$

$$M_z(t) := \begin{pmatrix} \cos(\omega_{\ddot{a}} \cdot t) & -\sin(\omega_{\ddot{a}} \cdot t) & 0 \\ \sin(\omega_{\ddot{a}} \cdot t) & \cos(\omega_{\ddot{a}} \cdot t) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}, \quad (2)$$

где, rI – координаты точек перемещения инструмента, $\delta\varphi$ – расстояние между режущими кромками, ε – соотношение радиусов фрезы и детали.

Дискретность при вычислениях задавалась шагом – параметр t . Траектория относительного движения режущей кромки относительно детали описывается соотношением: $r(t, \delta\varphi) = M_z(t) * r_i(t, \delta\varphi)$. При этом, в зависимости от количества режущих кромок фрезы (N) и шага между зубьями (K) будет изменяться угол поворота: $\delta\varphi_K = 360 \cdot \text{deg} \cdot K/N$ и контур обработанной поверхности. Результаты моделирования показывают, что при токарно-фрезерной обработке можно получить различные профили на детали (рис.1). При этом, например для равноосного контура (RC) в виде треугольника Рело (рис.1а) координаты точек $p(t)$, можно определить по формуле: $p(t) = 9 + \cos(3 * t)$.

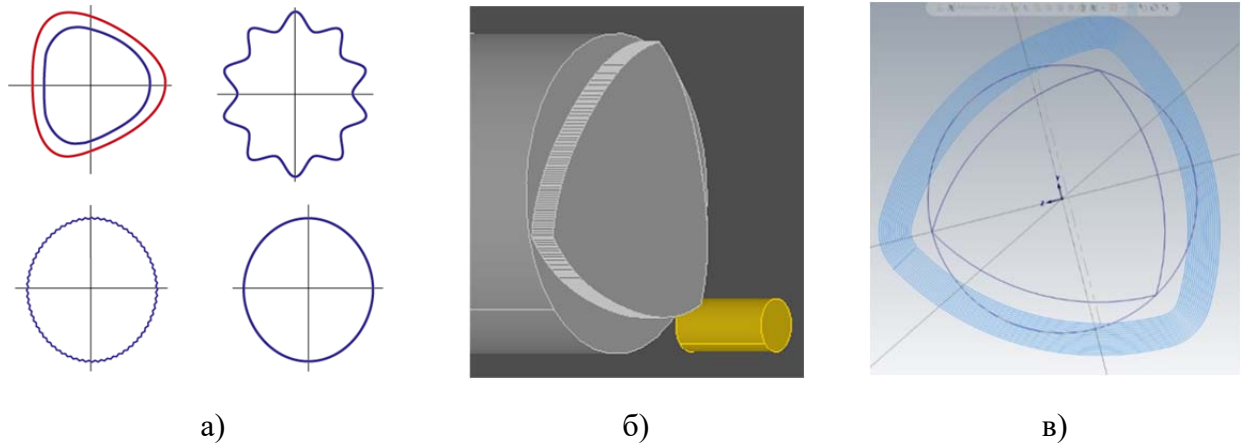


Рис. 1. Профили поверхности деталей, полученные фрезоточением

Изучено также влияние технологических параметров на размеры микронеровности получаемой поверхности РК – профильных валов. Функция перемещения режущего инструмента определяется уравнением колебательного движения: $y(t) = R + k - e \cdot \sin(1.5 \cdot t)$, где: R – радиус заготовки, k – радиус режущего инструмента, e – эксцентриситет треугольника Рело, t – угол поворота заготовки. Для любой точки P1 задаются координаты $(0, R + k - e \cdot \sin(1.5 \cdot (j - 1) \cdot M_PI / 180), t)$, а точки P2 $(0, R + k - e \cdot \sin(1.5 \cdot j \cdot M_PI / 180), t)$, где j – угол поворота заготовки в градусах, а t – величина глубины резания. Данная процедура описывает фрезерование одной стороны треугольника Рело и, соответственно, поворот заготовки на 120 градусов. Результат визуализации фрезоточения РК-профиля (после выполнения программы одновременного вращения заготовки и перемещения режущего инструмента) показан на рис. 1, б. На рис. 2 изображен микропрофиль обработанной поверхности при фрезоточении концевыми фрезами. При точении высота микронеровностей Δh равна высоте треугольника ABC.

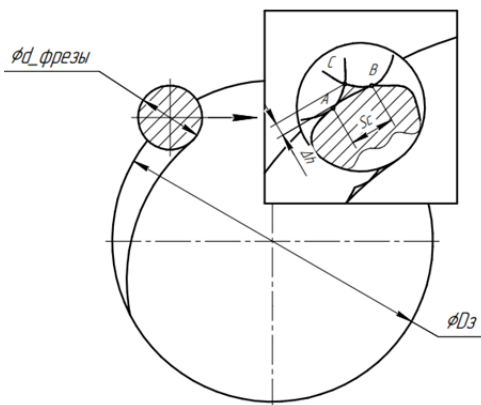


Рис. 2. Расчетная высота микронеровностей, получаемых при фрезоточении

При фрезеровании высота расчетных неровностей определяется положением точки p , пересечения двух окружностей, отстоящих друг от друга на расстоянии, равном подаче S_z на зуб фрезы:

$$\Delta h = \frac{D}{2} - \sqrt{\frac{D^2}{4} - \frac{S_z^2}{4}}. \quad (3)$$

Выражение можно упростить. Так как $\frac{S_z^2}{4} = \Delta h D - \Delta h^2$ и $\Delta h^2 \ll \Delta h^2 D$, то, пренебрегая членом $R_{zр}^2$, то получим $\Delta h \approx \frac{S_z^2}{4D}$.

На основании приведенных выше схем можно установить координаты точки контакта поверхности резания, образованной i -ой режущей кромкой с поверхностью заготовки (точка A). За счет решения уравнения с определением производных по времени для различных геометрических и кинематических параметров определяются координаты точки контакта поверхности резания, образованной $(i + 1)$ -й режущей кромкой с поверхностью заготовки (точка B).

Естественно, реальные микронеровности по форме и высоте отличаются от расчетных. По сравнению с расчетным реальный микропрофиль теряет свою регулярность и $R_z \ll \Delta h$.

На основании проведенных натурных экспериментальных исследований результаты расчетов было получено уравнение регрессии для величины шероховатости:

$$R_a = 0,9664 v^{0,010539} \cdot S^{0,162346} \cdot t^{0,034096}. \quad (4)$$



Рис. 3. Деталь в форме РК-профиля, полученная методом фрезоточения

Численные значения шероховатости качественно согласуются с вычислениями Δh по модели. Относительная погрешность вычислений по формуле (4) с данными измерений шероховатости не превышает 4,7 % в рассматриваемом диапазоне условий резания. Результаты численного моделирования процессов фрезоточения проверены при изготовлении оснастки для прессования твердосплавных пластин (рис. 3) и деталей привода цевочной передачи. Обеспечена необходимая точность размеров профилей и качество поверхностного слоя необходимые для прецизионных устройств.

Список литературы:

1. Тимченко А.И. Процессы формообразования профильных поверхностей изделий с равноосным контуром Текст] / А.И. Тимченко. Дис. д.т.н. Москва. 1993г. – 549 с.
2. Гречишников В.А., Колесов Н.В., Петухов Ю.Е. Математическое моделирование в инструментальном производстве. – Москва, 2003.

РАЗРАБОТКА КОМПЬЮТЕРНОЙ ПРОГРАММЫ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ СПЕКАНИЯ ИНТЕРМЕТАЛЛИДНЫХ СИСТЕМ В УСЛОВИЯХ РАВНОМЕРНОГО НАГРЕВА

*Н.Н. Сороков, студент гр.121-1,
Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники,
634050, г. Томск, пр. Ленина, 40,
sorokov105@gmail.com
С.Н. Сорокова, к.ф-м.н., доц.,
Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: s_sorokova@tpu.ru*

В современных технологиях обработки материалов реализуются существенно неравновесные процессы, которые требуют принципиально иного подхода, учитывающего взаимовлияние разных явлений [1-2]. Новые модели даже в простейшем приближении оказываются связанными и нелинейными, содержат дифференциальные уравнения переменного типа и требуют специального исследования. В свою очередь имеющиеся на сегодняшний день экспериментальные результаты в области модификации поверхностей не находят объяснения с традиционной точки зрения. Технологии сложны и дорогостоящи. В учебной и научной литературе в области обработки материалов связанные модели подменяются расчетом полей одной физической природы по известным другим, что для неравновесных условий не оправдано.

С математической точки зрения, связанные модели отличаются от традиционно используемых наличием нелинейных слагаемых, приводящих при смене параметров моделей к смене типов уравнений и систем, и требуют специального математического исследования. Имеющиеся к настоящему времени связанные модели физико-химических превращений, в том числе модели превращений в твердой фазе, имеют отношение либо к лабораторным ситуациям, либо к гипотетическим условиям распространения реакции в бесконечной среде. Отдельные работы, посвященные моделированию превращений (фазовых, химических, структурных) в конкретных системах (детонация азидов тяжелых металлов, низкотемпературные радикальные реакции и др.) не решают проблемы в целом.

Основные проблемы при построении моделей сопряженных и связанных моделей технологических процессов связаны со сложностью численной реализации моделей, включающих разномасштабные процессы, взаимодействующие между собой.

Известно множество пакетов программ (ANSYS, NASTRAN, COMSOL Multiphysics, CFD-ACE+ V2014.0 и т. п.) по моделированию процессов управляемого синтеза новых материалов. Но в них не учитывается сопряженный теплообмен, эволюция фазового состава, тем более для детальной схемы реакций, практически не реализуются связанные модели. Расчеты в известных пакетах сводятся к расчету одних физических полей по известным другим.

Поэтому исследование взаимодействия процессов разной природы с учетом подробных схем химических превращений в синтезируемых материалах, и разработка компьютерной программы является актуальной задачей.

Рассмотрим пористую прессовку порошков ($Ti-Ni$, $Ti-Cu$, $Ti-Si$) в виде параллелепипеда с заданными размерами [3]. Нагрев осуществляется излучением при заданном законе изменения температуры стенок вакуумной печи, а сам образец свободен от внешних нагрузок. Математическая модель включает [3] уравнение баланса тепла:

$$V_0 c \rho \frac{dT}{dt} = -\varepsilon_T \sigma_T (T^4 - T_e^4) S_n - 3KT \alpha_T V_0 \frac{d\varepsilon_{kk}}{dt} + V_0 W;$$

с граничными условиями

$$-\lambda \nabla T|_S = -\varepsilon \sigma (T^4 - T_e^4),$$

где σ – постоянная Стефана–Больцмана; ε – степень черноты. Закон изменения температуры стенок вакуумной камеры задан в виде:

$$T_e = \begin{cases} \nu_1 t + T_0, & T \leq T_{c1} \\ \nu_2 t + T_0, & T_{c1} < T \leq T_{c2} \\ T_{c2}, & T_{c2} < T \end{cases},$$

где ν_1, ν_2 – скорости нагрева, известные из эксперимента; T_0 – начальная температура; T_{c1}, T_{c2} – заданные температуры спекания.

И кинетические уравнения, которые записаны на основе закона действующих масс и с учетом того, что химические реакции тормозятся слоем продукта, т.е.

$$\phi_i = \Phi(y_k) k_i \exp\left(-\frac{E_{ai}}{RT}\right) \exp(-m_i y) y^{-n_i}, \text{ где } \Phi_i(y_i) = \prod_k y_i^{\nu_{ik}},$$

где k_i – константы скорости реакций; R – универсальная газовая постоянная; E_{ai} – энергии активации реакций; i – количество реакций; m_i, n_i – параметры торможения химических реакций, их значения являются либо экспериментально определяемыми, либо находятся из рассмотрения специальных «микро-задач», в которых учитывается диффузия через слой продукта, реакции на границе раздела между отдельными частицами различных размеров и т. п.

Изменение плотности образца в процессе спекания оценивается по формуле

$$\delta\rho/\rho_0 = \varepsilon_{kk}/(1 + \varepsilon_{kk}).$$

Изменение объема в приближении вязкоупругой модели определяем через решение обыкновенного дифференциального уравнения []:

$$\frac{d\varepsilon_{kk}}{dt} = -\frac{dw}{dt} + \frac{\mu}{\kappa}(\varepsilon_{kk} - w).$$

Численное решение на каждом шаге по времени реализуется в несколько этапов:

- 1 этап – решение уравнения теплового баланса методом Рунге–Кутты–Мерсона,
- 2 этап заключается в решении кинетической задачи неявным методом Эйлера,
- 3 этап – определяем объемные деформации и относительное изменение объема.

Математическая модель содержит большое количество численные параметров, которые можно оценить по известным термодинамическим формулам [4].

Список литературы:

1. Солоненко О.П., Головин А.А. Нестационарный сопряженный теплообмен и фазовые превращения при высокоэнергетической обработке поверхности. Ч. 2. Моделирование технологических процессов // Теплофизика и аэромеханика. – 2007. – Т. 14. – № 4. – С. 623–638.
2. Князева А.Г., Крюкова О.Н., Букрина Н.В., Сорокова С.Н. Проблемы моделирования технологических процессов поверхностной обработки материалов и нанесения покрытий с использованием высокоэнергетических источников// Известия Томского политехнического университета. – 2010. – Т. 316, № 2. – С. 93–101.
3. Сорокова С.Н., Князева А.Г. Математическое моделирование объемных изменений в процессе спекания порошков системы Ti-AL // Физическая мезомеханика. – 2008. – Т. 11, № 6. – С. 95–101.
4. Карапетьянц М.Х., Химическая термодинамика. – Изд. 3-е, перераб. и доп. – М., «Химия», 1975.

СЕКЦИЯ 6
ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

СРЕДСТВА ДЛЯ ТРАНСПОРТНОЙ ИММОБИЛИЗАЦИИ ПРИ ПОВРЕЖДЕНИИ НИЖНЕЙ КОНЕЧНОСТИ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ, БЫТОВЫХ И ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЯХ

Д.Д. Авзалов, Е.Н. Пашков, А.В. Штейнле, М.С. Черемискина

Введение. Повреждения костей нижней конечности доминируют в системе ранений и травм в вооружённых конфликтах, чрезвычайных ситуациях, бытовых и дорожно-транспортных происшествиях. Для развитого общества повреждения костей тела человека стала «проблемой №1», т. к. погибают или становятся маломобильными большая часть лиц молодого и трудоспособного населения. [1–3, 5, 10] Это стало причиной развития не только специализированной травматологической помощи и интенсивной терапии, но и первой помощи. В наше время не стоит на месте совершенствование и создание абсолютно новых средств для транспортной иммобилизации конечностей (патенты РФ на изобретения 2487689, № 2026042, патенты РФ на полезные модели № 62012, 86460). [3,6,7,8].

Цель исследования: усовершенствовать средство для транспортной иммобилизации при повреждении нижней конечности в чрезвычайных ситуациях, бытовых и дорожно-транспортных происшествиях.

Материалы и методы исследования. Основная часть устройств для транспортной иммобилизации являлась прежней – четыре слоя полиэтилена соединённых путем термоспайки, установлены контактные ленты-липучки для закрепления, два ниппеля, достигающие полость между двумя средними слоями полиэтилена, которое заполняется пенообразующим быстро затвердевающим составом. Гладким внутренним поверхностям полиэтилена мы придавали шероховатый вид для повышения адгезивных свойств, для более гонгруэнтной формы площадь устройства разбивается на секции путем прошива, а в пространство между внутренними слоями заливали 200 мл воды.

Результаты. Данное средство для транспортной иммобилизации нижней конечности превосходит табельные средства для данной локализации повреждения.

В ходе работы было выявлено преимущество в рентгенпрозрачности предлагаемой шины для транспортной иммобилизации. Наша шина в сравнение с гипсовой повязкой при сохранённой жесткости фиксации обладает повышенной рентгенпрозрачностью, что позволяет более точно определить ущерб поврежденной конечности.

Выводы. Данное средство для транспортной иммобилизации применима в вооружённых конфликтах, чрезвычайных ситуациях, бытовых и дорожно-транспортных происшествиях. Так же есть возможность оснащения автомобильной аптечки данным средством и использованием ее при травме любой локализации (нижние и верхние конечности, шейный и грудной отдел позвоночника).

Список литературы:

1. Штейнле А.В. Патологическая физиология и современные принципы лечения тяжёлых сочетанных травм (часть 1) / А.В. Штейнле // Сибирский медицинский журнал. – 2009. – Т. 24. – № 3(1). – С. 119–127.
2. Мишин Ю.А. Совершенствование комплектно-табельного оснащения для оказания первой помощи в военно-морском флоте / Ю.А. Мишин, Д.С. Забродский, А.В. Меркулов // Морская медицина. – 2015. – Т. 1. – № 2. – С. 55–57.
3. Самохвалов И.М. Роль лечебно-транспортной иммобилизации в хирургическом лечении пострадавших с переломами длинных костей конечностей при механических травмах мирного времени / И.М. Самохвалов, Е.В. Ганин, Т.Ю. Супрун [и др.] // Скорая медицинская помощь. – 2016. – № 2. – С. 20–26.
4. Щербюк А.Н. О совершенствовании системы оказания медицинской помощи пострадавшим в чрезвычайных ситуациях // А.Н. Щербюк, В.Н. Семенов, И.Н. Стороженко [и др.] // Медицина катастроф, скорая и неотложная помощь и экстремальная медицина:

Мат. научно-практической конференции. – М., 2000. Самохвалов И.М. Роль лечебно-транспортной иммобилизации в хирургическом лечении пострадавших с переломами длинных костей конечностей при механических травмах мирного времени / И.М. Самохвалов, Е.В. Ганин, Т.Ю. Супрун [и др.] // Скорая медицинская помощь. – 2016. – № 2. – С. 20–26.

5. Шербюк А.Н. О совершенствовании системы оказания медицинской помощи пострадавшим в чрезвычайных ситуациях // А.Н. Щербюк, В.Н. Семенов, И.Н. Стороженко [и др.] // Медицина катастроф, скорая и неотложная помощь и экстремальная медицина: Мат. научно-практической конференции. – М., 2000. – С. 152–155.

6. Shteynle A. Clinical efficiency of absorbing wound dressing consisting of nanostructured graphite in comparison with other modern dressings / A. Shteynle // The 7th international forum on strategic technology IFOST 2012. – Tomsk, 2012. – Vol. 1. – P. 477–481.

7. Кровообращение трубчатых костей и возможности его коррекции при огнестрельных переломах / А.В. Штейнле, К.Ю. Дудузинский, Л.А. Ефтеев [и др.] // Сибирский медицинский журнал. – 2009. – Т. 24. – № 1. – С. 125–134.

8. Штейнле А.В. Посттравматическая регенерация костной ткани (часть 1) / А.В. Штейнле // Сибирский медицинский журнал. – 2009. – Т. 24. – № 4. – С. 101–108.

9. Штейнле А.В. Посттравматическая регенерация костной ткани (часть 2) / А.В. Штейнле // Сибирский медицинский журнал. – 2010. – Т. 25 – № 1. – С. 114–118.

10. Инновационная разработка для транспортной иммобилизации при повреждениях нижних конечностей / Д.Д. Авзалов, И.С. Овчинникова, А.Е. Пронина [и др.] // Технологические инновации в травматологии, ортопедии и нейрохирургии: интеграция науки и практики: Сб. мат. Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участ. – Саратов, 2018. – С. 3–5.

11. Инновационное средство для транспортной иммобилизации при повреждениях шейного и грудного отделов позвоночника / Г.Ю. Александров, А.А. Сакс, А.Е. Пронина [и др.] // Технологические инновации в травматологии, ортопедии и нейрохирургии: интеграция науки и практики: Сб. мат. Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участ. – Саратов, 2018. – С. 5–7.

ИЗМЕНЕНИЯ В ЗАКОНОДАТЕЛЬНОЙ БАЗЕ В ОБЛАСТИ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

О.А. Антоневи́ч, к.б.н.
Томский политехнический университет,
634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
тел. 8 (923)-411-3133
E-mail: antonevich@tpu.ru

Правительство Российской Федерации, отвечая на процессы в области развивающейся технологической сферы, поддерживает начатые реформы в сентябре – декабре 2020 года путем принятия 39 федеральных норм и правил в области промышленной безопасности, вступивших в силу с 1 января 2021 года. Произошла отмена 62 федеральных норм и правил в области промышленной безопасности. Анализ некоторых из них приводится в данной работе.

Так, Постановлением Правительства РФ от 02.06.2022 № 1009 «Об аттестации экспертов в области промышленной безопасности» [1] утверждено Положение об аттестации экспертов в области промышленной безопасности, в соответствии с которым срок предоставления государственной услуги по аттестации экспертов сокращается с 90 календарных до 20 рабочих дней, так же в связи с введением реестровой модели предоставления государственной услуги отменяется выдача удостоверения эксперта. Аттестация экспертов теперь производится по областям аттестации, определяемым путем соотнесения видов объектов экспертизы промышленной безопасности и типовых наименований опасных производственных объектов. В зависимости от классов опасности опасных производственных объектов, в отношении которых проводится экспертиза промышленной безопасности, устанавливается три категории экспертов. Утрачивает силу аналогичное постановление Правительства РФ от 28.05.2015 № 509.

С 1 марта 2023 года произойдут изменения в Правилах проведения экспертизы промышленной безопасности, утвержденных приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 20.10.2020 № 420 – заключение экспертизы должно содержать однозначный вывод: соответствует объект экспертизы требованиям промышленной безопасности или не соответствует (кроме экспертизы декларации промышленной безопасности) [2]. Данный документ будет доработан и снимет некоторые вопросы относительно стадии поэтапного ввода объекта, разделения его на секции. Произойдет уточнение области приложения данного документа.

Так же теперь согласно приказу Ростехнадзора от 14.04.2022 № 126 «О внесении изменений в Порядок проведения технического расследования причин аварий, инцидентов и случаев утраты взрывчатых материалов промышленного назначения» [3] работа комиссии по техническому расследованию причин аварии может начинаться после подтверждения факта произошедшей аварии, выявленного при осуществлении контрольных (надзорных) действий, если эксплуатирующая организация не направила в надзорный орган оперативное сообщение об аварии в установленный срок. Изменен срок расследования причин аварии – ранее акт технического расследования причин аварии должен был быть предоставлен комиссией не позднее 30 календарных дней со дня завершения технического расследования причин, а в соответствии с новым постановлением техническое расследование причин аварии проводится комиссией по техническому расследованию в срок, не превышающий 30 календарных дней с даты подписания правового акта о назначении комиссии.

В Приказе Ростехнадзора от 25.05.2022 № 171 «О внесении изменений в Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности» «Правила безопасности при производстве, хранении и применении взрывчатых материалов промышленного назначения» [4] уточнено, что данные правила распространяются не просто на взрывчатые вещества и изделия на их основе, которые хранятся, транспортируются и используются в промышленных целях, а в промышленных целях при взрывных работах. Так же ранее

нормы устанавливали правила безопасности при изготовлении взрывчатых веществ в условиях стационарных пунктов производства, теперь же и в смесительно-зарядных машинах. В п. 41 уточняется, что транспортирование взрывчатых материалов по подземным выработкам должно осуществляться со скоростью не более 5 м/с (18 км/ч). Изменения коснулись и требований к работникам, осуществляющим производство, хранение и применение взрывчатых материалов промышленного назначения: право руководства взрывными работами предоставляется после дополнительного обучения по программе на право руководства соответствующими видами взрывных работ, ранее такое право предоставлялось после прохождения программы, согласованной с федеральным органом исполнительной власти в области промышленной безопасности. Так же п.65 уточняет, что профессию взрывника могут получить только лица мужского пола старше 18 лет, имеющие образование не ниже среднего общего. Внесены ряд изменений в правила проведения взрывных работ в подземных выборках: ранее допуск людей в забой осуществлялся на основании содержания ядовитых продуктов взрыва не более 0,008 % по объему в пересчете на условный оксид углерода. Теперь же при условии соответствия воздуха в выработках нормативам, указанным в федеральных нормах и правилах в области промышленной безопасности «Правила безопасности при ведении горных работ и переработке твердых полезных ископаемых» [5].

Приказом Ростехнадзора от 07.04.22 № 109 «О внесении изменений в Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности "Правила безопасности в угольных шахтах"» внесены поправки с целью исключения неоднозначных трактовок обязательных требований, установления области ответственности руководителей шахт, объединенных в одну вентиляционную систему, исключения необоснованных расходов угледобывающих организаций на временную изоляцию шахт и обеспечения безопасных условий поддержания жизнедеятельности таких шахт, исключения дополнительных расходов, связанных с обеспечением резервирования главных вентиляторных установок. Это еще один шаг к научному обоснованию секционирования шахтных технологических объемов.

Таким образом, приведенные изменения законодательных и нормативных актов, демонстрируют лишь небольшую часть тех новшеств, направленных на развитие промышленной безопасности в 2021–2022 году.

Список литературы:

1. Постановление Правительства Российской Федерации от 02.06.2022 № 1009 «Об аттестации экспертов в области промышленной безопасности».
2. Правила проведения экспертизы промышленной безопасности, приказ от 20.10.2020 № 420.
3. Приказ Ростехнадзора от 14.04.2022 № 126 «О внесении изменений в Порядок проведения технического расследования причин аварий, инцидентов и случаев утраты взрывчатых материалов промышленного назначения от 8 декабря 2020 г. № 503».
4. Приказ Ростехнадзора от 25.05.2022 № 171 «О внесении изменений в Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности "Правила безопасности при производстве, хранении и применении взрывчатых материалов промышленного назначения"».
5. Правила безопасности при ведении горных работ и переработке твердых полезных ископаемых», утвержденных приказом Ростехнадзора от 8 декабря 2020 г. № 505.
6. Приказ Ростехнадзора от 07.04.2022 № 109 «О внесении изменений в Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности "Правила безопасности в угольных шахтах"».

РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО СНИЖЕНИЮ РИСКОВ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

*М.Э. Гусельников, к.т.н., доц., М.В. Гуляев, ст. преподаватель,
А.И. Сечин, д.т.н., проф., А.А. Сечин, к.т.н., доц.,
И.И. Романцов, к.т.н., доц., И.И. Авдеева, ст. преподаватель,
Л.Д. Давлатов, студент гр. 1Е81*

*Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
тел. (3822) 701-777
E-mail: gmv@tpu.ru*

Монтаж и обслуживание воздушных линий электропередач (ЛЭП) являются одними из опаснейших трудовых операций. Наибольшую опасность представляют работы на высоте при монтаже ЛЭП. Согласно данным Минэнерго РФ причинами аварий на ЛЭП являются [1]: атмосферное электричество во время грозы – 29 %; действия животных и птиц – 15 %; неудовлетворительное состояние аппаратуры, отключающей сеть – 9 %; воздействие посторонних лиц – 11 %; неблагоприятные природные явления – 17 %; несвоевременное выявление и устранение дефектов – 15 %; другие причины – 4 %.

Имея статистические данные о количествах, причинах и последствиях аварий [2], можно вычислить вероятности возникновения аварий в расчете на километр трассы ЛЭП и в расчете на одного человека. Для находящегося в собственности «Томскнефть» ВНК участка одноцепной «ВЛ 110 кВ Советско-Соснинская – Вахская» воздушных линий напряжением 110 кВ результаты проведенных расчетов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Расчет вероятности возникновения аварии

№ п/п	Вид аварии	Вероятность аварии		Число людей, чел/(год·авария)	
		%/(год·км)	%/(год·чел)	пострадавших	погибших
1	Удар молнии	1,00	25,00	0,7500	0,00340
2	Действие птиц	0,54	13,50	0,4050	0,00180
3	Неблагоприятные природные явления	0,61	15,25	0,4575	0,00210
4	Неудовлетворительное состояние аппаратуры	0,32	8,00	0,2400	0,00110
5	Несвоевременное устранение дефектов	0,54	13,50	0,4050	0,00180
6	Воздействие посторонних лиц	0,18	4,50	0,1350	0,00060
7	Работы в охранных зонах	0,07	1,75	0,0525	0,00024
8	Рубка леса	0,07	1,75	0,0525	0,00024
9	Проезд техники	0,07	1,75	0,0525	0,00024
10	Другие причины	0,14	3,50	0,1050	0,00047

Возникновение любой аварии приносит ущерб. Этот ущерб оценивается в рублях по следующей формуле:

$$Y_i = C_M + Z_p + C_{\Pi} + C_{\text{Л}} + K_{\text{П}}$$

где C_M – стоимость материалов, использованных при ремонте; Z_p – оплата работ ремонтного рабочего; C_{Π} – стоимость недопроизведенной продукции; $C_{\text{Л}}$ – стоимость лечения пострадавшего; $K_{\text{П}}$ – компенсация родным погибшего.

Так как убытки от аварии определяются не только вероятностью ее возникновения, но и тяжестью последствий, для рассматриваемого участка ВЛ-110 кВ был подсчитан риск для аварий, вызываемых различными причинами (табл. 2).

Таблица 2

Результаты расчета рисков возникновения аварии

№ п/п	Вид аварии	P_{AT} , %/(год·км)	P_A , %/(год)	U_i , руб.	R_i , руб/год
1	Удар молнии	1,00	29,00	443739,26	128684,3
2	Действие птиц	0,54	15,66	147573,51	42796,3
3	Неблагоприятные природные явления	0,61	17,69	443988,42	128756,6
4	Неудовлетворительное состояние аппаратуры	0,32	9,28	310999,60	90189,9
5	Несвоевременное устранение дефектов	0,54	15,66	443919,01	128736,5

Очевидно, что для снижения ожидаемого ущерба от аварий в первую очередь необходимо разрабатывать мероприятия по снижению вероятности возникновения аварий с наибольшей величиной риска. Из анализа аварийных отключений и их причин на рассматриваемой ВЛ-110 кВ видно, что большое число аварийных отключений ЛЭП происходит по погодным причинам в результате гроз и ураганов. Для снижения аварийности на рассматриваемой ЛЭП необходимо усилить конструкции опор и после аварийной замены устанавливать усиленные провода. Для снижения вероятности порывов проводов упавшими при урагане деревьями необходимо расчищать просеку с предусмотренной нормативными документами шириной.

Для снижения вызываемого грозовыми перенапряжениями риска предлагается повысить категорию молниезащиты, при ремонтных работах усилить механическую прочность проводов и изолирующие свойства изоляторов. Также по мере выхода защитной аппаратуры из строя необходимо заменять ее на более совершенную.

Для снижения риска аварий, вызываемых птицами, необходимо установить полимерные колпаки и конструкции в виде искусственных заграждений.

Для уменьшения риска, вызываемого несвоевременным выявлением и устранением дефектов, предлагаются следующие организационные мероприятия:

- разработка системы мониторинга и прогнозирования надежности в электроэнергетике;
- разработка системы отраслевых регламентов и национальных стандартов по обеспечению надежности;
- разработка системы и конкретных значений нормируемых показателей надежности и требований по надежности;
- разработка системы механизмов, обеспечивающих соблюдение условий надежности по всей технологической цепочке от генерации до потребления в условиях рынка.

Список литературы:

1. Васильева Т.Н. Надежность электрооборудования и систем электроснабжения. – М.: Горячая линия – Телеком, 2015. – 152 с.: ил.
2. Дулесова Н.В. Анализ состояния линий электропередач 110 кВ на основе меры неопределенности информации / Н.В. Дулесова, П.А. Братилова // Актуальные вопросы научных исследований: сборник научных трудов по материалам IX Международной научно – практической конференции г. Иваново, 15 февраля 2017 г. – Иваново: ИП Цветков А.А., 2017. – С . 19–23.
3. Воропай Н.И. Концепция обеспечения надежности в электроэнергетике: / Н.И. Воропай, Г.Ф. Ковалёв, Ю.Н. Кучеров. – М.: ООО ИД «ЭНЕРГИЯ», 2013. – 212 с.

РАСЧЕТ ВЕНТИЛЯЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЭЛЕКТРОСВАРОЧНЫХ РАБОТ

*М.Э. Гусельников, к.т.н., доц., М.В. Гуляев, ст. преподаватель, А.И. Сечин, д.т.н., проф.,
А.А. Сечин, к.т.н., доц., И.И. Романцов, к.т.н., доц., И.И. Авдеева, ст. преподаватель,
А.Е. Макаров, студент гр. 1ЕМ01*

*Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
тел. (3822) 701-777
E-mail: gmv@tpu.ru*

Электродуговая сварка является одним из наиболее вредных и опасных технологических процессов. Технология сварки покрытым электродом заключается в том, что сварочная дуга вызывается из-за контакта электрода со свариваемой деталью. Во время ручной дуговой сварки, покрытие начинает плавиться вместе с самой электродной металлической проволокой. Образуется шлак на расплавляемой поверхности и плавка металла, которая может выделять токсичные газы.

При выполнении электросварочных работ возникают опасности связанные с механическими воздействиями на работника, опасности поражения электрическим током, опасности контакта с раскаленными предметами. Эти опасности могут быть снижены при соблюдении правил техники безопасности и использовании средств индивидуальной защиты.

В данной работе рассмотрены опасности воздействия пыли на глаза, органы дыхания и кожу человека, опасность воздействия на органы дыхания воздушных взвесей, содержащих смазочные масла, опасность воздействия на органы дыхания сварочных аэрозолей и паров вредных веществ, выделяемых при сварке. Основным способом снижения вредного воздействия на работающего этих вредных производственных факторов является организация воздухообмена, который позволяет снизить концентрацию вредных веществ в воздухе рабочей зоны.

Количество выделяющихся при электродуговой сварке вредных веществ зависит от числа использованных электродов. Для расчета расхода электродов за смену, нужно [1]: учесть толщину материала свариваемых частей; диаметр электрода и сварочный ток; расход металла электрода (см^3) на шов длиной 1 см; расчет количества стали в одном электроде; расчет стали во всех швах; расчет требуемого количества электродов.

По толщине материала свариваемых частей по табл. 1 [1] выбираем диаметр электрода, сварочный ток и количество электродов в одном килограмме.

Таблица 1

Выбор диаметра электрода ОЗС-12

Диаметр электрода, мм	Толщина свариваемых деталей, мм	Ток, А	Среднее количество электродов в 1 кг, шт
2,0	5–30	30–90	94
2,5	20–35	50–110	53
3,0	25–45	70–130	36
4,0	30–60	110–180	17
5,0	< 50	130–220	12

При расчете системы вентиляции необходимо вычислить длину и площадь сечения сварочных швов, выполняемых в помещении за одну смену. Длина сварочных швов определяется по чертежам и количеству выпускаемых за смену изделий. Для определения расхода G металла электрода на сварочный шов длиной 1 см нужно знать площадь сечения шва S , мм^2 и длину сварочного шва, представленного на рис. 1.

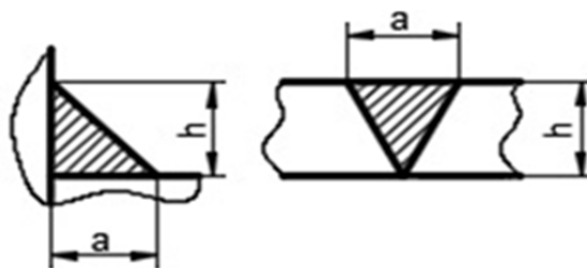


Рис. 1. Сварочный шов: a – основание шва; h – высота шва

Площадь сечения сварочного шва определяется формулой: $S = a \cdot h/2$.

Зная площадь S и длину L сварочного шва, можно посчитать расход электродов за смену: $N = S \cdot L \cdot \rho / C$, где: ρ – удельная плотность стали, г/мм³; C – количество стали в одном электроде, определяется выражением: $C = \rho \cdot \pi \cdot R^2 \cdot L_{\text{э}}$, где: $L_{\text{э}}$ – длина электрода, мм; R – радиус стержня электрода, мм; ρ – удельная плотность стали.

В процессе сварки происходит выброс вредных веществ в воздух. Максимальный выброс вредных веществ i -го компонента определяется по формуле [2]:

$$M_i = g_i \cdot N \cdot C / (3600 \cdot \tau),$$

где g_i , г/кг – удельное выделение i -го компонента; τ , ч – время проведения сварки в течение смены.

Потребный воздухообмен для обеспечения нормативного содержания i -го компонента вредных выделений в воздух вычисляется по формуле:

$$L_i = \frac{M_i \cdot 1000}{x_v - x_n},$$

где M_i , г/ч – количество i -го вредного вещества, выделяющегося при сварочных работах; x_v , мг/м³ – предельно допустимая концентрация вредного вещества в воздухе рабочей зоны ПДК_{рз}, которая определяется по данным; x_n , мг/м³ – средне суточная концентрация вредного вещества в воздухе населенного пункта.

Основные загрязнители воздуха при сварочных работах приведены в табл. 2 [3].

Таблица 2

Допустимые концентрации вредных веществ в воздухе (мг/м³)

Название вещества	ПДК _{рз}	ПДК _{сс}	Особенности воздействия на организм
Марганец	0,30	0,0100	А
Хром	0,02	0,0015	А
Железа оксид	6,00	0,0400	Ф
Фториды	0,20	0,0300	О

Для определения потребного воздухообмена надо подсчитать L_i для каждой из выделяемых вредностей. Если вещества однонаправленного действия, то вычисленные L_i надо суммировать. Воздухообмен берется максимальным из полученных результатов.

Список литературы:

1. Томас К.И., Ильященко Д.П., Технология сварочного производства: учебное пособие. – Томск: ТПУ, 2011. – 247 с.
2. НИИ Атмосфера Расчет выделения (выбросов) загрязняющих веществ в атмосферу при сварочных работах (по величинам удельных выделений) / НИИ Атмосфера // Методика расчета выделений (выбросов) загрязняющих веществ в атмосферу при сварочных работах (по величинам удельных выделений), 2012. – 39 с.
3. СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». от 28 января 2021 года № 2.

МЕТОДИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ПРОВЕДЕНИЯ МОНИТОРИНГА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ПРИ ПОМОЩИ МАЛОГАБАРИТНЫХ ПРИБОРОВ

Д.В. Гусак, аспирант

*Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН,
634055, г. Томск, пр. Академический 10/3*

тел. (3822) 492-265

E-mail: vydigus@mail.ru

Применение малогабаритных приборов и датчиков является новым и все ещё развивающимся направлением, позволяющим увеличить масштаб участка при наблюдениях за состоянием воздуха, однако требующий повышенного внимания к деталям на каждом участке местности. В настоящее время вопросы проведения стационарного мониторинга с отбором проб воздуха регламентируется рядом документов (ГОСТ и РД), предполагающим отбор пробы воздуха для последующего анализа [1, 2]. Происходит постепенное обновление руководящих документов по анализу отдельных веществ, однако суть остается прежней: отбирается проба воздуха, подвергается физико-химическим методам анализа и выполняется дальнейшая обработка полученных результатов. Отсутствует единый унифицированный подход по организации, проведению и анализу результатов непрерывного многокомпонентного крупномасштабного распределенного мониторинга атмосферного воздуха.

При организации мониторинга атмосферного воздуха на территории города, в основу которого заложено большое количество малогабаритных приборов, необходимо учитывать следующие факторы, влияющие на распространение загрязнений: роза ветров, рельеф местности, городская застройка, наличие зеленых насаждений, наличие прилегающей автомобильной дороги и интенсивность движения по ней.

Роза ветров дает представление о силе и преимущественных направлениях ветра, рельеф местности, в зависимости от формы, оказывает ускоряющее или тормозящее действие на скорость распространения воздушных масс. В зависимости от скорости ветра, изменяется вероятность возникновения вихрей в результате аэрации рельефа или застройки. По части застройки, особенности аэрации зданий представлены на рисунке 1 [3]. Наличие городской застройки и зелёных насаждений также ограничивает распространение загрязняющих веществ по территории города, в частности, от автодороги на дворовые территории и тротуары.

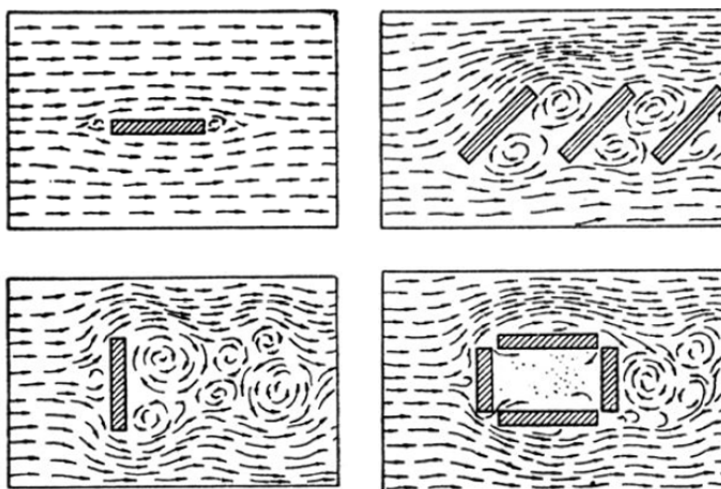


Рис. 1. Аэрация ветром жилой застройки

Кроме того, организованные выбросы промышленных предприятий тоже оказывают негативное влияние на здоровье человека, особенно, если предприятие находится внутри круп-

ного города. Выбросы высоких источников (75–100 м и более согласно РД 52.04.52-85 [4]) распространяются на значительное расстояние до 5–10 км [5].

На рис. 2 приведена схема распространения загрязнения от высокого источника с выделением 3 зон различной величины концентрации загрязняющих веществ. Зона задымления является зоной максимальных концентраций загрязняющих веществ, расстояние до которой, в зависимости от метеорологических условий, составляет от 10 до 40 высот труб самого источника [5].

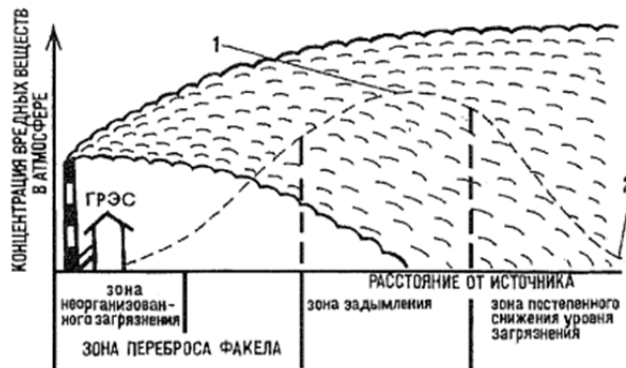


Рис. 2. Распространение загрязнений от высокого источника:

1 – максимальные концентрации загрязняющих веществ; 2 – расчетные концентрации

Дополнительно, при проведении крупномасштабного распределенного мониторинга на территории городов, один из ранее указанных факторов необходимо рассматривать как отдельный источник. Таковым фактором является автомобильная дорога. Для данного источника выделим следующие свойства, характеризующие его:

- постоянное движение независимых источников – легкового, грузового и пассажирского транспорта;
- постоянство расположения проезжей части;
- выделяемые временные периоды значительного изменения интенсивности движения;
- общий состав выбросов от источника, складывающийся из выхлопных газов, истирания поверхностей деталей машин, покрышек и проезжей части.

Таким образом, мониторинг качества атмосферного воздуха на территории городов, в основу которого заложены малогабаритные приборы и датчики, складывается из множества влияющих факторов, подлежащих учету на этапе настройки постов наблюдений. Точная настройка каждого поста мониторинга позволит получать детальную информацию на различных городских участках и принимать взвешенные частные и общие решения, направленные на улучшение ситуации и предотвращение нежелательных последствий

Список литературы:

1. ГОСТ 17.2.4.02-81 Охрана природы ССОП. Атмосфера. Общие требования к методам определения загрязняющих веществ [Текст]. – Введ. 1982.07.01. Официальное издание Охрана природы. Атмосфера: Сб. ГОСТов. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2004 год. – 2 с.
2. РД 52.04.186-89 Руководство по контролю загрязнения атмосферы. – Введ. 1991.07.01. – Госкомгидромет СССР, Министерство здравоохранения СССР. СПб.: Гидрометеиздат, 1991. – 694 с.
3. Серебровский Ф.Л. Аэрация жилой застройки. – М.: Стройиздат, 1971. – 112 с.
4. РД 52.04.52-85 Методические указания. Регулирование выбросов при неблагоприятных метеорологических условиях. – Введ. 1986.12.01. – Госкомгидромет СССР. Л.: Гидрометеиздат, 1987. – 35 с.
5. Оценка и регулирование качества окружающей природной среды. Учебное пособие для инженера-эколога. Под ред. проф. А.Ф. Порядина и А.Д. Хованского. – М.: НУМЦ Минприроды России, Издательский дом «Прибой», 1996. – 350 с.

ПРАКТИКА ПРИМЕНЕНИЯ МАЛОГАБАРИТНЫХ ПРИБОРОВ И ДАТЧИКОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

Д.В. Гусак, аспирант

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН,

634055, г. Томск, пр. Академический 10/3

тел. (3822) 492-265

E-mail: vydigus@mail.ru

При использовании для наблюдений за состоянием атмосферного воздуха иностранного оборудования, особенно малогабаритных датчиков качества воздуха, следует понимать, что для достоверности точных измерений их необходимо калибровать с использованием приборов с отечественным метрологическим сертификатом. Тогда работу конечных малогабаритных приборов можно рассматривать как измерения в режиме точных измерений. В противном случае, результаты измерений следует рассматривать как относительные, показывающие лишь динамику и масштаб, а сами измерения проходят в сигнальном режиме.

Для оценки загрязнения атмосферного воздуха взвешенными частицами были собраны 3 прибора на базе микроконтроллера Arduino Uno, датчика пыли PMS5003 и модуля SD-карты для хранения данных. Приборы были закреплены на штативах с возможностью изменения высоты расположения и работали в сигнальном режиме. Измерения выполнялись каждую минуту на протяжении 1 часа на высоте 2 м в соответствии с требованиями нормативной документации [1, 2].

Первая серия измерений была проведена возле перекрестка пр. Фрунзе – пр. Комсомольский и преследовала цель оценки воздействия взвешенных частиц на население непосредственно у автомобильной дороги и на тротуаре при наличии ограждений между участком измерений и автомобильной дорогой. Результаты измерений приведены на рисунке 1 – для автомобильной дороги, на рис. 2 – для участка у трамвайной остановки.

Результаты измерений показали, что непосредственно от дороги с интенсивным движением автомобилей (более 1000 машин в час [3]) на расстоянии до 2 м. пешеходы подвержены значительному воздействию загрязняющих веществ, в то время как за застройками и зелеными насаждениями уровень загрязнения воздуха является незначительным даже при движении трамваев 25 ед./час.

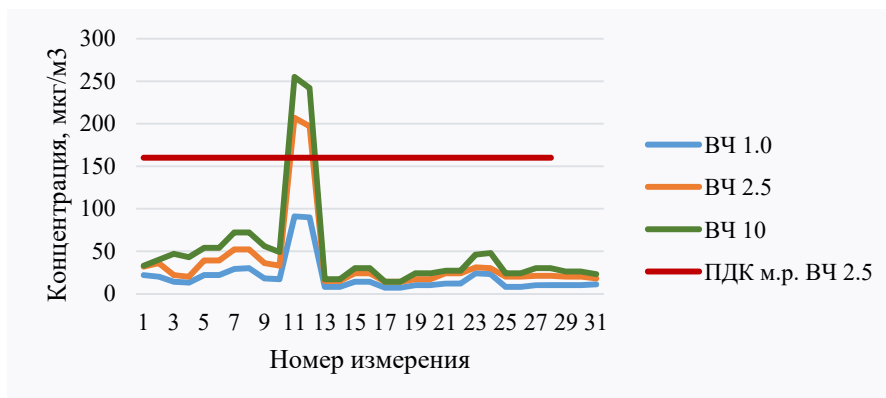


Рис. 1. Результаты измерений взвешенных частиц возле автомобильной дороги

Во время измерений не было осадков, однако, они прошли в ночь до измерений и непосредственно после них. Ветер западный 3–4 м/с с порывами до 6 м/с, влажность 88 %, температура воздуха 7 °С.

Вторая серия измерений проходила в Академгородке города Томска вдоль автодороги. Приборы были установлены на расстоянии 1,5 метра от дорожного полотна в 3 точках. Первый прибор был установлен на начале поворота дороги и был принят за «нулевую» точку. Второй прибор установили на расстоянии 100 м от первого, в 16 м от въезда на дворовую

территорию. Третий прибор был установлен на расстоянии 250 м от первого и в 26 метрах от павильона остановки. По направлению движения автотранспорта от третьего прибора до второго нарастает уклон вплоть до перекрестка с въездом на дворовую территорию.

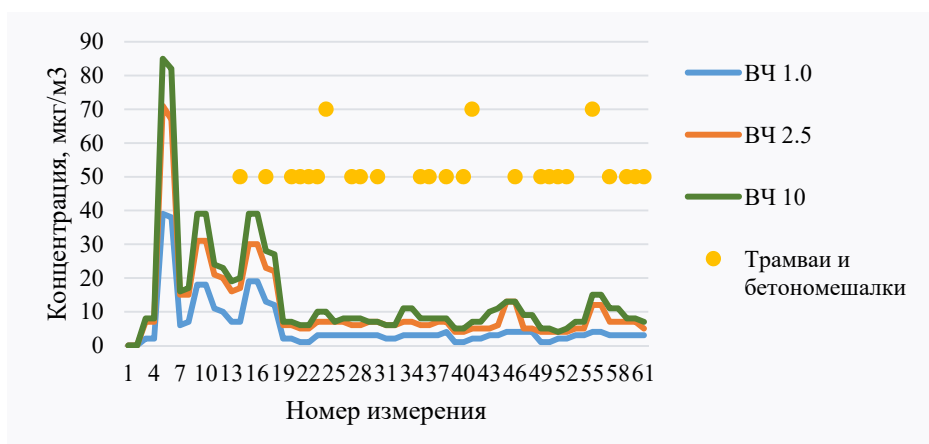


Рис. 2. Результаты измерений взвешенных частиц возле трамвайной остановки

Климатические условия на момент измерений были следующие: ветер 3–4 м/с Ю-З направления, влажность 63 %, температура 7,4 °С. Осадки проходили в ночь перед измерениями и в ночь после них. Интенсивность движения машин составила 510 ед./ч. При движении машин периодически резко ухудшалась видимость до 300 м.

Согласно результатам измерений, после кармана автобусной остановки загрязнение воздуха было наименьшим по сравнению с другими участками. Причина тому – начало движения автобусов и отсутствие шлейфа пыли за ними, поднимающегося при высокой скорости движения автотранспорта (от 40 м/с), известного из натуральных измерений.

Показания второго прибора были выше по сравнению с третьим, поскольку помимо основного потока машин к нему поступали взвешенные частицы от транспорта, въезжающего и выезжающего с дворовой территории. Дополнительная нагрузка вызвана процессами ускорения и торможения при маневрировании на перекрестке.

Первый прибор показал наибольшие уровни загрязнения взвешенными частицами, подтверждая наличие пылевой взвеси, периодически снижающей видимость в пределах 300 м.

Список литературы:

- ГОСТ 17.2.4.02-81 Охрана природы ССОП. Атмосфера. Общие требования к методам определения загрязняющих веществ [Текст]. – Введ. 1982.07.01. Официальное издание Охрана природы. Атмосфера: Сб. ГОСТов. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2004 год. – 2 с.
- РД 52.04.186-89 Руководство по контролю загрязнения атмосферы. – Введ. 1991.07.01. – Госкомгидромет СССР, Министерство здравоохранения СССР. СПб.: Гидрометеиздат, 1991. – 694 с.
- Об утверждении программы комплексного развития транспортной инфраструктуры муниципального образования «Город Томск» на период с 2019 до 2020 года и на период до 2035 года: решение Думы города Томска от 28.05.2019 № 1100 // Сборник официальных материалов муниципального образования «Город Томск» от 6 июня 2019 г. № 25.2. – 2019.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ОПЕРАТОРА ОБОРУДОВАНИЯ – ВАКУУМНАЯ КАМЕРА

А.А. Дейнинг, студент гр. 4А22

*Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
тел. (3822) 701-777*

На производстве важным критерием безопасности является наличие возможности остановки технологического процесса в нештатных и аварийных ситуациях до нанесения тяжелых увечий сотрудникам предприятия или до нанесения непоправимого ущерба оборудованию. Именно поэтому важно организовать максимально простой и быстрый доступ к аварийным выключателям.

При проектировании вакуумных камер для сварки необходимо предусмотреть возможность остановки процесса откачки воздуха из рабочей среды и самым простым способом является применение аварийного тросового выключателя или кнопки аварийного отключения.

Кнопки аварийного отключения – кнопки в жёлтом корпусе, снабжённые красными грибовидными толкателями (рис. 1). Кнопки расположены на всех платформах, где возможно длительное пребывание людей;



Рис. 1. Кнопка аварийной остановки

Кнопки аварийной остановки предусмотрены на установке. При нажатии любой из этих кнопок разъединяется питание системы управления, останавливаются все движения и затормаживаются все тормоза. В аварийном случае оператор должен нажать ближайшую кнопку аварийной остановки.

Натяжно-тросовые выключатели – выключатели в жёлтом корпусе с красным рычагом, к которому крепятся тросики аварийного отключения жёлтого цвета, натянутые по всей длине стенок камеры.

Все аварийные тросовые выключатели имеют контроль обрыва троса, это значит что при монтаже трос должен быть смонтирован с определенным натяжением. Значение предварительного натяжения разное для различных устройств. Соответствующее значение можно взять из технического паспорта аварийного тросового выключателя. При неправильном монтаже аварийный тросовый выключатель не сможет быть введен в эксплуатацию, это значит, что разблокирование будет невозможным.

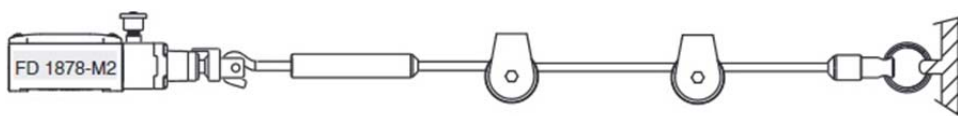


Рис. 2. Правильное установка тросового выключателя

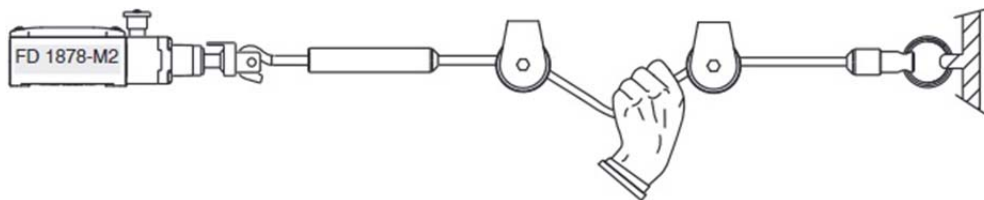


Рис. 3. Трос тянется оператором, электрические контакты разомкнуты

Список литературы:

1. <https://инструкция-по-охране-труда.рф/>.
2. <https://megalektsii.ru/s23470t6.html>.
3. <https://pizzato.su/novosti/vvedenie-v-trosovye-zaschitnye-vyklyuchateli.html>.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ КАМЕРНО-СТОЛБОВОЙ ОТРАБОТКИ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ШАГАЮЩЕЙ МЕХАНИЗИРОВАННОЙ КРЕПИ

С.М. Никитенко¹, д.э.н., Ю.В. Малахов¹, к.т.н., С.С. Кубрин², д.т.н., проф.,

¹Федеральный исследовательский центр угля и углехимии

Сибирского отделения Российской академии наук,

650000, Россия, Кемеровская область-Кузбасс, г. Кемерово, пр-кт Советский, 18

тел. (3842) 36-69-04,

E-mail: nsm.nis@mail.ru

²Институт проблем комплексного освоения недр

им. академика Н.В. Мельникова Российской академии наук,

111020, г. Москва, Крюковский тупик, 4

тел. (495) 360-07-35

E-mail: s_kubrin@mail.ru

Последние десятилетия развития мировой горнодобывающей промышленности отмечены устойчивой тенденцией перехода на большие глубины освоения подземного пространства, вовлечение в разработку сложных в технологическом обеспечении запасов. К таким запасам относятся угольные пласты средней мощности, обрабатываемые технологией бесцеликовой разработкой камерно-столбовым способом (КСО). Мировой опыт отработки свидетельствует, что технология КСО, сопровождается высокими рисками инцидентов и аварийных происшествий, и потерями полезных ископаемых при извлечении, что требует поиска средств надежного временного опережающего крепления выработок. В зарубежной практике при КСО угольных пластов проходческо-очистными комбайнами фронтального действия широкое применение для поддержки кровли нашли самоходные электрогидравлические механизированные крепи на гусеничном ходу [1, 2].

Авторами [3] для обеспечения одновременной поддержки кровли и перемещения вслед за проходческим комбайном в КСО предлагается использовать циклически-шагающую механизированную крепь. Использование шагающей механизированной крепи для временной поддержки кровли повышает уровень безопасности горных работ и эффективность проходческо-очистных работ путем обеспечения совмещений операций проходческого цикла, что увеличивает скорость проходки и объем вынимаемой горной массы.

При разработке методики оценки рисков остановки технологического процесса, при отработке трудноизвлекаемых запасов угля, следует учитывать горно-геологические риски, приводящие к аварийным происшествиям и инцидентам.

В отличие от традиционной КСО угольных пластов, отработка трудноизвлекаемых запасов проходческо-очистными комбайнами фронтального действия с применением шагающей механизированной крепи в КСО значительно усложняется. Увеличиваются скорости проведения выработок, машинное время работы комбайна по разрушению и выемки горной массы, объемы транспортировки отбитого угля из забоя. Усложняется и техническое вооружение проходческо-очистного комплекса.

Таким образом, следует учитывать технологические риски, которые могут повлечь аварийные происшествия или инциденты, связанные с: конструктивной особенностью механизированной шагающей крепи; последовательностью и длительностью технологических стадий, определяющих бурение и анкерование бортов и кровли горной выработки, дезинтеграции и транспортировки отбитой горной массы; последовательностью и порядком стадий передвижки крепи циклически-шагающим способом, определяющих скорость проходки.

Одним из рисков остановки технологического процесса при проходческо-очистных работах КСО может стать состояние горных выработок по пылевзрывобезопасности. Для оценки и исследования рисков взрывов пылеметановоздушной смеси необходимо оценить вероятности превышения допустимых значений параметров рудничной атмосферы.

ры по концентрации витающей в ней угольной пыли, учесть объем отложившейся пыли на бортах, подошве горных выработок и на конструкциях технологического оборудования, оценить их влияние на устойчивость технологических процессов ведения очистных работ. При определении допустимых значений параметров рудничной атмосферы по пыли [4] требуется проанализировать следующие параметры: концентрация витающей в рудничной атмосфере угольной пыли; дисперсный состав; вещественный состав частиц; распределение пыли по объему горной выработки; уровень отложившейся пыли; распределение отложившейся пыли по подошве, стенкам горных выработок и конструкциям технологического оборудования; дисперсный и вещественные составы отложившейся пыли; характеристика и объем горючих составляющих в витающей и отложившейся угольной пыли и т. д.

Для определения уровня отложившейся пыли необходимо произвести замеры [5, 6], заключающиеся в следующем – по периметру профиля горной выработки размещаются специальные устройства, состоящие из двух фильтров АФА-40, расположенных вертикально и горизонтально и специальной кювете. Измерения должны производиться в нескольких сечениях горной выработки.

Результаты проведенных наблюдений и лабораторных соотносятся с промежутком времени наблюдений и объемом выработки. На основе полученных данных определяется промежуток проведения мероприятий по приведению горных выработок в безопасное состояние по взрываемости пылеметановоздушной смеси.

Таким образом, разработан метод оценки составляющих, влияющих на риск возникновения риска взрыва пылеметановоздушной смеси при ведении проходческого-очистных работах при КСО с применением высокопроизводительных комбайнов фронтального действия с шагающей механизированной крепью.

Список литературы:

1. Lind, G.H. Key success elements of coal pillar extraction in New South Wales / The Journal of The South African Institute of Mining and Metallurgy. – 2002. – pp. 199–205.
2. Howe, L., A Decade of mobile roof support application in the United States. Paper in Proceedings, 17th International Conference on Ground Control in Mining, ed. by S. S. Peng (Morgantown, WV, Aug. 4–6, 1998). Dept. of Mining Engineering, WV Univ., Pp. 187–201.
3. Клишин, В.И. Разработка технических требований к механизированной шагающей крепи в составе горно-проходческого комплекса / В.И. Клишин, Ю.В. Малахов, С.М. Никитенко, Б.А. Анферов // Научно-технические разработки и использования минеральных ресурсов: научный журнал/ Новокузнецк: СибГИУ, 2020. – № 6. – С. 125–131.
4. Кубрин С.С., Решетняк С.Н., Дегтёрев В.В. Анализ методов пылевого контроля горных выработок угольных шахт. Горный информационно-аналитический бюллетень. – М.: Горная книга. – 2017. Специальный выпуск 29. С. 9–18.
5. Кудряшов В.В., Кубрин С.С., Кобылкин А.С. Опыт исследования осаждения пыли на поверхности горной выработки/ Горный информационно-аналитический бюллетень. – М.: Горная книга. – 2018. Специальный выпуск 1. Труды международного научного симпозиума «Неделя горняка-2018». С. 275–282.
6. Романченко С.Б., Костеренко В.Н., Трубицин А.А., Кубрин С.С. Процессы седиментации взрывоопасных аэрозолей при современных технологиях добычи угля. Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. – Кемерово. – 2018. – № 2. – С. 6–15.

МЕХАНОАКТИВАЦИЯ КАК МЕТОД СНИЖЕНИЯ ВРЕМЕННОЙ ЖЕСТКОСТИ ВОДЫ

*А.И. Сечин, д.т.н., проф.,
Н.В. Пилипец, к.т.н., заведующий НПЛ «Чистая вода»,
А.П. Матвеев, главный инженер проекта «Чистая вода»,
Д.Г. Штенцов, аспирант
Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
тел. 8(923)-421-29-97
E-mail: chemy@tpu.ru*

Одна из самых распространенных проблем, причем как в поселениях с индивидуальной застройкой и автономным водоснабжением, так и в городских квартирах с централизованным водопроводом, это жесткость потребляемой воды. Подземные воды характеризуются большим значением жесткости, чем воды рек [1, 2].

В современном мире качество воды регулируется стандартами Всемирной организации здравоохранения [3], выполняющих функцию контроля представления населению безопасную для здоровья воду. Негативное проявление фактора жесткости выражается не только в ухудшении органолептических свойств воды, но и оказывает негативное действие на живые организмы, а известковые отложения выводят из строя технологическое оборудование. Установлено [4, 5], что жесткости воды выше 7 °Ж вероятность зарастания труб известковыми отложениями резко возрастает, то есть снижается проектный срок службы трубопровода, а при очень низкой жесткости (менее 1,5 °Ж) вода приобретает сильные коррозионные свойства. Поэтому рассмотрение вопросов механоактивации как метода снижения временной жесткости воды, является актуальным.

Известно, что умягчение воды может проходить как с применением реагентов, так и Идея разрабатываемого способа снижения временной жесткости воды заключалась в образовании осадка солей жесткости с последующим его удалением.

Исследования снижения солей жесткости воды при воздействии интенсивного перемешивания проводились до 17000 об/мин мешалки. Механоактивация проводилась с помощью шестилопастной мешалки. Исходные значения общей жесткости водопроводной воды находилось в диапазоне от 6,27 до 6,32 °Ж, что соответствует значениям общей жесткости подземных вод Западно-Сибирского региона [1].

Результаты исследования физико-химических свойств на лабораторном комплексе по следующим показателям: окислительно-восстановительный потенциал; кинетическая вязкость; удельная электропроводность; рН среды; солесодержание (в пересчете на NaCl); общая жесткость; поверхностное натяжение воды, представлены в таблице 1. Данные получены для воды подвергшейся механоактивации при скорости активатора от 1650 об/мин до 17000 об/мин и времени индукции 45 с.

Анализируя результаты, представленные в табл. 1, мы видим, что при интенсивном воздействии механоактивации (скорость 17000 об/мин) существенных изменений физико-химических показателей не наблюдается, исключение составляют энергия Гиббса и ОВП. Так же представленные результаты позволяют сделать вывод, что к обработанной в установке воде применимо правило Писаржевского-Вальдена (точность до 2 %), что подтверждает устойчивость исследуемой системы. По результатам, представленным в табл. 1 можно утверждать о возможности повышения скорости процесса возникновения зародышей при кристаллизации солей жесткости, это может происходить за счет перехода механической энергии в электрическую, что характеризуется окислительно-восстановительным потенциалом воды, который изменяется в пределах от –16 мВ до –24 мВ.

Физико-химические свойства воды при температуре $T = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$, прошедшей механоактивацию со скоростью активатора до 17000 об/мин

Обороты мешалки-активатора, n об/мин	УЭП, мкСм/см	Солесодержание, мг/л	Вязкость дин/см	ОВП, мВ		рН	Общая жесткость, Ж	Поверхностное натяжение, г/см ²	$\gamma \cdot \lambda$
					энергия Гиббса, Дж				
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 проведенного исследования было установлено, что при интенсивном воздействии механоактивации наблюдается повышение значений таких показателей как удельная электропроводность и солесодержание (за счет подвижности ионов), при неизменных показателях жесткости воды.

В результате проведенного исследования:

Рассмотрены вопросы применения механоактивации воды как метода снижения временной жесткости.

Полученные результаты показывают, что механоактивация, как технологический процесс, влияет на основные свойства воды, приводя к снижению ее общей жесткости.

Практические рекомендации. Проведенное исследование направлено на разработку установок по очистке воды, как питьевого назначения, так и для технических нужд, особенно при снижении высаживания солей на стенках сосудов и аппаратов.

Список литературы:

1. Крайнов С.Р., Швец В.М. Геохимия подземных вод хозяйственно-питьевого назначения. – М.: Недр. – 237 с.
2. Вода – это жизнь... если ее очистить. Часть IV // Снабжение и сбыт. – 2006. – № 10. – С. 86–89.
3. Руководство по обеспечению качества питьевой воды: 4-е изд. [Guidelines for drinking-waterquality – 4th ed.] – Женева: ВОЗ, 2017. –121 с.
4. Волкотруб Л.П. Питьевая вода Томска. Гигиенический аспект / Л.П. Волкотруб, И.М. Егоров. – Томск: Изд-во НТЛ, 2003. – 195 с.
5. Водоподготовка: Справочник / под ред. С.Е. Беликова. – М.: Аква-Терм, 2007. – 240 с.

БЕЗРЕАГЕНТНАЯ ОЧИСТКА ПОДЗЕМНЫХ ВОД С ПОВЫШЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ ЖЕЛЕЗА, КРЕМНИЯ И ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

*А.И. Сечин, д.т.н., проф.,
Н.В. Пилипец, к.т.н., заведующий НПЛ «Чистая вода»,
А.П. Матвеев, главный инженер проекта «Чистая вода»,
Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
тел. 8(923)-421-29-97
E-mail: chemy@tpu.ru*

На территории Западной Сибири, единственным доступным источником питьевого водоснабжения являются подземные воды. Это связано с тем, что поверхностные воды являются экологически незащищенными от антропогенного воздействия, а заболоченность территорий способствует содержанию в поверхностных водах гуминовых веществ.

Использование подземных вод ограничено повышенной концентрацией ионов железа. Обогащение подземных вод железом происходит вследствие выщелачивания и растворения железистых минералов, запасы которых обнаружены на территории Западной Сибири.

Проблема использования подземных вод в большинстве регионов Западной Сибири заключается в том, что, наряду с повышенным содержанием ионов железа, подземные воды обогащены соединениями кремния и органическими веществами гумусового происхождения. Содержание указанных примесей способствует образованию коллоидной системы, обладающей повышенной устойчивостью к физико-химическим воздействиям, используемым в настоящее время в технологиях водоподготовки. При обработке вод такого состава снижается эффективность работы установок, и возникают проблемы получения качественной питьевой воды, соответствующей СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». Поэтому рассмотрение вопросов безреагентной очистки подземных вод с повышенным содержанием железа, кремния и органических веществ, является актуальным.

В процессе разработки мобильных водоочистных комплексов по программе «Чистая вода Томской области» решалась поставленная задача определения ресурсоэффективного способа очистки сложных вод с высоким содержанием коллоидных соединений в компактных установках, работающих в автоматическом режиме в условиях трудной доступности и ограниченного энергообеспечения.

В период с 2017 по 2021 год на территории поселений Томской области было установлено 147 водоочистных комплексов (ВОК) «Гейзер-ТМ». В технологической схеме очистки воды на ВОК «Гейзер-ТМ» применена многокомпонентная комбинированная система очистки, в которую включены процессы аэрации, озонирования, коагулирования, сорбции и обеззараживания ультрафиолетовым излучением. Причём, система коагуляции была встроена в ранее существующую технологию безреагентной очистки воды, основанной на озонировании водо-воздушной смеси, поступающей в бак-реактор установки в процессе аэрации.

Коллоидные системы на базе соединений гумусовых и кремниевых кислот имеют одноименные заряды [1]. Это обуславливает их стабильность за счет сил отталкивания между молекулами. Реагенты для коагуляции воды эффективно увеличивают концентрацию ионов в диффузном слое, способствуют его уменьшению и приведению мицеллы (коллоидной частицы с диффузным слоем вокруг нее) в изоэлектрическую форму. В таком состоянии гидрозоля коллоиды имеют нулевой заряд, а значит, нет препятствий к их сближению и формированию агломератов [2–4]. Процесс коагулирования начинается непосредственно в баке-реакторе установки в виде осаждения и завершается при отделении укрупненных частиц в процессе сорбции на напорных фильтрах.

В результате проделанной работы можно констатировать, что дополнение безреагентной технологии водоочистки ступенью коагуляции через дозирующее устройство полностью оправдалось.

В результате подключения дозирующего насоса с водным раствором коагулянта содержание общего железа в исходной воде было снижено с уровня 9,7 мг/л до нормативных требований 0,05 мг/л. Мутность > 5,0 мг/л, цветность >70 град. исходной воды были снижены до нормативных требований, соответственно 0,23 мг/л и 4 град.

Безреагентные методы электрокоагуляции, с технологической точки зрения, экономически более затратны в связи с высокой энергозатратностью метода и стоимостью электроэнергии в удаленных районах региона, но имеют большой социально-экономический эффект, сохраняя здоровье населению.

Список литературы:

1. Еременко Б.В. Устойчивость водных дисперсий микропорошков карбида титана в растворах электролитов / Б.М. Еременко, М.Л. Малышева, В.П. Самбур // Коллоидный журнал. – 1989. – Т. 51, № 1. – С. 25–35.
2. Малахова А.Н. Коллоидная химия / А.Н. Малахова. – Москва: Высшая школа, 1987. – 480 с.
3. Усъяров О.Г. Поверхностные силы в тонких пленках и дисперсных системах / О.Г. Усъяров, М.В. Серебровская. – Москва : Наука, 1972. – 52 с.
4. Шелудко А. Коллоидная химия / А. Шелудко. – Москва: Мир, 1984. – 320 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НИЗКОЧАСТОТНЫХ ВИБРАЦИЙ ПРОМЫСЛОВЫХ ТРУБОПРОВОДОВ ДЛЯ СОЗДАНИЯ НОВОГО МЕТОДА ДИАГНОСТИКИ

*Ю.С. Дубинов, к.т.н., доц.,
Ф.С. Кербников, студент гр. МО-19-05, А.А. Березняков, студент МД-19-01,
С.А. Савельева, студент группы МО-19-05
Российский государственный университет нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина,
119991, Москва, Ленинский пр-т., 65
тел. +7 (985) 261-77-17
E-mail: fedor.kerbnikov@gmail.com*

В настоящий момент для нефтегазовой промышленности остается актуальной проблема диагностики промысловых трубопроводов. Ежегодно в РФ происходит более 8000 аварий с разливами нефти, а это значит, что такая авария в среднем происходит каждые полчаса. Это наносит значительный экологический ущерб территории разработки месторождений. Добывающие компании несут ощутимые издержки из-за потери нефти из трубопровода, необходимости устранения последствий аварии и штрафа за нанесенный экологический ущерб. По оценкам Минэнерго около 70 % трубопроводов России работают за пределами допустимого срока эксплуатации, а 90 % аварий связаны с внутритрубной коррозией.

В настоящий момент для диагностики трубопроводов наибольшее распространение получили радиографический и ультразвуковой контроль. Данные методы доказали свою эффективность на магистральных трубопроводах, благодаря чему удалось снизить аварийность на магистральных трубопроводах до 10 аварий каждый год. Однако вышеперечисленные методы являются дорогостоящими, вследствие чего не применяются для диагностики промысловых трубопроводов малого диаметра, перекачивающих нефть от низкодебитных скважин в коллектор. Для снижения экономических издержек добывающих компаний и экологического ущерба в регионе разработки необходимо разработать новый метод неразрушающего контроля, который будет значительно дешевле существующих аналогов при сохранении высокой точности диагностики.

Трубопроводные системы при перекачивании флюида имеют собственную частоту колебаний 1–200 Гц. Была выдвинута гипотеза о возможности использования данного диапазона частот для проведения диагностики по аналогии с широко распространенным ультразвуковым контролем. Использование собственных вибраций трубопровода позволит исключить из процесса контроля дорогой генератор колебаний высокой частоты. Это, в свою очередь, позволит снизить стоимость диагностики, автоматизировать процесс диагностики при помощи размещения датчика по трубопроводу, получать данные о состоянии трубопровода в реальном времени и проводить диагностику без вывода объекта из эксплуатации, т. к. все оборудование размещено снаружи трубопровода. В случае трудностей с использованием собственных колебаний трубопровода, возможно применение генератора волн низкой частоты, который значительно проще и дешевле генератора волн высоких частот, что также позволит снизить стоимость диагностики [2].

Для проверки работоспособности гипотезы был разработан испытательный стенд, состоящий из рамы, на которую при помощи виброгасящих строп был подвешен испытательный стол. На столе размещен вибродинамик, создающий вибрации в заданном диапазоне. Под динамиком были размещены различные трубы с имитацией дефекта и без для сопоставления данных о распространении вибраций по трубам. Параметры вибраций были измерены при помощи датчика вибраций, который размещался на разном расстоянии от динамика. Сопоставляя данные по объектам без дефекта и с различным количеством дефектов были сделаны выводы о влиянии дефектов на распространение вибраций в сечениях трубы на различном расстоянии от источника колебаний.

На стенде были проведены испытания с трубами диаметром $\frac{1}{2}$ и $\frac{3}{4}$ дюйма. Каждая труба состояла из 3 или 5 секций трубы длиной 55 мм каждая. Секции труб соединялись муфтами. Были проведены исследования на трубах длиной 165 и 275 мм (три и пять секций соответственно). Для имитации дефекта в одном из муфтовых соединений создавался зазор. По полученным данным были сделаны выводы о:

- влиянии диаметра на распространение вибраций в бездефектных трубах;
- влиянии длины трубы на распространение вибраций в бездефектных трубах;
- влиянии одного дефекта и его расположения на распространение вибраций;
- а также влиянии двух дефектов и его расположения на распространение вибраций.

Таким образом было оценено влияние несплошности материала в сечении трубы на распространение вибраций по трубе. Из полученных данных можно сделать следующие выводы:

1. Метод может быть использован для диагностики трубопроводов малого диаметра, т. к. корректные данные показали все схемы испытаний.

2. Наличие дефекта в зависимости от положения дефекта и датчика можно обнаружить по смещению резонансной частоты и/или изменению амплитуды колебаний

3. Наличие в трубе двух дефектов значительно увеличивает амплитуду колебаний независимо от размещения датчика и дефектов

4. Наиболее показательными являются данные при размещении датчика на наибольшем расстоянии от источника колебаний. На основании вышеописанных выводов было принято решение о дальнейшей проработке метода. На данном этапе проведены испытания с трубами диаметром $\frac{3}{4}$ дюйма с коррозионными поражениями на внутритрубном пространстве. Трубы испытывались без коррозионных поражений, с коррозией, водо-заполненные на 0, 50 и 100 %.

В настоящий момент идет обработка полученных данных.

Список литературы:

1. Ключев В.В. Неразрушающий контроль и диагностика: Машиностроение, 2003.
2. Дубинов Ю.С., Кербников Ф.С., Савельева С.А. Березняков А.А. Метод неразрушающего контроля линейной части труб малого диаметра, осуществляемых путем оценки собственных низкочастотных вибраций // Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса ISSN 1999-6934.
3. Дубинов Ю.С., Кербников Ф.С., Савельева С.А. Разработка нового метода неразрушающего контроля нефтегазового оборудования наведенными низкочастотными вибрациями // Труды Российского государственного университета нефти и газа имени И.М. Губкина. – 2022. – № 1. – С. 107–119.

ИЗУЧЕНИЕ УСЛОВИЙ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО ОКИСЛЕНИЯ В СЛОЕ ЛЕСНЫХ ГОРЮЧИХ МАТЕРИАЛОВ

А.И. Сечин, д.т.н., профессор

Т.А. Задорожная, к.т.н., доцент

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

Практика показывает, что около 70 % всех пожаров возникает на вырубках. В лесном фонде Сибири за последнее время их накопилось более 10 млн га. [1]. Это позволило выделить стадии процесса зажигания лесных горючих материалов (ЛГМ). Было установлено, что определяющими являются стадии сушки и нагрева ЛГМ [2]. Установление и изучение условий низкотемпературного окисления в слое лесных горючих материалов является актуальным вопросом, рассматриваемым в данной работе.

Установка, на которой проводились исследования, представлена в [3–4]. Объектом исследования являлся мелко порезанный мох плотностью $0,09 \text{ г/см}^3$. Полученные результаты, отображающие тепловые эффекты, наблюдаемые внутри образца, представлены на рисунке 1. Температурные точки фиксировались каждые 3 минуты.

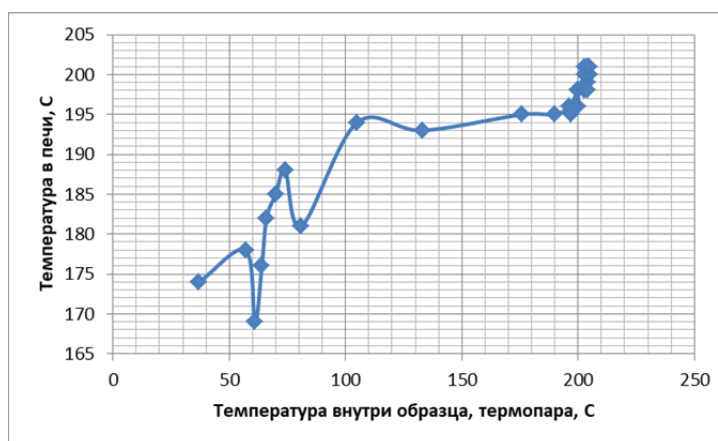


Рис. 1. График зависимости роста температуры в центре образца объемом 50 см^3 и плотностью $0,09 \text{ г/см}^3$, помещенного в нагретую термостатированную камеру при температуре в $184 \text{ }^\circ\text{C}$

Анализируя графическую зависимость, представленную на рис. 1 мы видим, что после помещения образца в нагретый объем ($184 \text{ }^\circ\text{C}$) он первые три минуты прогревается. Восстанавливается температура и в нагреваемом объеме, падение которой произошло в период помещения туда образца. Затем происходит падение температуры в нагреваемом объеме за счет испарения воды из верхних слоев образца. В самом же образце температура медленно продолжает расти. Начинает выделяться вода из середины образца, и температура на термопаре вновь падает.

Предварительно, на специальной установке, были проведены исследования объема и состава выделяемых газов из различных составов ЛГМ при скорости нагрева 1 градус в 60 минут . Анализ выделяемого газового состава осуществлялся на хроматографе Хром. Данные представлены на рис. 2.

Было установлено, что при $300 \text{ }^\circ\text{C}$ начинается диссоциация, с $350 \text{ }^\circ\text{C}$ начинается пиролиз. Так же установлено, что неравномерность температурного поля в образце приводит к тому, что начинает выделяться деготь, оксид и диоксид углерода. Оксид углерода начинает окисляться, что характеризуется ростом температуры на термопаре.

При достижении $194 \text{ }^\circ\text{C}$ наблюдается некоторое снижение температуры, что характеризует начало диссоциации дегтя и усиление окислительных процессов продуктов диссоциации. Этот процесс поднимает температуру в установке до $200 \text{ }^\circ\text{C}$. За этот период объем выделяемых паров и газов с $3,31 \text{ см}^3$ увеличивается до $40,25 \text{ см}^3$, окисление части которых приводит к росту температуры до $300 \text{ }^\circ\text{C}$.

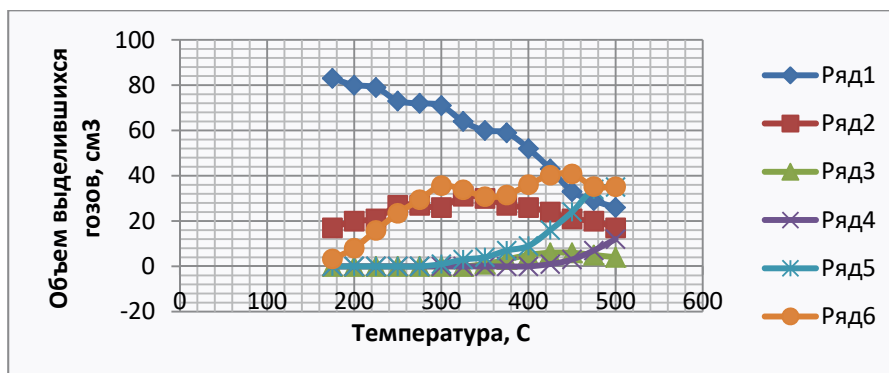


Рис. 2. Динамика выделения газовых фракций из ЛГМ при нагреве:
 Ряд1 – CO_2 ; Ряд2 – C_nH_m ; Ряд3 – CO ; Выход газов из образца: Ряд4 – H_2 ; Ряд5 – C_nH_{2n+2} ; Ряд6

Дальнейшее усиление процессов диссоциации, ведет к росту перечня углеводородных составляющих, которые в свою очередь, подвергаясь пиролизу и низкотемпературному окислению, приводят к дальнейшему росту температуры. За дальнейший рост температуры полностью отвечают процессы пиролиза, переходящие в пламенное горение.

В ходе проведения исследований, были установлены пять основных стадий состояния образца до его воспламенения:

- прогрев твердой фазы; в данный период параметры зоны зависят от температуры и теплопроводности образца;
- пиролиз, или зона образования горючей смеси в образце, в которой выделяемые летучие горючие вещества, смешиваются с окислителем;
- возникает газофазная реакционная зона, в которой развиваются процессы низкотемпературного окисления;
- образуется область в газовой фазе, в которой происходит превращение продуктов пиролиза в летучие продукты горения, выделяемое тепло накапливается и при достижении некоторой температуры возникает тление;
- при дальнейшем отсутствии теплоотвода и продолжением роста температуры, возникает пламенное горение.

Таким образом, при проведении данного исследования было установлено:

- при нагреве ЛГМ образуется смесь горючих газов с окислителем воздуха;
- при отсутствии теплоотвода, тепло может накапливаться, в некотором объеме, до опасных величин;
- избыток тепла является результатом низкотемпературного окисления продуктов пиролиза;
- при угнетении таких факторов окружающей среды как конвекция, влагоперенос, теплоотвод и некоторые другие, возникают процессы, приводящие к появлению пламенного горения ЛГМ.
- Установлена динамика выделения газовых фракций из ЛГМ при нагреве.

Список литературы:

1. Седых В.Н. Лесообразовательный процесс. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 2009. 164 с.
2. Защита населения и территорий от чрезвычайных ситуаций / под ред. М.И. Фалева. Калуга: ГУП «Облиздат», 2001. 480 с.
3. Чалдаева Е.И. Показатели оценки пожарного риска вероятных очагов возгорания лесных горючих материалов в Томской области / В сборнике Всеросс. науч-прак. конф. с международным участием: Рациональное природопользование – основа устойчивого развития. Грозный – Махачкала 2020. С. 384–388.
4. Чалдаева Е.И., Сечин А.И. Критерии определения пожарного риска очагов возгорания лесных горючих материалов в томской области под влиянием продуктов нефтепереработки / В сборнике: XXIII Всеросс. студ. науч.-прак. конф.

ХИММОТОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ ТВЕРДОТОПЛИВНЫХ СОСТАВОВ

А.И. Сечин, д.т.н., профессор

А.А. Сечин, к.т.н., доцент

И.Л. Мезенцева, ст. преподаватель

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

При разработке технологических процессов направленных на эффективное использование низкокалорийных углей, углеотходов и отходов деревообрабатывающей промышленности часто сталкиваются с дороговизной проведения необходимых исследований. Анализ показывает, что экономический эффект нередко бывает ниже чем затраты на разработку технологического процесса утилизации вторичных отходов. Это относится и к вопросам сжигания низкосортных углей и утилизации углеотходов, особенно при необходимости проведения огневых исследований режимов сжигания на пылевых горелках в котельных агрегатах. Порой модификация отходов перед сжиганием своей дороговизной останавливает даже перспективные исследования в этой области. Поэтому проведение химмотологических исследований по созданию новых эффективных топливных составов на основе низкокалорийных углей, углеотходов и отходов деревообрабатывающей промышленности, является актуальной.

Цель работы: Химмотологические аспекты получения высокоэффективных твердо-топливных составов на основе метода исследования низкокалорийных углей, углеотходов и отходов деревообрабатывающей промышленности.

Решение данной задачи связано с наличием больших объемов добываемого низкокалорийного угля и углеотходов. Теоретические основы химмотологии базирующиеся на положениях ряда фундаментальных наук, предопределяют возможность модифицирования данных объектов с расширением их физико-химических свойств, не исключая получения на их основе высокоэнергичных топлив. [1, 2]

Предлагается рассматривать химмотологическую систему как комплекс взаимосвязанных элементов, свойств, отношений, характеризующихся определенным функциональным предназначением, структурой, организацией и связями с другими системами, позволяющими получать основные технологические характеристики разрабатываемых топлив.

Наличие в топливе двух и более компонентов, меняющих физико-химические характеристики данной системы в динамике функционирующего процесса, существенно дополняют универсальную модель трехзвенной химмотологической системы [3]. В основе системы лежит конкретный исследуемый процесс – энергетическая эффективность твердофазного топлива, а структура системы задает общие рамки решаемой задачи – разработка композитных топлив для сжигания в факелах и установление условий данного процесса.

Химмотологическая система рассматривает способ определения соотношения топливных компонентов во взаимосвязанных этапах «топливо–горение–устройство зажигания», между которыми протекают процессы, определяющие эффективность функционирования системы. Модель универсальной системы показана на рис. 1.

Анализируя представленную систему, мы видим, что в ее основе лежит конкретный исследуемый процесс, а структура системы задает общие рамки решаемой задачи и основные ее условия.

Опираясь на положения теории горения, предложено изучать распространение фронта пламени по пылевому облаку с равномерно распределенными частицами.

В основу исследовательской установки положено разработанное устройство и методика [4, 5] позволяющие получать равномерно распределенные пылевые облака и наблюдать распространение по ним фронта горения. При этом необходимые объемы топливных компонентов – минимальны.

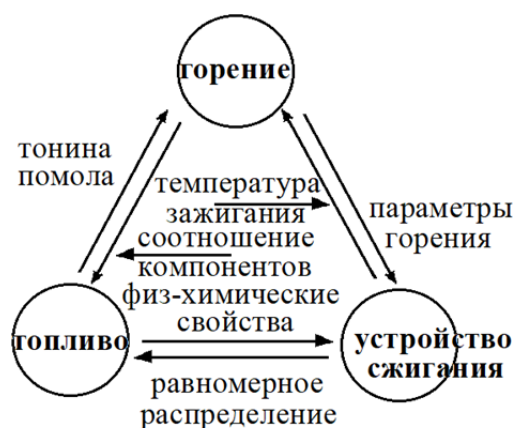


Рис. 1. Модель химмотологической системы «топливо-горение-устройство зажигания»

Образцы порошков угля, растительного материала и композитов были приготовлены на мельнице роликового типа РМ-10 из длиннопламенного угля (long flame coal) Кузнецкого месторождения и опилок сосны (Западная Сибирь). Эксперименты проводились на фракции 100-200 мкм, предварительно отсеянной на ситах.

Установлено, что закон аддитивности сформулирован для горючих веществ и материалов, не имеющих газовой фазы. Необходимо учитывать газовую фазу, которая выделяется в зону реакции не в результате изменения фазового состояния образца, а в результате термической деструкции. Это является основанием для проведения научного анализа и установления оценочной позиции в этом вопросе.

В результате проведенного исследования установлено, что композитные материалы, приготовленные механической обработкой смеси опилки «сосны – уголь», в которых большие частицы растительного сырья с внедренными в поверхность более мелкими частицами угля, при горении ведут себя также как и смеси с отдельным измельчением.

В смесях композитов с воздухом реализуется режим горения, картина которого соответствует картине горения газовых смесей.

Определен эффективный состав композитного топлива и показано, что, максимальное снижение величины концентрационного предела воспламенения наблюдается для состава «70 % угля – 30 % опилок».

Рассмотрены химмотологические аспекты получения высокоэффективных твердо-топливных составов на основе метода исследования низкокалорийных углей, углетоходов и отходов деревообрабатывающей промышленности.

Предложенный метод изучения подобных топливных систем, в режимах моделирующей работу факела, показал свою перспективность в обосновании компонентного состава и режима сжигания композитного топлива.

Список литературы:

1. Данилов А.М. Введение в химмотологию. – М.: Техника. ООО ТУМА ГРУПП, 2003. – 464 с.
2. Сафонов А.С., Ушаков А.И., Гришин В.В. Химмотология топлив для судовых энергетических установок. Эксплуатационные свойства нефтяных топлив. Требования к качеству. – СПб.: НПИКЦ, 2009. – 224 с.
3. Волгин С.Н., Лашхи В.Л., Гришин Н.Н. Задачи химмотологии. ISSN 1813–1166. Вісник НАУ. – 2009. – № 1.
4. Сечин А.И., Патраков Ю.Ф., Сечин А.А. Методика экспериментального определения пределов распространения пламени по пылевоздушным смесям// Горный журнал, 2017. № 12. С. 87–90.)
5. Sechin A.A., Patrakov Yu.F., Sechin A. Experimental Range Test of Flame Spread in Dust–Air Mixtures// Journal of Mining Science, 2019, Vol. 55, No. 3, pp. 494–498 DOI: 10.1134/S106273911903582X.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ ГОРЕНИЯ ЧАСТИЦ В ВОСХОДЯЩЕМ ТЕПЛОВОМ ПОТОКЕ

А.И. Сечин, д.т.н., профессор

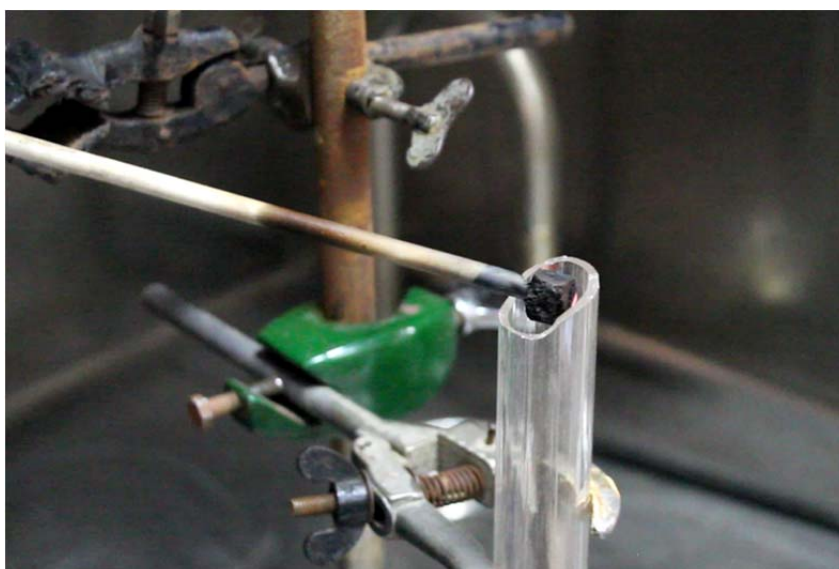
Т.А. Задорожная, к.т.н., доцент

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

При определенных лесорастительных условиях и синоптических ситуациях перед фронтальной кромкой крупных высокоинтенсивных пожаров образуются новые очаги горения. Они возникают в результате переноса горящих частиц (ветки, шишки, частицы коры и т. п.) конвекционными потоками на еще не горевшую площадь и пожар принимает форму пятнистого. Дальность переноса горящих частиц, по литературным данным, может достигать 200–300 м и более. В засушливую ветреную погоду на долю пятнистых пожаров приходится значительная доля площади, пройденной огнем, поэтому этот вопрос имеет большое практическое значение [1]. П.М. Матвеев установил, что форму пятнистости пожар принимает в том случае, когда его интенсивность такова, что образующийся над ним конвекционный поток может поднять и перенести горящие частицы, время горения которых достаточно для зажигания напочвенного покрова [2, 3].

Так как на возникновение, распространение и развитие лесных пожаров большое влияние оказывает ветер, поэтому исследование трансформации ветровых потоков пожаром – весьма актуальный вопрос. Ряд исследователей зажигания сосновой хвои потоком горячего воздуха, моделирующего условия горения лесного пожара, установили два режима воспламенения – поверхностный и газовый, что связано с температурой потока и его скоростью [4]. Поэтому задача изучения горения частиц лесных горючих материалов (ЛГМ) в восходящем тепловом потоке, имеет большое практическое значение.

Решение поставленной задачи осуществлялось на исследовательской платформе, позволяющей моделировать тепловые потоки с присутствием в них продуктов горения. В ее основу легли разработки авторов [5, 6]. Модуль сжигания, при определении времени горения образца заданной формы и размера в нагретом потоке воздуха, представлен на рис. 1. Процесс проведения опыта фиксировался на видеокамеру.



*Рис. 1. Исследовательская платформа по измерению времени горения образца.
Модуль размещения и сжигания образца*

Образец лесного горючего материала (ЛГМ) с размером ребра 8, а затем 10 мм, помещался в поток горючих газов. Термопара помещалась в центре образца. Расстояние от среза форсунки горелки до кубика 160 мм. Высота пламени горелки 80 мм. Кубик размещался в плоскости перпендикулярно основанию пламени. Иницируется тепловой поток и

регистрируются контролируемые показатели. График зависимости роста температуры в центре образца от времени индукции представлен на рис. 2.

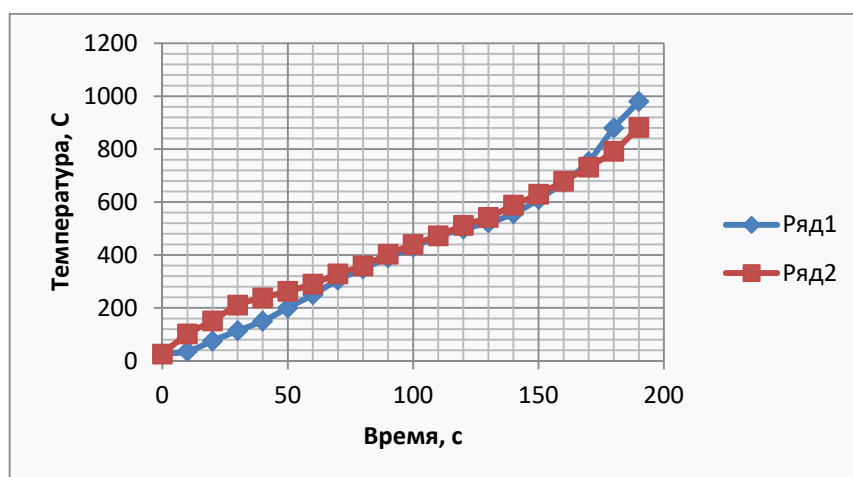


Рис. 2. График зависимости роста температуры в центре образца от времени индукции
Ряд 1 – кубик с ребром 8 мм. Ряд 2 – кубик с ребром 10 мм

Анализируя представленные данные, мы видим, что скорость горения кубиков одинакова. На временном отрезке в первые 50 с наблюдается несовпадение результатов, вызванное разной массой образца и некоторыми особенностями выделения влаги. Которая при испарении концентрируется на верхней грани куба, вводя погрешность в измерения термометры. На отрезке 170–190 с, наблюдается закономерное расхождение, вызванное более ранним сгоранием образца с ребром 8 мм.

Изучались образцы ели с сучком, диаметром 8 мм и длиной 10 мм, средняя масса – 0,25 г, так же изучались образцы ели без сучкового образования, диаметром 8 мм и длиной 10 мм, средняя масса – 0,18 г. Образец с сучком горит дольше, до 7,14 мин.

Если рассматривать время горения образца с сучком как время полета в тепловом потоке величиной в 315 с, при средней скорости потока 10 м/с, то предполагаемое расстояние может достигать 3150 м.

Список литературы:

1. Софронов М.А., Волокитина А.В., Софронова Т.М. Пожары в горных лесах. Красноярск, 2008. 388 с.
2. Софронова Т.М., Волокитина А.В., Софронов М.А. Оценка пожарной опасности по условиям погоды с использованием метеопрогнозов. – Институт леса. СО РАН. 2007. – С. 31–32;
3. Иванова Г.А., Иванов В.А. Пожары в сосновых лесах Средней Сибири. Новосибирск: Наука, 2015. 240 с.
4. Защита населения и территорий от чрезвычайных ситуаций / под ред. М.И. Фалева. Калуга: ГУП «Облиздат», 2001. 480 с.
5. Чалдаева Е.И. Показатели оценки пожарного риска вероятных очагов возгорания лесных горючих материалов в Томской области / В сборнике Всероссийской научно-практической конференции с международным участием: Рациональное природопользование – основа устойчивого развития. Грозный – Махачкала 2020. С. 384–388.
6. Чалдаева Е.И., Сечин А.И. Критерии определения пожарного риска очагов возгорания лесных горючих материалов в томской области под влиянием продуктов нефтепереработки / в сборнике: XXIII Всероссийская студенческая научно-практическая конференция Нижневартковского государственного университета. Нижневартовск, 2021. С. 235–239.

СЕКЦИЯ 7

ДИЗАЙН И ПРОЕКТИРОВАНИЕ В МАШИНОСТРОЕНИИ

ВАРИАНТЫ ДИЗАЙНА СУШКИ ДЛЯ ТЕЛА ЧЕЛОВЕКА

А.В. Антух, студент гр. 8ДМ11

М.С. Кухта, д.ф.н., профессор

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

тел. (3822) 444-555

E-mail: antuhavtpu@gmail.com

Целью данной работы является поиск креативного решения сушки для тела человека методом мозгового штурма.

Задачи соответствуют логике раскрытия цели:

- проведение мозгового штурма,
- оценка эскизных решений,
- разработка концептуальных эскизных решений.

Совместное обсуждение или мозговой штурм часто используют при создании нового оборудовании или любого иного продукта.

Метод мозгового штурма, или брейнсторминг (от англ. brainstorm), — это способ коллективного поиска решений для самых разных задач.

Целью мозгового штурма является получение нестандартных и эффективных решений в условиях ограниченного времени. Добиваются этого за счет генерирования максимального количества разнообразных идей в процессе совместного обсуждения в команде. [1]

Мозговой штурм эффективен при решениях, которые нуждаются в творческом подходе и ограничены по времени. Участники предлагают варианты, пришедшие им на ум, даже самые необычные. Все варианты учитываются, а затем обсуждается возможность или невозможность их воплощения. Нестандартные решения приветствуются и порой за ними стоят новые гениальные открытия. Ведь если бы постоянно модернизировали свечку, то не смогли бы придумать лампочку. Поэтому не стоит сразу вычеркивать идеи, которые на первый взгляд кажутся нереальными.

Для мозгового штурма нужно собрать в оговоренное время и место, удобное участникам и ознакомить с поставленной задачей. Важно не критиковать изложенные идеи, иначе человек может закрыться, а остальные не смогут в должной степени проявить себя, боясь негативного высказывания. Напротив, все должны задавать вопросы, развивать и дополнять идеи.

Когда все идеи собраны, можно переходить к их анализу и оценке. Здесь включается критическое мышление, размышляется подходит данное решение или нет. Отбираются самые лучшие варианты.

Для проведения мозгового штурма при создании сушки для тела были взяты студенты группы 8Д91 Национального исследовательского Томского политехнического университета Инженерной школы информационных технологий и робототехники, направление «Дизайн». Встреча была назначена в Zoom конференции.

Студентам было предложено объединиться в группы и создать эскизы сушки для тела человека.

Так как до этого они не встречали подобного устройства, им были предложено несколько фото аналогов сушки для тела человека.

На основании проведенного мозгового штурма (11 эскизов) были выбраны три варианта, которые представляются целесообразными по представленным в таблице технологическим характеристикам: форма, материал и функционал.

Оценка эскизных решений помогла взять за основу для разработки сушки для тела 3 идеи.

	Форма	Материал	Функционал
Кухтурцева Анастасия	4	4	4
Шукшина Ольга	5	5	5
Юсубова Софья	5	5	5

В результате были разработаны три концептуальные эскизных решения.

Заключение

Проведение мозгового штурма и совместное обсуждение, позволило выявить большое количество дизайнерских идей сушки для тела человека. Это позволило сделать выбор в пользу наиболее подходящих решений и разработать несколько концептуальных эскизных решений.

Список литературы:

1. Метод мозгового штурма: что это, зачем и кому он нужен и как «штормить» правильно. <https://www.forbes.ru/svoi-biznes/451003-metod-mozgovogo-sturma-cto-eto-zacem-i-komu-on-nuzhen-i-kak-stormit-pravil-no> режим доступа – свободный (дата обращения: 30.04.2022).
2. Промышленный дизайн: учебник / М.С. Кухта, В.И. Куманин, М.Л. Соколова, М.Г. Гольдшмидт; под ред. И.В. Голубятникова, М.С. Кухты; Томский политехнический университет. – Томск: Издво Томского политехнического университета, 2013. – 312 с.
3. Мокий М.С. Методология научных исследований : учебник для магистратуры / М.С. Мокий, А.Л. Никифоров, В.С. Мокий ; под редакцией М.С. Мокия. – Москва : Издательство Юрайт, 2019. – 255 с.
4. Кухта Мария Сергеевна. История искусств : учебник [Электронный ресурс] / М.С. Кухта; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). – 1 компьютерный файл (pdf; 4.9 МВ). – Томск : Изд-во ТПУ, 2010.
5. Кухта М.С. История и методология дизайн-проектирования [Электронный ресурс] : учебник: в 2 ч. / М.С. Кухта; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). – 1 компьютерный файл (pdf; 7.1 МВ). – Томск : Изд-во ТПУ, 2021.

СИСТЕМА ИНТЕРАКТИВНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ ИНФОРМАЦИОННЫХ УКАЗАТЕЛЕЙ

*А.К. Власова, студент гр. 4НМ11,
Научный руководитель: М.С. Кухта, д.фил.н., проф.,
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: akv2@tpu.ru*

Актуальность обусловлена отсутствием на российском рынке динамических интерактивных указателей, которые предоставляют гостям города или какого-либо мероприятия возможность проложить маршрут и быстрее сориентироваться на местности.

Цель работы – разработка промышленного дизайна корпуса интерактивного устройства для пространственного ориентирования в городской среде.

С помощью средств отображения информации человек получает осведомительную информацию. Для того, чтобы человек смог своевременно получить информацию, проанализировать её и принять решение, средство отображения информации должно быть спроектировано оптимально. Пользователь должен хорошо видеть информацию, при этом информация должна быть точной, полной и понятной.

Интерактивная визуализация данных – форма визуализации данных, при которой обеспечивается взаимодействие пользователя с системой отображения и возможность наблюдения за ответной реакцией системы. Главным преимуществом интерактивного средства отображения информации является то, что после взаимодействия с ним пользователь получит необходимую лично ему информацию.

Интерактивный информационный указатель позволяет указывать направление выбранных запросов с помощью вращения стрелок вокруг своей оси. Пользователю доступна панель на котором есть меню, из которого можно выбрать интересующую локацию. Также меню можно настроить и адаптировать к текущему времени года или суток, также и к месту, где установлен данный указатель.

Информационный указатель было бы актуально устанавливать в местах крупных конференций, это позволило бы участникам быстро найти интересующие их мероприятия, конференц-зал или места отдыха.



Рис. 1. Эскиз интерактивного динамического указателя

Крупные транспортные пересадочные узлы также могут быть местом установки интерактивных указателей. Пассажиры смогут найти места регистрации или посадки, терминалы и прочее. Также на табло можно в реальном времени выводить информацию о прибывающих или отправляющихся автобусах, поездах и самолётах. Интерактивные указате-

ли можно также использовать при организации и проведении различных спортивных и концертных мероприятий.

После изучения аналогов был сделан вывод о том, что на российском рынке нет автоматизированных интерактивных указателей, которые к тому же устанавливались бы на улице и выдерживали тяжелые погодные условия России. Было найдено всего два аналога: французский информационный указатель iGirouette и автоматический указатель направления Points. Данные указатели имеют ряд своих плюсов и минусов, которые были учтены при разработке проекта.

После обзора аналогов было создано собственное эскизное решение (рис. 1).

Для наглядности модель интерактивного динамического указателя была виртуально помещена в известный московский район «Москва-Сити».

Список литературы:

1. Инженерно-психологические требования к средствам отображения информации URL: <https://studfile.net/preview/4293296/page:14/>.
2. Навигационные столбы с подвижными указателями URL: <https://stendart-kt.ru/navigacionnye-stolby-s-podvizhnymi-ukazatelyami1.html>.
3. Интерактивный указатель на улицах Бруклина URL: <http://mart-museum.ru/2013/12/24/interaktivnyj-ukazatel/>.
4. Самый продвинутый знак URL: <http://pointssign.com/>.
5. «Умные» указатели направления украсят любой город URL: <https://hi-news.ru/technology/umnye-ukazateli-napravleniya-ukrasyat-lyuboj-gorod.html>.
6. Интерактивный цифровой указатель URL: <https://kiosksoft.ru/news/2013/10/02/4594>
7. Информационный указатель iGirouette URL: <https://www.hi-fi.ru/news/event/detail/igirouette-svetovoe-ustroystvo-opredeleniya-napravleniya-v-realnom-vremeni/>.
8. Дорожные указатели будущего URL: <https://www.proavtoday.ru/news/igirouette-road-signs/>.

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ПРИЁМЫ ГОРЯЧЕГО ЭМАЛИРОВАНИЯ

С.И. Галанин д.т.н., профессор,

И.В. Рыбакова, аспирант

Костромской государственный университет

г. Кострома, Россия, 156005, ул. Дзержинского, 17

E-mail: Irina.Rybakova.V@yandex.ru; sgalanin@mail.ru

В настоящее время наблюдается своеобразный ренессанс технологий горячего эмалирования при изготовлении ювелирных изделий. В определённой степени это объясняется наметившейся тенденцией роста продаж в премиум секторе украшений, связанных с кризисными явлениями в мировой экономике. Кроме того, производителям приходится в прямом смысле бороться за новые секторы потребления, например, за умы и кошелёк новых поколений молодёжи, которых можно привлечь только настоящими новинками с прорывным дизайном.

В последние годы в эксклюзивных и малосерийных ювелирных украшениях с горячей эмалью применяется большое количество технологий эмалирования и их сочетаний в одном изделии [1, 2]. При этом используются как технологии и приёмы, которые применялись на протяжении многих веков, так и наблюдается постоянное совершенствование и усложнение ряда операций, приводящих в итоге к появлению настоящих шедевров ювелирного дизайна [3–7]. Примерами могут быть украшения Моны и Алекса Сабадос (рис. 1), работы Ильгиза Фазулзянова (рис. 2).



*Рис. 1. Подвеска,
авторы Мона и Алекс Сабадос*



Рис. 2. Кольцо «Карпы», автор Ильгиз Фазулзянов

Рост числа используемых технологий и декоративных приёмов напрямую связан с внедрением новых технологий разработки материалов в ювелирное производство. При этом усилия могут быть направлены как на совершенствование металлического основания, так и на технологические изыски в области декоративных эмальерных техник.

Из методов создания ведущей конструкции из металла для последующей эмальерной технологии можно назвать: высокоточную лазерную и электроэрозионную обработку поверхности с целью формирования регулярной структуры или рисунков, 3D-выращивание металлической основы, использование металлической глины [8, 9].

Из декоративных эмальерных техник можно привести следующие примеры: использование графитовых и керамических карандашей, нанесение по глицерину, негативное изображение, создание росписи с 3D-эффектом, эвтектика эмалей, использование окалин, использование объёмных эмалевых вставок, смешение эмалей различных цветов, использование эмалевых нитей и эмалевой зерни и многие другие [2–7].

При классификации техник нанесения эмали становится очевидным, что большим потенциалом для внедрения новых технологий обладает именно область непосредственного эмалирования. При этом эмаль в ювелирных украшениях является той ведущей ча-

стью всего украшения, которая отвечает за итоговый дизайн [9]. Выбор техники нанесения эмали – это решение дизайнерской задачи.

Концептуально можно отметить следующие технико-технологические приёмы, позволяющие выдвигать и решать новые дизайнерские задачи.

Эмаль позволяет достаточно широко экспериментировать с её составом и добавлением дополнительных материалов для создания 3D-эффектов, свечения, зависимости цвета от температуры или других воздействий. Формирование на подложке регулярных и нерегулярных фактур, рисунков или фигур, придание ей дополнительных функций позволяет создавать интересные визуальные эффекты. Возможно использование декоративных вставок из металла или других материалов в толще эмалевого слоя; также замена их источниками света или носителями информации. С готовым эмалевым слоем можно экспериментировать, изменяя его структуру или создавая декоративные эффекты в его объёме с помощью лазера.

Необходимо рассматривать отдельно использование нескольких декоративных техник эмалирования в украшениях со смешением ювелирных стилей, что позволит использовать эклектику в дизайне изделий.

Таким образом, внедрение новых технологий, материалов и приёмов в область ювелирного эмалирования является перспективным направлением дизайна украшений. При этом дизайн-эксперименты можно условно разделить на:

- придание новых декоративных свойств самой эмали на этапе её прокладки;
- изменение свойств металлической подложки (основы), либо использование декоративных вставок из металла или других материалов;
- использование дополнительных источников внешнего воздействия на готовую эмаль в изделии (механических, оптических, звуковых, электромагнитных и др.) с целью получения новых декоративных эффектов.

Список литературы:

1. Музыкантова М.Э., Лебедева Т.В. Геометрический орнамент в дизайне ювелирных изделий с художественными эмалями // Технологии и качество. – 2021. – № 3(53). – С. 65–71.
2. Галанин С.И., Связева А.С. Декоративные эффекты при горячем эмалировании по фактурированной металлической основе // Дизайн. Теория и практика. – 2014. – Вып. 18. – С. 6–16.
3. Лебедева Т.В., Галанин С.И. Декоративные эффекты при горячем эмалировании: монография. – Кострома : Изд-во Костром. гос. технол. ун-та, 2016. – 99 с.
4. Лебедева Т.В., Сырейщикова О.Н., Галанин С.И. Получение оригинальных эмалевых вставок с миниатюрной росписью // Дизайн и технологии. – 2020. – № 80(122). – С. 64–70.
5. Лебедева Т.В., Сырейщикова О.Н., Галанин С.И. Получение финифти на рельефной эмалевой основе // Дизайн и технологии. – 2020. – № 78(120). – С. 52–59.
6. Лебедева Т.В., Сырейщикова О.Н., Галанин С.И. Новые технологии формирования финифтяных вставок : монография. – Кострома : Изд-во Костромск. госуд. ун-та, 2021. – 83 с.
7. Рыбакова И.В., Галанин С.И. Дизайн и технология в эмалях Ильгиза Фазулзянова // Технологии и качество. – 2022. – № 2(56). – С. 58–64.
8. Мэтьюс Г.Л. Эмали, эмалирование, эмальеры. – Омск: Дедал-Пресс, 2006. – 199 с.

УЧЕТ АНТРОПОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ (РОСТ) ЧЕЛОВЕКА ПРИ СОЗДАНИИ И МОДЕРНИЗАЦИИ ПРОМЫШЛЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Н.А. Дыров, студент гр. 4А91

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

тел. (3822) 701-777

E-mail: dyrov01@tpu.ru

При разработке промышленного оборудования не уделяется внимание особенностям людей которые в дальнейшем будут осуществлять работу. В качестве эталона приняты средние параметры роста у операторов:

- в России средний рост мужчины примерно 176 см, женщины 164 см;
- в США 175 см у мужчин, 161 см у женщин;
- в Европе 179 см у мужчин, 168 см у женщин.
- Работа оператора по энергозатратам относится к легкой (121–150 ккал/ч (140–150 Вт))

и по этому признаку подходит рабочее место для выполнения работ сидя. Однако работа оператора требует свободного передвижения в рабочей зоне. Рабочая зона, обусловленная технологически, превышает параметры рабочего места сидя. При производстве станочных работ в таком случае оптимальной рабочей позой является поза стоя. Она обеспечивает наилучшие условия для обзора, возможность перемещений и движений с достаточным размахом. Рабочая поза определяется характером выполняемых операций и расположением пультов непосредственно на станке.

Использование усреднённых значений роста оператора при проектировании оборудования может привести к ухудшению здоровья и в последствие приобретение профессиональных заболеваний.



*Рис. 1. Станок со стационарной высотой расположения монитора.
Высота станка 1760 мм, 1500 мм и 2667 мм соответственно*

На рис. 1 приведены стандартные станки используемые в промышленности где зона управления процессом обработки не адаптирована под индивидуальные параметры оператора. Стационарный компьютер закреплен на вертикальной панели, что может вызывать затруднения у операторов.

Человек с ростом выше среднего испытывает затруднения при работе за станком из-за постоянно согнутого положения. Положение, согнувшись, уже создает нагрузку на ваше тело. В теории длительное нахождение в таком положении может привести к ухудшению осанки, что является одной из главных причин болей в спине, шее и голове.

На некоторых вертикально фрезерных станках мониторы управления наоборот находятся слишком высоко, что создает проблемы у людей с небольшим ростом. Им приходится искать что-то, на что они могут встать, что влияет на рабочее время и на удобство работы оператора станка.

Решением проблем с разницей роста у людей, для станков с компьютерами встроенными в корпус, может стать гидро- или пневмо-платформа, которую рабочий сам сможет настраивать под себя перед началом работы. Устанавливаться она будет в полу перед станком. Если же установить платформу в пол в конкретном цеху не возможно в силу архитектурных причин, то предлагается переоборудовать рабочую зону, с переустановкой станков не на пол цеха, а на специальные возвышенные площадки, в которых будут установлены платформы.

Для станков, компьютеры на которых установлены на отдельной стойке, можно предложить перемещать компьютер непосредственно по этой стойке вверх и вниз.

Удобство рабочего – залог его продуктивной работы и как следствие – успех предприятия!

ДИЗАЙН-РЕПЛИКИ ИСТОРИЧЕСКИХ УКРАШЕНИЙ

Е.М. Зайцева

*Томский политехнический университет
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: emz3@tpu.ru*

DESIGN REPLICATIONS OF HISTORICAL JEWELRY

E.M. Zaytseva

*Tomsk Polytechnic University
30, Lenin Ave, Tomsk, 634050, Russia
E-mail: emz3@tpu.ru*

Аннотация: В данной статье приводится пример авторского осмысления исторического опыта создания реплики ювелирного украшения по картине с использованием бутафорских технологий, с целью достижения наибольшего соответствия оригиналу и исследованию семантики и исторического контекста данного украшения.

Ключевые слова: Мальтийский крест, Генриетта Мария Французская, реплика, бутафория, ювелирное изделие, брошь, литье.

Abstract: This article provides an example of a personal comprehension of historical experience and an attempt to recreate (create a replica) a piece of jewelry based on a painting using fake technologies, in order to achieve the greatest correspondence to the original and study the semantics and historical context of this piece of jewelry.

Keywords: Maltese cross, Henrietta Maria of France, replica, jewelry, brooch, casting.

В данной статье приводится пример авторского осмысления исторического опыта создания реплики ювелирного украшения по картине с использованием доступных, бутафорских технологий, с целью достижения наибольшего соответствия оригиналу и исследованию семантики и исторического контекста данного украшения.

Цель работы – воссоздание исторического украшения, броши в виде Мальтийского креста, с картины Антониса ван Дейка. Задачи: создание эскиза украшения, далее по нему создание 3D-модели, подбор материалов для замены натуральных бриллиантов и жемчуга, литье металла по выплавляемым моделям, сборка украшения.

В настоящее время, в век доступности информации, заинтересованность в изучении истории заметно возрастает. Объектом изучения данной статьи является картина «Портрет королевы Генриетты Марии» Антониса ван Дейка, фламандского художника, а точнее ювелирное украшение, изображенное на ней (рис. 1).



Рис. 1. Портрет королевы Генриетты Марии, Антонис ван Дейк, а также ювелирное украшение 1638

Рассматривая подробнее само украшение, изображенное на картине, можно увидеть, что брошь состоит из четырех внушительного размера бриллиантов, расположенных в форме креста. Изделие дополняют три бусины, одна из них – каплевидной формы.

Вся композиция размещена на основе, предположительно из золота. Целиком брошь представляет собой мальтийский крест – восьмиконечный крест, использовавшийся некогда могущественным рыцарским орденом госпитальеров.

Итак, переходя к созданию реплики данного украшения, нужно в первую очередь проанализировать исходные материалы и технологию изготовления оригинальной броши. Камни в броши имеют оригинальную огранку, нехарактерную для современных ювелирных изделий.

Для разработки реплики, точнее для лучшего понимания конструкции и технологии производства был создан эскиз броши, в котором приблизительно продемонстрировано расположение и крепление камней и жемчуга (рис. 2).



Рис. 2. Эскиз броши

Принимая это во внимание, можно переходить к проектированию процесса производства.

Первый шаг – создание чертежа и далее по нему 3D модели основы, закладывая место под камни, предусматривая их крепление, а также продумав крепление жемчужин.

Второй шаг – согласование модели, подбор материалов. Для основы будет выбран материал, имитирующий золото. Бриллианты в реплике – заменены на стеклянные кабошоны, вместо натурального жемчуга было решено использовать искусственный. Данный выбор обусловлен большей доступностью бутафорских материалов, чем оригинальных.

Производство основы было решено выполнить с помощью литья по 3d-моделям. Сначала создается мастер модель под литье, далее производится снятие силиконовых форм и литье металлом.

В результате работы будет создана 3D-модель ювелирного украшения, максимально соответствующая историческому изображению оригинала, а также физическая копия броши с картины Антониса ван Дейка. Также был сделан вывод о том, что применение такой технологии позволит популяризовать образы исторических украшений.

Список литературы:

1. Андреев А.Р. История Мальтийского ордена. XI–XX века. – М.: SPSL – «Русская панорама», 1999.
2. Габриэль Г.Н. Из истории ювелирного искусства: памятные, мемориальные и траурные украшения // Cyberleninka. 2010. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/iz-istorii-yuvelirnogo-iskusstva-pamyatnye-memorialnye-i-traurnye-ukrasheniya> (дата обращения: 25.09.2022).
3. Толмачева А.А. Традиции и обычаи Мальты // Cyberleninka. 2018. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/traditsii-i-obychai-malty> (дата обращения: 28.09.2022).
4. Кухта М.С., Соколов А.П., Пелевин Е.А. Известия вузов. Физика // Национальный исследовательский Томский государственный университет (ТГУ). – 2015. – т. 58, № 6–2.
5. Кухта М.С., Плотникова И.В. Особенности формообразования и технологии «Bijoux de fantaisie» // Дизайн. Материалы. Технология // Журнал. – 2011. – т. 4, № 19.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭРГОНОМИКИ РЕАБИЛИТАЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ МЕЛКОЙ МОТОРИКИ, ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ЗРИТЕЛЬНО-ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ПАМЯТИ ПО СРЕДСТВАМ СОМАТОГРАФИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

К.А. Ильинова, студентка гр. 8ДМ11
Ю.П. Хмелевский, старший преподаватель
Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: kai15@tpu.ru;

Применение соматографического анализа для исследования реабилитационного оборудования для мелкой моторики обусловлено созданием наглядного способа симуляции взаимодействия пациента с оборудованием. Соматографическая схема позволяет выявить конструктивные недостатки объекта исследования, проверить компоновку комплектующих и габаритные размеры, а также позволяет дать рекомендации оптимальной позы пользования.

Тренажер представляет собой планшет с 3 модулями для восстановления мелкой моторики, развития (восстановления) интеллектуальной деятельности, восстановления зрительно-пространственной памяти и развития творческой деятельности (рис.1). Тренажер предназначен для людей от 16 лет.

Первый модуль представляет собой традиционную головоломку, которая обрела популярность еще с 19 века – Ханойская башня. Данный модуль имеет 3 уровня сложности. Модуль способствует развитию мелкой моторики (при перемещении дисков разных диаметров и одевание их на башню), аналитических способностей (при разработки оптимального алгоритма для решения задачи).

Второй модуль представляет собой траекторию ложбинку в форме папоротника для тренировки координации движений. Движение по траектории может осуществляться как одной рукой, так и двумя руками одновременно.

Третий модуль представляет собой поле 3×3 на котором можно размещать бусинки-фишки. Этот модуль может быть использован двумя пациентами при игре в «крестики-нолики» или одним пациентам размещая фишки-бусины в ячейках, а затем продевая их на специальную иглу, тем самым развивая мелкую моторику и творческие способности.

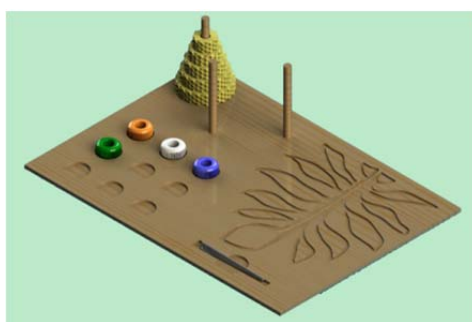


Рис. 1. Тренажер для восстановления мелкой моторики

Метод соматографического анализа представляет собой совокупность антропометрических данных, схематического изображения человеческого тела в различных позах и видах, а также позы человека при взаимодействии с различными объектами [3]. Метод соматографического анализ можно разбить на 3 этапа. Первый этап заключается в обрисовки манекенов соответствующих человеческой анатомии и антропометрии. Второй этап составление схем взаимодействия манекена с объектом исследования в одном масштабе и разных видовых проекциях. Третий этап является аналитическим, в нем производится анализ полученных данных и выдвигаются рекомендации к рабочей позе, рабочему месту, к доработки объекта исследования.

В ходе работы были составлены соматографические схемы, представленные на рис. 2. Манекены отрисованы согласно антропометрическим данным в соответствии с 95 мужским процентелям и 5 женским процентелям. Выбор таких антропометрических данных позволяет максимально расширить целевую аудиторию тренажера. На рис. 2, а представлен вид с верху, где зеленому цвету соответствует манекен 95 процентеля, а оранжевый соответствует пятому процентелю. Буквами обозначены следующие зоны: А – зона максимальной досягаемости; В – зона досягаемости пальцев при вытянутом плече; С – зона удобной досягаемости ладони; D – оптимальное пространство для грубой ручной работы; Е – оптимальное пространство для тонкой ручной работы. На рис. 2, б представлен вид сбоку в положениях стоя и сидя [1].

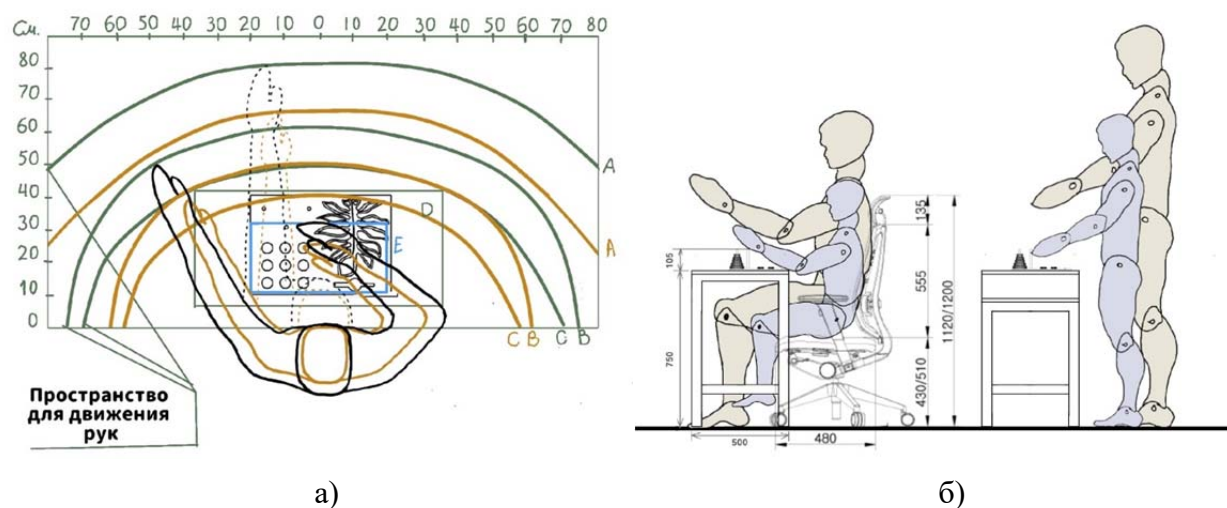


Рис. 2. Соматографические схемы

На рис. 2, а можно увидеть, что тренажер находится в зоне удобной досягаемости для обоих манекенов, более того модуль 3, требующий повышенной концентрации расположен в зоне Е (пространство для тонкой ручной работы).

На рис. 2, б можно увидеть, что для работы с тренажером в положении сидя сложно подобрать высоту стула (при стандартной высоте стола 750 мм) подходящую одновременно для 5 и 95 процентеля. В таком случае рекомендуется использовать стул с регулируемой высотой. В положении стоя манекену с 5 процентелям обеспечена комфортная работа с тренажером, в то время как манекену с 95 процентелям для взаимодействия с тренажером придется наклоняться, что увеличит нагрузку на спину и создавать дискомфорт. Таким образом, рекомендуется использовать тренажер в положении сидя, за исключением редких случаев.

На основании проведенных исследований методом соматографического анализа, были сформулированы рекомендации к использованию реабилитационного оборудования для восстановления мелкой моторики.

Список литературы:

1. Основы эргономики в дизайне среды. Часть I: учебное пособие / О.С. Шкиль. – Благовещенск: Изд-во АмГУ, 2010. – 164 с.
2. Душков Б., Королев А., Смирнов Б. Энциклопедический словарь: Психология труда, управления, инженерная психология и эргономика. – М. : «Академический проект, Деловая книга», 2005. – 848 с.
3. Соматография энергий [Электронный ресурс]. – URL: <https://clck.ru/ejxPW> (дата обращения: 05.04.2022).

ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЙ СЦЕНИЧЕСКИЙ КОСТЮМ

Р.И. Исагова, студент гр. 1Д02

А.П. Соколов, к.т.н., доц.,

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

тел. (3822) 60-63-06

E-mail: rii4@tpu.ru

Зачастую эффектные сценические образы ограничивают свободу движения артиста, доставляют физический дискомфорт при выступлении, из-за чего возникает проблема в сочетании удобства и красоты.

Целью работы является создание специфического костюма, который позволяет гармонично сочетать сценический образ и музыкальный инструмент, который всегда под рукой и им удобно управлять.

Костюмы, изображенные на рис. 1–3, получены путём преобразования необычных демонстрационных костюмов [1, 2, 3].



Рис. 1. Костюм (Вариант 1)



Рис. 2. Костюм (Вариант 2)



Рис. 3. Костюм (Вариант 3)

Костюмы, изображенные на рис. 1–3 представляют собой наряды с элементами различных электронных инструментов. Например, на рис. 1 представлен образ, сочетающий в себе части электрогитары, комбоусилителя и синтезатора. Все составляющие взаимодействуют друг с другом при помощи кабеля, вшитого во внутреннюю часть одежды. На рис. 2 образ ананаса с радиоантеннами и кнопками регулировки, базирующийся на каркасе-полусфере, также как и наряд на рис. 3 – прочный каркас в форме юбки. Через каркасные балки также будут проходить провода, благодаря которым все компоненты будут связаны друг с другом.

К достоинствам данных вариантов можно отнести уникальность и эффектность, но также есть и недостатки: вес, габариты, а также из-за расположения динамиков на теле – значительное шумовое воздействие на человека. Также костюмы, представленные на рис. 2, 3 ограничивают свободу движений. Все эти факторы противоречат поставленной цели удобства.

В Томском политехническом университете была проведена мини-конференция в рамках потоковой лекции, на которой было задано множество вопросов. Анализ вопросов показал следующее:

Важно использовать изоляционные материалы, заграждающие тело человека от электронных компонентов.

1. Чем больше вес изделия, тем больше он ограничивает длительность пребывания в таком костюме.

2. Такие инструменты требуют время для адаптации к ним, поскольку привычная постановка рук будет невозможна.

Самым подходящим вариантом является сочетание сценического костюма и экзоскелета [4]. Схема работы костюма с экзоскелетом приведена на рис. 4. Считывая движения рук или ног, эти сигналы подаются на компьютер для анализа и дальнейшей передачи заранее выбранных звуков на автономные от актера динамики.

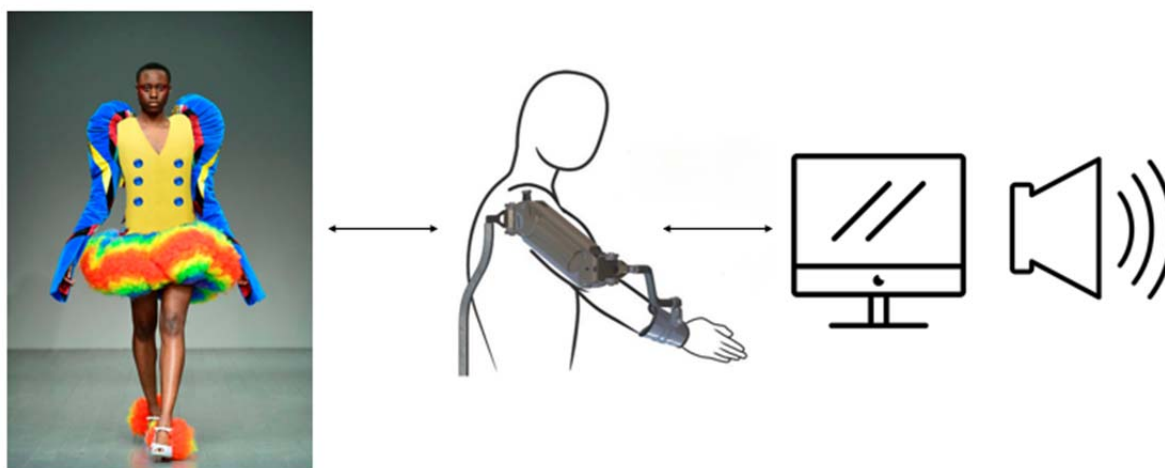


Рис. 4. Схема работы костюма (Вариант 4)

В образе, приведённом на рис. 4, нет недостатков в виде высокого веса и шумового влияния на человека, а к достоинствам можно отнести универсальность для множества костюмов, новизну, удобство и легкость управления, что является решением поставленной в ходе исследования проблемы.

Выводы

1. Костюмы с каркасом позволяют прочно удерживать музыкальные инструменты.
2. Наряды с вшитыми в одежду музыкальными инструментами влияют на вариативность производства, поскольку возникает необходимость использования прочных тканей.
3. Костюм, содержащий экзоскелет, скрытый под сценический наряд, даёт больше возможностей для артиста и больше впечатлений для зрителя.

Список литературы:

1. Paris fashion shows reveal latest line in massive headwear on it's way to a High Street near you [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://expressdigest.com/paris-fashion-shows-reveal-latest-line-in-massive-headwear-on-its-way-to-a-high-street-near-you> – свободный доступ.
2. Krotinfo [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://krot.info/otkrytki-i-pozdravlenija/101439-smeshnye-narjady.html> – свободный доступ.
3. Очень странная коллекция необычных вещей [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://funik.ru/funny-pictures/ochen-strannaya-kollektsiya-neobychnyh-veshhej-50-kartinok> – свободный доступ.
4. Носимая робототехника: экзоскелет [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://habr.com/ru/company/ruvds/blog/661367> – свободный доступ.

МЕТОДОЛОГИЯ ДИЗАЙН-ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ АДАПТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЗДОРОВЬЕ СБЕРЕГАЮЩЕЙ СВЕТОВОЙ СРЕДЫ

Е.Е. Козаченко, аспирант 1 курс, гр. А2-64
М.С. Кухта, научный руководитель, д. филос. н., профессор,
Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: eek18@tpu.ru
E-mail: kuhta@tpu.ru

Свет является жизненно необходимым фактором для здорового и полноценного развития представителей растительного и животного мира. С конца XX века, свет активно применяется в качестве терапии при лечении физических заболеваний кожи и легких, а также для нормализации кровообращения.

В связи с стремительным ростом технологий и средств информации, среди людей разной возрастной категории возрос уровень тревожности и стресса. Использование экранов гаджетов с синим светом, в особенности в вечернее время суток снижает уровень мелатонина, что приводит к проблемам циркадного ритма пользователя [1]. Снижается качества сна и в последствии и качество жизни. С данной проблемой сталкиваются не только жители больших городов, но и отдаленных северных районов, так как к проблеме нехватки качественного сна добавляется и отсутствие необходимого количество солнечного света для выработки витамина D, так как количество световых дней в северных регионов меньше чем в других регионах РФ.

Таблица 1
Количество солнечных дней по регионам Российской Федерации (2021 г.)

Регион	Город	Количество солнечных дней
Северо-западный Федеральный регион (СЗФР)	Мурманск	42
Центральный Федеральный округ (ЦФО)	Москва	87
Дальневосточный Федеральный округ (ДФО)	Магадан	105
Южный Федеральный округ (ЮФО)	Краснодар	182

Витамина D играет важнейшую роль при формировании иммунной и центральной нервной систем и профилактики хронических заболеваний щитовидной железы. При нарушении процессов нервной и иммунной систем ведет к отягощению психоэмоционального состояния человека – высокий уровень подверженности стресса, апатия, сонливость, тревожность, навязчивые мысли и т. д. [2]. Восполнение витамина D в Северных регионах возможно только с помощью специализированной диеты и пероральной терапии, так как для выработки суточной нормы естественным путем недостаточно ресурсов (солнца).

По данным исследования уровня витамина D в России среди населения разных регионов было выявлено, что недостаточность витамина среди мужчин составляет – 22,86 % и у женщин – 29,41 %, а дефицит витамина D у мужчин – 68,57 %, и у женщин – 52,65 %, что в свою очередь является серьезной проблемой для формирования здорового и активного контингента населения [3].

Предпосылками низкого уровня витамина D является неосведомленность населения в необходимости поддержания витамина D в норме. Также необходимо обозначить особенность витамина – это длительный процесс восполнения, так как период восполнения может варьироваться от нескольких месяцев до полутора лет. На срок восполнения влияют изначальный уровень витамина D и индивидуальные особенности организма.

В столь длительный период самочувствие пациента может сохраняться на уровне «неудовлетворительно» и «удовлетворительно» и значительно снижать качество жизни, за счет сохранения таких симптомов как апатия и сонливость, прежде чем уровень витамина войдет в норму. В процессе восполнения необходимого уровня витамина D особенно актуально применять световую терапию, направленную на урегулирование психоэмоционального состояния пользователя, за счет имитации солнечного света.

Применение света в качестве урегулирования психоэмоционального состояния позволит улучшить качество жизни жителей северных районов и мегаполисов. Особенно это важно при стремительном ритме жизни мегаполисов, так как такая терапия требует длительного лечения от трех и до 9 месяцев в году, в зависимости от региона проживания. Данная проблема актуальна, так как не каждый житель большого города готов посещать специализированные заведения, направленные на лечение психоэмоциональных недугов световой терапией. Исходя из этого, формируется необходимость в разработке дизайна универсального или коллективного аппарата, предназначенного для световой терапии в домашних условиях или в общественных заведениях (школы, детские сады, университеты, офисы, поликлиники, университеты, музеи, заведения общественного питания и т. д.) [4].

При разработке дизайна аппарата необходимо учесть следующие аспекты:

- Мощность светового потока и квадратуру помещения. Необходимо выявить количество и размеры световых элементов, от этого будет зависеть размер корпуса аппарата [5].
- Сценарии взаимодействия пользователя и аппарата. При разработке дизайна аппарата, необходимо учесть все возможные варианты взаимодействия между пользователем и объектом. Главная задача – это наладить абсолютную интуитивную коммуникацию между пользователем и объектом (интерфейсом).
- Формирование полного набора функционала объекта. Для формирования функционала объекта необходимо установить критерии, которым будет соответствовать дизайн будущего объекта. Критерии формируются исходя из вариантов сценариев взаимодействия пользователя и объекта.

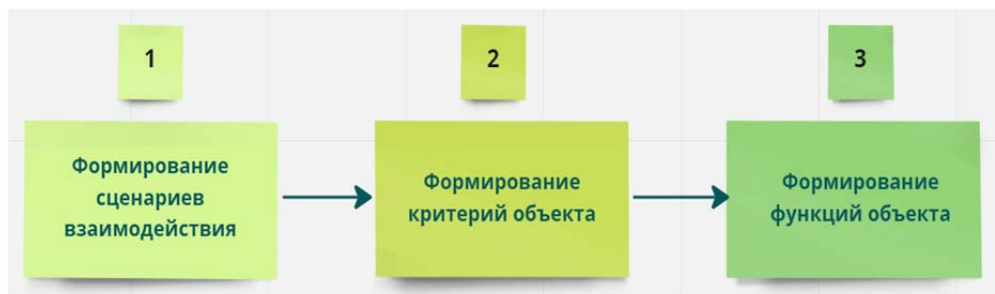


Рис. 1. Применение сценарного подхода проектирования

Список литературы:

1. Уолкер М. Зачем мы спим. Новая наука о сне и сновидениях. – М.: КоЛибри, 2018. – 480 с.
2. Дедов И.И., Мельниченко Г.А., Фадеев В.В. Эндокринология. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2012. – 432 с.
3. Суплотова Л.А., Авдеева В.А., Пигарова Е.А., Рожинская Л.Я., Трошина Е.А. Дефицит витамина D в России: первые результаты регистрового неинтервенционного исследования частоты дефицита и недостаточности витамина D в различных географических регионах страны / Проблемы эндокринологии 2021; 67(2):84–92.
4. Васильева М.О., Кухта М.С. Светодизайн интерьера: традиции и современность // Дизайн. Материалы. Технология. – 2018. – № 4 (52). – С. 35–40.
5. Кухта, М.С. Влияние врожденных моделей организации опыта на формирование визуальных образов // Известия Томского политехнического университета. – 2013. – т. 323. – № 6. – С. 227–230.

ТРАДИЦИИ РУССКОГО ЗОДЧЕСТВА КАК ПРООБРАЗ ЮВЕЛИРНОГО УКРАШЕНИЯ

А.А. Кузнецова, студент гр. 8Д01

*О.М. Утьев, кандидат технических наук, доцент ОМ, ИШНПТ
Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
тел. (3822) 444-555
E-mail: utievv@mail.ru*

Архитектура народов Руси насквозь пронизана их колоритом. Глядя на деревянную постройку предыдущих столетий можно определить местность, то, что почитали и чего боялись люди, жившие в ней [1].

Одним из самых выразительных элементов деревянного зодчества являются оконные наличники. Причины этого кроются в архетипическом сознании древоделов. О том, что к избе русские люди относились как к живому существу свидетельствуют антропоморфные и зооморфные названия её частей: пята, стопа – часть дверей, лоб – лобовая доска, очелье – (от слова «очи») окно, наличники – то, что находится на лице избы и т. д. [2]. С особым трепетом мастера подходили именно к оформлению последних, то есть – окон и наличников.

Если глаза – зеркало души, то окна действительно являлись своеобразным порталом в «душу» дома. Необходимо было обезопасить оконные проёмы от проникновения злых духов, поэтому на них размещали самые добрые и положительные знаки (рис. 1). Множество окон были под защитой солярных символов (кругов, полукружьев и ромбов на верхней части), символов земли внизу (разделенные на части, словно размежеванные фигуры), а также воды, пашни, семян и различных берегинь.



Рис. 1. Окно с наличником

Стоит отметить, что не только в архитектуре Руси окно играет особую роль. В готических храмах Европы оконные проёмы занимают очень незначительное пространство для того, чтобы внутри здания всегда царил полумрак. Он символизирует греховную тень людей, а небольшие потоки света – надежду на очищение души, посылаемую Всевышним. Художники, поэты и музыканты видели в этом элементе архитектуры светлую метафору надежды и мечтаний. Его образом пронизаны сюжеты европейских драматургов, полотен эпохи Ренессанса, серебряный век русской поэзии и прочие бесчисленные образцы мировой художественной культуры.

Поэтому использование образа окна в качестве сюжета для создания ювелирного украшения обосновано глубоким символическим смыслом, эстетической составляющей и обращением к традициям родной культуры.

В качестве технологии исполнения была выбрана горячая перегородчатая эмаль. Изделия, выполненные в данной технике отличаются особой красочностью и проработанностью [3].

В процессе разработки эскиза образ окна прошёл несколько стадий стилизации. Орнамент с каждой из сторон свёлся в общие формообразующие черты (рис. 2).



Рис. 2. Стадии стилизации образа окна

Наиболее оптимальными металлами для работы с эмалью являются чистые металлы [4]. В силу высокой стоимости серебра и золота выбор пал на листовую медь. Она стала основой для будущего украшения. После операций по подготовки основы следующим этапом является создание перегородок. Для этого была использована отожжённая медная проволока 0,75 мм. Работая с перегородками очень важно изогнуть их максимально чётко по контуру эскиза. От этого будет зависеть соответствие желаемого и полученного результата. Закрепление проволоки на медной пластине осуществляется при помощи клея БФ-6.

Далее был осуществлён процесс подготовки эмали. Удобнее всего заполнять украшение эмалью не в сухом виде, а в виде суспензии.

Процесс обжига эмали осуществляется в муфельных печах при температуре от 700 до 1000 градусов по Цельсию (в зависимости от тугоплавкости материала). В среднем изделие может выдерживать до 3-х обжигов, дальнейшие термические обработки уменьшают прочность эмали, провоцируют сколы и изменяют оттенки.

Дальнейшая обработка изделия необходима для устранения оксида меди, выделяющегося в виде чёрной плёнки [5]. Данный этап осуществляется при помощи серного раствора. При необходимости изделие полируется.



Рис. 3. Готовое изделие

Заключительной стадией процесса стало присоединение медной булавки с обратной стороны украшения для крепления к одежде.

Результатом проделанной работы стала эмалевая брошь в виде главного элемента деревянного дома на Руси – узорного окна (рис. 3). За стеклами окон всегда теплился огонёк домашнего очага, также как за стекляшками цветной эмали на груди может таиться свет души их носителя.

Список литературы:

1. Попович В.М. Мировоззрение древних славян. Наукова думка. Киев – 1985. – 157 с.
2. Славянские символы и их значение [Электронный ресурс] / – Электрон. текстовые дан. – Режим доступа: veles.site, свободный.
3. Кухта М.С., Пустозёрова О.Л. Влияние дизайна ювелирного украшения в этно-стиле на выбор материалов и технологий // Дизайн. Теория и практика сетевое научное издание: – 2013. – Вып. 12. – С. 1–8.
4. Флеров А.В., Демина М.Т. Техника художественной эмали, чеканки иковки. Высшая школа. Москва. 1986 – 120 с.
5. Кухта М.С., Соколов А.П., Пустозёрова О.Л. Технологии обработки поверхности в ювелирном дизайне // Известия вузов. Физика научный журнал: / Национальный исследовательский Томский государственный университет (ТГУ). – 2013. – Т. 56, № 12–2. – С. 155–159.

ОСОБЕННОСТИ НЕЙТРАЛЬНОГО ПОЛОЖЕНИЯ ТЕЛА ЧЕЛОВЕКА В УСЛОВИЯХ МИКРОГРАВИТАЦИИ

А.В. Куклина, аспирант гр. 3-А1-64

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

тел. (3822) 606-333

E-mail: 20108912@mail.ru

Известно, что космические полеты вызывают физиологические и психологические изменения в организме человека. Из-за отсутствия гравитации происходят нарушения функционирования органов чувств человека, перераспределение жидкости в организме, мышечно-скелетная деформация, неврологические и когнитивные нарушения. Изученные в условиях гравитационного поля Земли антропометрические параметры, физические и психические особенности организма, а также способы взаимодействия с предметами и объектами труда во многом отличаются от космической реальности, в которой присутствуют такие факторы как излучение, невесомость, ограниченные объемы пространства, вибрации и др.

В результате отсутствия воздействия гравитационного поля Земли происходит перераспределение жидкости в организме из нижней части тела в верхнюю. Это проявляется в виде отека лица и уменьшением объема ног [1]. Также длительная невесомость влияет на размер человеческого тела. В условиях невесомости, когда сила тяжести тела, направленная вниз, теряется, позвоночник будет удлинён, размер верхней части тела также увеличится, а общая высота изменится примерно на 3 % [2]. В условиях микрогравитации скелетные мышцы страдают от таких проблем, как атрофия и потеря костной массы, что приводит к снижению мышечной силы. Особенно это заметно в нижней части тела, поскольку ноги становятся фактически излишними [1]. Изменяется весь центр масс человеческого тела, а также способность к физическим упражнениям и выполнением тяжелой работы на станции. Когда люди долгое время находятся в условиях микрогравитации, их кости будут расти из-за недостатка веса. Потеря веса приведет к снижению плотности костей в нижней части тела, а плотность костей черепа увеличится. Это явление связано с тенденцией к тому, что жидкость в организме концентрируется в области головы. Из-за изменения метаболизма костной ткани будет потеряно большое количество кальция [2].

Когда тело человека в космосе расслаблено и не подвергается никаким внешним силам, то принимает определенное нейтрально положение. Эта нейтральная поза тела однозначно отличается от позы в условиях гравитации. Ранние проекты оборудования для космических полетов были основаны на формах тела и позах в среде земного гравитационного поля (вертикальное и сидячее положения). Однако обустройство космических кораблей по эргономическим требованиям, используемых в обычных земных условиях, вызывало усталость и дискомфорт у космонавтов. В новых конструкциях систем (компьютерные консоли, скафандры) используется оценочная модель нейтрального положения тела человека в микрогравитации для оптимальной производительности и комфорта (рис. 1) [3].



Рис. 1. Нейтральные позы тела в космической деятельности

В нейтральном положении тела у человека наблюдается подошвенное сгибание лодыжки, сгибание тазобедренных и коленных суставов, небольшое отведение бедер, малое сгибание туловища вперед, движение головы и конечностей к середине направления движения, шея наклоняется вперед, а плечи, руки и локти поднимаются вверх (рис. 2) [2]. Известно, что по данным эргонометрическим показателям проектируются водительские сиденья в коммерческой автомобильной промышленности [3].

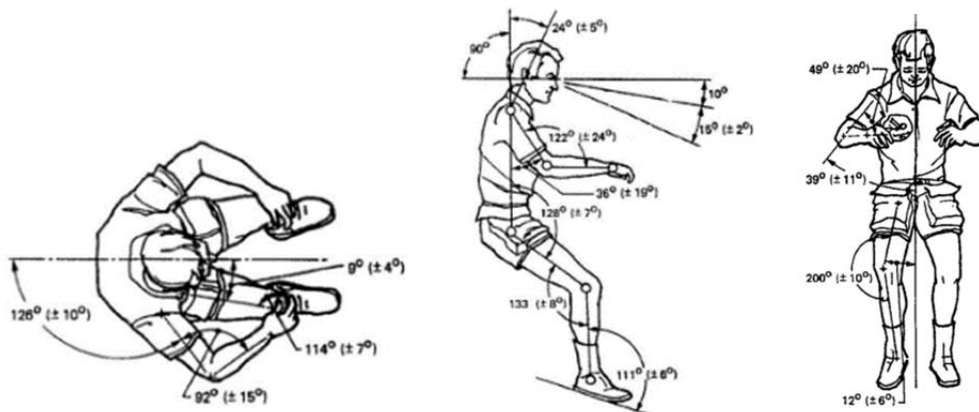


Рис. 2. Нейтральная поза в условиях микрогравитации

В невесомости человеческое тело полностью расслаблено. При воздействии земной гравитации наилучшая зона видимости в вертикальной плоскости расположена на 15° – 45° ниже горизонтальной линии взгляда, а эффективная зона обзора расположена на 0° – 75° ниже горизонтальной линии взгляда. В условиях микрогравитации при нейтральном положении тела зона видимости смещается вниз на 15° из-за изменения расположения основной линии взгляда [2]. В невесомости данные показатели являются особенно актуальными для процесса взаимодействия человека и компьютера, где неправильное расположение экранов и органов управления повлечет за собой увеличение времени на выполнение задачи, а также снижение эффективности работы.

Для комфортного и безопасного нахождения людей в космическом пространстве необходимо учитывать изменения, происходящие в человеческом теле в невесомости. Отсутствие гравитационного поля Земли приводит к различным деформациям и нарушениям в организме человека, что, безусловно, представляет опасность для его здоровья.

Из этого следует, что рассмотрение особенностей эргономики в невесомости способствует более правильному проектированию и конструированию устройств для работы в космическом пространстве. В результате это может положительно повлиять на обеспечение безопасности экипажа и его адаптации к условиям микрогравитации, а также на сокращение времени и увеличения скорости выполнения задач, снижения затрат на техническое обслуживание.

Список литературы:

1. Hodkinson, P.D. An overview of space medicine / P.D. Hodkinson, R.A. Anderton, B.N. Posselt, K.J. Fong. – Text : electronic // British Journal of Anaesthesia. – 2017. – Vol. 119. – P. 143–153.
2. Pengyan, Liu. Human Ergonomics Study in Microgravity Environment / Liu Pengyan, Zhou Dong, Xue Long, Li Yuan. – Text : electronic // MATEC Web Conf. – 2018. – Vol. 221.
3. Han Kim, K. Neutral Body Posture in Spaceflight / K. Han Kim, K.S. Young, S.L. Rajulu. – Text : electronic // Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting. – 2019. – Vol. 63. – P. 992–996.

ХУДОЖЕСТВЕННОЕ ЭМАЛИРОВАНИЕ В СОВРЕМЕННОМ ЮВЕЛИРНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

*Т.В. Лебедева, к.т.н., доц.,
М.Э. Музыкантова, аспирант
Костромской государственной университет,
156005, г. Кострома, ул. Дзержинского, 17
E-mail: letavi44@mail.ru*

Художественное эмалирование является одной из базовых технологий ювелирного производства, расширяющей арсенал художественных средств и приёмов реализации авторских идей, создающей уникальные цветовые сочетания, обладающие яркой индивидуальной выразительностью. Традиционно для декорирования ювелирных изделий используется горячая эмаль – красивое прочное стекловидное покрытие, наносимое на поверхность металлического изделия и закрепляемое обжигом. Тем не менее, горячее эмалирование – достаточно дорогой, сложный и кропотливый процесс, требующий тщательной подготовки декорируемой поверхности и эмалевых составов [1, 2].

Растущий потребительский спрос актуализирует применение холодных эмалей, обладающих богатейшими колористическими возможностями по декорированию ювелирных изделий. Популярность использования холодных эмалей в ювелирном производстве обусловлена следующими преимущественными отличиями от техники горячего эмалирования: простота и технологичность процесса; хорошая адгезия к любым металлам и сплавам, а также к основам из неметаллических материалов; возможность смешивать цвета для получения новых однородных оттенков; возможность получения покрытия без использования высокотемпературного оборудования; возможность быстрого удаления эмалевого слоя; возможность массового производства большими тиражами изделий. В настоящее время в ювелирном производстве для декорирования изделий широко используются следующие виды холодных эмалей: холодная двухкомпонентная эмаль, светоотверждаемая эмаль, теплоотверждаемая эмаль [3]. Сравнительная характеристика холодных эмалей приведена в табл. 1.

Таблица 1

Сравнительная характеристика холодных эмалей

Параметр сравнения	Двухкомпонентная эмаль	Светоотверждаемая эмаль	Теплоотверждаемая эмаль
Материал покрытия	Эпоксидная смола + отвердитель	Активатор + эмаль	Мелкозернистый полимерный порошок
Принцип образования покрытия	Отверждение жидкого состава за счёт химической реакции	Отверждение жидкого состава за счёт воздействия УФ-света	Расплавление состава за счёт воздействия температуры
Обратимость процесса образования покрытия	Необратимый процесс, твердое покрытие невозможно вернуть обратно в жидкое состояние	Необратимый процесс, твердое покрытие невозможно вернуть обратно в жидкое состояние	Твёрдое покрытие можно расплавить повторным нагревом
Техники нанесения	Перегородчатая, выемчатая, витражная, живописная, объёмная	Перегородчатая, выемчатая, витражная (сложно), живописная (сложно), объёмная (сложно)	Нанесение на простую горизонтальную поверхность металлической пластины без перегородок
Принцип нанесения	Заполнение ячейки до краев за один подход с разовым отверждением	Заполнение ячейки тонкими слоями с промежуточным отверждением до достижения необходимой высоты слоя	Равномерное нанесение порошковой эмали

Оборудование для закрепления покрытия	Не требуется или источник нагрева до 90 °С	Источник УФ-света	Муфельная печь / электрическая индукционная печь и т. п.
Удаление эмали	С помощью растворителя	Механический способ, выжигание	Нет информации
Палитра эмалей. Возможность смешивания цветов	Очень широкая, с возможностью смешивания цветов для получения новых оттенков	Достаточно широкая, с возможностью смешивания цветов для получения новых оттенков	Ограниченная, смешивание цветов невозможно
Ассортимент эмалей			
Непрозрачная	+	+	+
Прозрачная	+	+	+
Неон	+	+	-
Перламутр	+	+	-
Металлик	+	-	+
Глиттер	+	-	+
Фосфоресцентная	+	-	-
Хамелеон	-	+	-
Текстурная	-	-	+
Стоимость [4]	Низкая: от 9,8 руб./г	Высокая: от 1038 руб./г	Низкая: от 27 руб./г
Производители	<i>Visa Colori, Nicem, Eurotecnica, Bright u др.</i>	<i>Colorit</i>	<i>Efkocolor</i>

По результатам сравнения можно сделать вывод о следующих преимуществах двухкомпонентных эмалей перед другими видами холодных эмалей: удобство и простота подготовки эмалевого состава, простота нанесения эмали в один этап; возможность нанесения эмали различными техниками; для отверждения покрытия не требуется дорогостоящее оборудование, возможно отверждение при комнатной температуре; относительно быстрое и простое удаление эмалевого покрытия с изделия без повреждения его поверхности, с использованием доступных растворителей; широкая палитра эмалей по цвету, прозрачности, дополнительным эффектам и добавкам; возможность смешивать цвета для получения нового однородного цвета; относительная низкая стоимость материалов; ассортимент эмалей представлен несколькими производителями, материалы доступны в продаже.

Из недостатков холодной двухкомпонентной эмали следует отметить внешний вид покрытия, немного уступающий идеальному гляncy горячей эмали, а также невысокую твердость, которая со временем приводит к потускнению блестящего эмалевого покрытия. Однако производители данных компаундов постоянно работают над улучшением качества эмалевых составов, совершенствуя их эстетические и прочностные характеристики.

Несмотря на широкий перечень преимуществ холодных эмалей, прекрасные декоративные и прочностные свойства горячих эмалей остаются непревзойденными. Поэтому на данном этапе промышленного развития в современном ювелирном производстве горячее художественное эмалирование продолжает быть незаменимым способом декорирования эксклюзивных ювелирных изделий, люксовых украшений, выпускаемых небольшими тиражами. Применение холодных эмалей целесообразно при изготовлении широкого ассортимента современных ювелирных изделий массового производства и бижутерии.

Список литературы:

1. Лебедева Т.В., Проничев И.Л. Технология художественного эмалирования: учеб. пособие. – Кострома: Изд-во Костром. гос. технол. ун-та, 2010. – 64 с.
2. Бреполь Э. Художественное эмалирование: пер. с нем. – Л: Машиностроение, 1986. – 186 с.
3. Галанин С.И., Лебедева Т.В. Защитно-декоративные покрытия в ювелирном производстве: учеб. пособие. – Кострома: Изд-во Костром. гос. технол. ун-та, 2014. – 138 с.
4. Сапфир. Ювелирный технопарк: офиц. сайт. 2022. URL: <http://www.sapphire.ru> (дата обращения: 20.08.2022).

ФРАКТАЛЫ КАК МЕТОД ДИЗАЙН-ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Е.С. Лобастова, студент гр. 8Д01

М.С. Кухта, д.филос.н., профессор

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

тел. (3822) 444-555

E-mail: esl22@tpu.ru

Как известно, впервые термин «фрактал» был употреблен Бенуа Мандельбротом в 1975 году и образован от латинского слова *fractus* – фрагментированный, неправильный по форме, дробленный, сломанный, разбитый. Если быть точнее фракталы – это сложная пространственная форма, которая может быть как упорядочена, так и хаотична. А именно такая особая форма виденья, способ познания мира и вселенной через закономерные формы.

Во все времена люди стремились к изображению совершенных форм, которые будут наиболее приятны восприятию глаз человека, передавать в образе фундаментальные идеи, заложенные в природе человека, средствами создания композиционных и колористических решений [1]. Именно этот принцип находит отображение в структуре фрактальных форм. Благодаря этому, фракталы как метод проектирования используются в разных сферах деятельности: архитектура, дизайн.

В промышленном дизайне ключевую роль играет этап формообразования, а именно от какой формы отталкивается дизайнер, проектируя бытовые объекты. Существует множество методов построения модели трансляции структур, передающий единство человека и мира, которые позволяют закладывать в процесс визуализации символику и вне – личностную структуру, влияющую на специфику восприятия образов человеком. Фрактальная геометрия в дизайне позволяет создавать образ бытовых предметов, как «единого организма» в эстетике свободной и совершенной формы. Формообразование на основе фракталов позволяет не только создавать зрительный образ для определенной целевой аудитории, но и привнести в него эмоционально – эстетическое состояние, которое дополняет ощущение о предназначении, стабильном существовании в жизни и прочной связи с тем или иным контекстом времени [2].

На основе данного метода проектирования было разработано эскизное решение посуды и упаковки для обедов в самолете (рис. 1). Основным контекстом в разработке является русско-народная культура, традиционные формы посуды и использование символики в орнаментах. Как известно, на Руси использовались орнаменты, как символика, которая защищала тело и дух человека, орнаменты наносили на одежду, бытовые предметы: полотенца, скатерти, в том числе и на посуду, из которой принимали пищу.

Узелок

Современная скатерть самобранка - узелок с собой в дорогу
Материалы: Пластик / стальные декоративные элементы
Набор: Горшочек под горячее, салатник, стакан, хлебница, бокс с приборами, узелок-бокс.
Посуда имеет подвижные элементы в виде складывающейся крышки с замком.

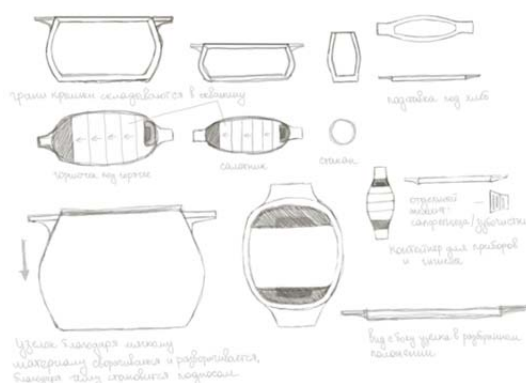


Рис. 1. Эскизное решение комплекта посуды для самолета

Помимо символики и традиций, которые были взяты в основу формообразования форм посуды, большую роль в процессе эскизирования сыграло аналоговое исследование, как уже существующих упаковок еды на борту самолета, так и аналогов по типу подобию образования фрактальных структур из орнаментов и узоров. Это позволяет лучше анализировать метод проектирования, по внедрению фрактальных структур в формообразование элементов и образа объекта [3].

Так для основной формы посуды, была взята традиционная форма русско-народных ковшей, горшков, утятниц для горячей пищи. В основе приборов и стаканов лежит особенности русско-народных деревянных ложек, которые имели вытянутую рукоять, скругленный, выпуклый кончик и небольшое черпало округлой формы. В качестве формообразования от фрактальных структур, был разработан дизайн декоративных элементов для посуды, которые имеют металлическое основание внутри прозрачного материала. Элементы представляют собой круговую композицию русско-народного орнамента, который по традициям народа считался оберегом от сглаза и порчи, что могло накладываться на пищу (рис. 2).



Рис. 2. Орнамент на примере декоративных элементов

Данный комплект посуды имеет дополнительный функционал по совмещению с современными традициями применения ланч-боксов, так, например, крышка каждой чаши складывается и убирается в прорези.

Ключевым образом для данного комплекта был выбран старый, добрый узелок, который собирали путники с собой в дорогу, складывая пищу в лоскут ткани и завязывая его на узел через палку. Современное прочтение узелка находит отображение в формообразовании упаковки данного комплекта. За счет фрактальной структуры в орнаменте, упаковка имеет дополнительный функционал: поднимаясь и закрывая весь комплект, а также раскладываясь на плоскость столика в самолете.

Данное современное прочтение искомым русским форм посуды позволяет произвольно знакомить гостей, прибывающих в Россию самолетом, с нашими традициями, колоритом и особенностями нашей культуры.

Список литературы:

1. Кухта, М.С. Влияние врожденных моделей организации опыта на формирование визуальных образов // Известия Томского политехнического университета. – 2013. – Т. 323. – № 6. – С. 227–230.
2. Петушкова Т.А., Белгородский В.С. Фрактал как система концептуального анализа визуально-графических коммуникаций модных брендов // Научный журнал «Костюмология», 2019. № 3.
3. Соколов А.П., Кухта М.С. Математическое моделирование в бионическом дизайне // Труды Академии технической эстетики и дизайна. 2016. № 1. – С. 17–21.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ДИЗАЙН КОФЕМОЛКИ

*М.С. Манапова, студент гр. 4НМ11,
Научный руководитель М.С. Кухта, д.ф.н., проф.
Томский политехнический университет
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: msm25@tpu.ru*

Для хорошего кофе дома необязательно иметь дорогую кофемашину. Любители этого напитка понимают, что вкус зависит не только от сорта и обжарки, но и от помола.

Рассмотрев все существующие виды кофемолок, было сделано решение: требуемая кофемолка будет жернового типа. О достоинствах жерновых кофемолок можно говорить долго – это и качественный помол без вреда для будущей чашки напитка. Несколько их преимуществ перед остальными типами: однородный помол, долговечность, мощность, возможность перемены ступеней помола.

После составляем список требуемых функциональных характеристик:

1. Сборка и разборка корпуса должна быть простой для обычного пользователя, минимально затратным по времени.

2. Кофемолка должна иметь функцию термозащиты, отключающую прибор когда температура жерновов выходит за рамки рабочей.

3. Смена ступеней помола должна осуществляться легко и безопасно как для пользователя, так и для механизма машины.

4. Блокировка машины: без установленной крышки устройство не сработает.

5. Дозирование порций. Осуществляется рычагом, зависит от степени помола и сорта кофе.

6. Должна быть целостной, соответствовать минимальным требованиям эргономики, общей стилиевой направленности.

7. Разработка конструкции корпуса должна быть нацелена на виброгашение, использование материалов, максимально их поглощающих.

8. Детали не должны иметь сложные процессы изготовления, приветствуется простота форм и конструкции.

9. В цветовом решении используются преимущественно холодные оттенки, передающие крепость напитка, и способные подойти практически к любому дизайну кухни.

Учитывая требования, создадим эскиз кофемолки (рис. 1).



Рис. 1. Эскиз кофемолки

Корпус разборный, состоит из основной части и ящика для хранения шнура. Емкость для зерен почти спрятана в корпусе, а емкость для порошка имеет большой объем, т. к. необходимо было спрятать отверстие непосредственно для рожка кофеварки. Так же эту емкость можно использовать для хранения готового порошка. Дозатор порций переключается с помощью рычага на боковой поверхности кофемолки. Ступени переключаются с помощью поворотного рычага по часовой стрелке. Кнопка включения-выключения выпуклая.

Решение предполагает пластическую целостность форм всех частей и деталей. Все части выполнены в одном характере. Вариант простой, лаконичный, не режет глаз. Цвета выбраны темной, холодной гаммы для удобства (на темном менее видны царапины и загрязнения), плюсом вероятность того, что они впишутся в интерьер помещения выше, чем при использовании других цветов. Кнопка включения выполнена ярко красным цветом, добавляя внимания.

Список литературы

1. Кофемолки. Обзоры // URL: https://club.dns-shop.ru/review/t-206-kofemolki/?utm_referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.ru%2F.
2. Кухта М.С., Куманин В.И., Соколова М.Л., Гольдшмидт М.Г. Промышленный дизайн. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2013. – 312 с.
3. Инструкция по эксплуатации к кофемолке Rommelsbacher EKM 300 // URL: https://ftp.dns-shop.ru/Manuals/K/kofemolka-rommelsbacher-ekm-300_instrukcia.pdf.
4. Инструкция по эксплуатации к кофемолке Polaris PCG 1620 // URL: <https://www.polar.ru/upload/iblock/cc8/инструкция%20Кофемолка%20Polaris%20PCG%201620%20Stone.pdf>.
5. Инструкция по эксплуатации к кофемолке Nivona NICG 130 CafeGrano // URL: https://ftp.dns-shop.ru/Manuals/K/kofemolka-elektriceskaa-nivona-nicg-130-serebristyj_instrukcia.pdf.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ САЙТА ДЛЯ СПОРТИВНЫХ СОБЫТИЙ

Е.Н. Матвеева, студент гр. 8ИИМ22

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

E-mail: [HYPERLINK mailto:enm12@tpu.ru](mailto:HYPERLINKmailto:enm12@tpu.ru)

Данная статья посвящается разработки концепции сайта для спортивного проекта. Всегда можно сделать интерфейс исходя из личных предпочтений: выбрать цвета, формы, разместить контент, который по вашему мнению кажется важным. В таком подходе есть вероятность, что сайт будет полностью устраивать вас, но не его пользователей. В данной статье я предлагаю подход, который будет учитывать одновременно запросы пользователя и бизнеса. С чего начать проектирование:

1. Описать продукт и сформулировать цели. Первая – цель для бизнеса, вторая – цель для пользователя.

2. Определить целевую аудиторию. Составить портреты пользователя, проанализировать путь и поведение пользователей.

3. Проанализировать похожие ресурсы. Определить плюсы и минусы, особенности, паттерны.

Данные этапы позволят сформулировать функции, задачи, концепцию будущего сайта. На примере спортивного проекта я опишу основные составляющие каждого этапа.

1 этап. Описание и цели проекта. Сайт Tomskmarathon.ru – сайт для промо, описания, размещения новых и хранения прошедших спортивных событий, позволяющий пользователям ознакомиться с мероприятиями и зарегистрироваться на них.

Цель бизнеса: продажа спортивных событий, развитие и увеличение спортивного общества. Развитие партнерских отношений.

Цель пользователя: добавить интерес, энергию, цели, победы свою жизнь, быть причастными к какому либо сообществу, новые знакомства. Получить информацию о предстоящих, прошедших мероприятиях. Зарегистрироваться на мероприятия.

Цель партнеров: получение контакта с аудиторией спортивного сообщества.

2 этап. Целевая аудитория: Любители спорта, профессиональные спортсмены, дети (так как проходят детские забеги-спутники). Люди, которые ведут здоровый образ жизни, занимаются спортом. Партнеры, которым нужно получить прямой контакт с аудиторией для продвижения бренда.

Администрация, люди которые моделируют, работают с сайтом. Потенциальные участники. Опытные пользователи, которые ранее участвовали.

Зарегистрированные участники.

3 этап. Похожие ресурсы: Был проведен анализ сайтов организаторов спортивных событий в России, где выявлены общие проблемы, которые могут негативно сказаться на достижении целей бизнеса и пользователя: Неочевидно как и где зарегистрироваться. Страницы перегружены текстом и ссылками, выглядят как «газета». Нет возможности посмотреть календарь всей серии событий. и другие

Какие выводы можно сделать для исходя из анализа и первичной подготовки к разработке сайта.

1. Сайт должен носить как продающий, т. е. привлекающий потенциальную аудиторию, так и информационный характер, где пользователь может ответить на вопросы связанные с событием и регистрацией. Следовательно – это будет многостраничный сайт.

2. Сайт должен передавать атмосферу событий, транслировать энергию и динамику направления – спорт, через фотографии, цвет, ритм и динамику. Так как у компании есть брендбук, необходима будет интеграция с брендом.

3. Целевая аудитория (пользователи) – это энергичные люди, которые хотят делать свою жизнь качественнее и лучше через спорт – необходимо показать на сайте, как они

смогут достичь своей цели помощью спортивных событий. Это отражение результатов, рейтинг лучших, акценты на достижения конкретного пользователя, интеграция с социальными сетями, новостной блог.

4. Партнеры, организовать пространство для представления партнеров на каждом событии, они могут меняться, как и их предложения.

5. Администрация, необходимо удобство и простота обновления контента, загрузка данных и аналитика. Исходя из анализа аналогичных ресурсов, стоит проработать минусы и иным образом спроектировать интерфейс и инфраструктуру сайта, например, некоторые тексты заменить на графические элементы или выделив отдельные блоки.

Предполагаемая структура сайта:

Меню; Футер (контакты, ссылки); Главная страница (календарь событий, фотографии, кнопка регистрации на событие); Личный кабинет участника (профиль пользователя, результаты, достижения); Страницы мероприятий (информация о событии, регистрация, блок для партнеров); Блог/новости; Административная часть (форма обратной связи, хранение регистраций и предоставление доступа к ним, управление контентом на сайте); Страница ошибки 404

Список литературы:

1. Расс Унгер, Кэролайн Чендлер UX-дизайн. Практическое руководство по проектированию опыта взаимодействия. – Перевод с английского Е. А. Матвеева, 2011. – 327 с.

2. Джон Уэлен Дизайн пользовательского опыта. Как создать продукт, который ждут. – Перевод с английского Эльвира Кондукова, 2021. – 280 с.

3. Дон Норман Дизайн привычных вещей. – Перевод с английского А. Семиной. 2018. – 500 с.

4. Стив Круг Веб-дизайн: книга Стива Круга или «Не заставляйте меня думать!». 2-е издание. – Перевод с английского В. Овчинников, Ю. Асотов, 2008. – 215 с.

УВЕЛИЧЕНИЕ РАЗНООБРАЗИЯ СВЕТИЛЬНИКОВ

Л.А. Местеховская, студент группы 1Д01 ФГАОУ ВО НИ ТПУ

А.П. Соколов, к.н.т., доцент

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

E-mail: lam10@tpu.ru

В настоящее время существует высокий спрос на различные разработки в области светотехники. Светильники кроме прямого назначения – осветительной функции, также имеют развлекательные или эстетические задачи в зависимости от сферы их применения.

Цель исследования – увеличение разнообразия светоэффектных устройств. Основная задача – выявить факторы, влияющие на декоративность светильников.

При определении декоративности по отношению к устройству за основу возьмём термин, относящийся к анализу предмета изобразительного искусства. Декоративность – это совокупность свойств, усиливающих эмоциональную выразительность и художественно-организационную роль объекта [1].

При увеличении разнообразия светильников приоритетен дизайн, а не практичность.

Декоративность включает в себя следующие параметры:

1. *Вариативность*. Этот параметр отвечает за разнообразие рисунка, выдаваемого изобретения или полезной модели.

2. *Динамичность системы*. Характеристика, отвечающая за подвижность устройства.

3. *Объёмность*. Противовес плоскостным светильникам.

4. *Управляемость, интерактивность*.

Вариативность ограничивается технологиями: чем выше арсенал технологий, тем выше вариативность. Также она ограничивается рамками стиля – чтобы её расширить необходимо увеличивать число стилей.

В конструкции светильника можно выделить следующие части: источник света, рассеиватель, декор [2]. Существуют светоэффектные устройства, в которых сложно четко обозначить данные составляющие, так как в конструкции происходит их слияние. В таком случае происходит повышение декоративного эффекта светильника.

В системе «Источник света – человек» (рис. 1) важную роль играют устройство обратной связи и устройство управления световым потоком. Их наличие оказывает влияние на параметры динамичности и интерактивности светильника. Например, можно использовать в светильниках систему адаптации к общему уровню освещенности окружающей среды, так в вечернее время свет будет более тусклым, чем глубокой ночью [3].

Обратимся к патентной литературе при исследовании источников света. Патентная литература даёт возможность выявить тенденции развития. Она отличается системностью и отсутствием недостоверной информации. Результаты патентных исследований представлены на рис. 2.



Рис. 1. Система «Источник света – человек»

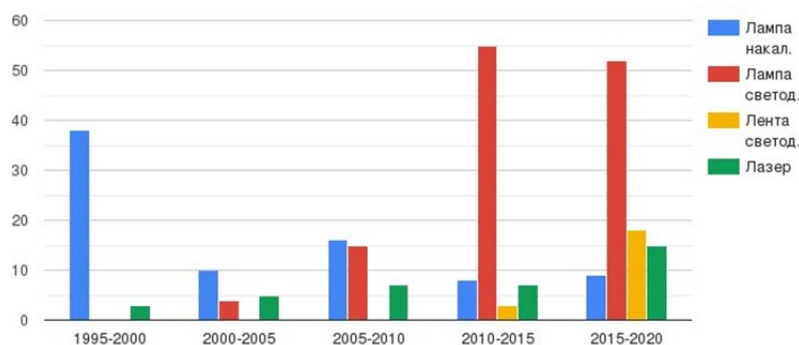


Рис. 2. График патентования источников света

С помощью патентного поиска были выявлены основные преимущества и тенденции различных источников света (табл. 1).

Таблица 1

Классификация источников света

Источники света	Преимущество	Тенденция
Лампа накаливания	1. Совместимость с устройствами плавного регулирования яркости лампы; 2. Приятный спектр	Снижение использования
Лампы светодиодные	1. Высокая вариативность цветов свечения; 2. Комбинируется с регулятором мощности	Развитие
Лазеры	1. Направленное световое воздействие; 2. Существование лазеров разного цвета	
Светодиодные ленты	1. Гибкость конструкции; 2. Широкий ассортимент цветов; 3. Возможность дистанционного управления	

Таким образом, выявлены основные факторы, влияющие на декоративность светильников: вариативность, динамичность, управляемость и интерактивность.

В классификации методов увеличения разнообразия светильников целесообразно различать: механические (увеличение вариативности конструкции), электронные (развитие устройств обратной связи) и смешанные (электромеханические) системы.

Для увеличения вариативности существует несколько основных направлений: расширение арсенала технологий, увеличение количества стилей, использование общепринятых (узнаваемых) образов, ручное исполнение светильника. Если ставится цель – серийное производство светоэффектных устройств, то ручное исполнение – трудозатратный метод расширения декоративности.

Выводы

1. Ручное исполнение объекта повышает вариативность, но в таком случае повышаются и затраты необходимые для изготовления.
2. При серийном производстве затраты уменьшаются, но и вариативность понижается за счёт стандартизации используемых технологий.
3. Использование общепринятых, узнаваемых образов повышает вариативность.
4. В настоящее время наблюдается тенденция развития и расширения применения светодиодных лент. Их главное достоинство – гибкость, в процессе проектирования это позволяет создать высокую вариативность.

Список литературы:

1. Ерошкин, В.Ф. К вопросу о декоративности в произведениях изобразительного искусства / В.Ф. Ерошкин // Международный научно-исследовательский журнал. – 2015. – № 3–2(34). – С. 97–98.
2. Богданов, А.Д. Сравнительный анализ расчета систем освещения различного типа на базе общественных помещений / А.Д. Богданов, Р.В. Солопов // «Вестник евразийской науки». – 2020. – Т. 12. – № 3. – С. 9–13.
3. Мамаев, Д.С. Разработка умного светодиодного светильника / Д.С. Мамаев, А.А. Шарапов // «Интерэкспо Гео-Сибирь». – 2020. – Т. 7, № 1. – С. 181–186.

ДИЗАЙН СПИРАЛЬНЫХ И ВИНТОВЫХ ФОРМ

М.А. Неклюдов, студент гр. 5011

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

тел. (3822) 60-63-06

E-mail: man@tpu.ru

Введение:

1. Соблюдение композиционных свойств объектов дизайна гармонизирует их восприятие.
2. Совершенствование продукции, направленное на увеличение спроса.

Проблема: Соблюдение композиционных свойств объектов дизайна при объединении отдельных частей в единую систему.

Цель: сохранение цельности композиции и усиление её свойств, за счёт спиральных и винтовых форм.

В основе развития дизайна лежит анализ формообразования объектов. На первоначальном этапе анализируются простые геометрические формы (круг, квадрат, треугольник, т. д.). Исследуется их сочетание в единой системе. Более сложные формы, такие как спиральные или винтовые, в этом анализе остаются в стороне, им уделяется меньше внимания, что сохраняет их уникальность.

Внимательно изучая окружающий мир, нельзя не заметить такое большое количество всевозможных объектов, принимающих винтовую или спиралеобразную форму. На (рис. 1) представлены примеры спиральных и винтовых образований в живой природе. Ответа на вопросы, почему живые объекты принимают такого вида формы, чем обусловлен механизм их создания, пока не существует. Есть много научных объяснений, применимых к отдельным явлениям, но общего разъяснения для всех типов спиральных образований пока нет [1].



Рис. 1. Варианты винтовых форм в живой природе [1]

По истечении достаточно большого промежутка времени, винтовые формы чаще стали появляться среди объектов архитектуры и дизайна. Одним из самых популярных библейских образов архитектурного характера, является Вавилонская башня (рис. 2), возведение которой условно датируют VIII–X веками до н. э [3]. За счёт винтовой формы, уходящей в небеса, достигается эффект крепкого, могущественного, непреступного сооружения.

Широкое применение винтовые формы нашли в лестницах (рис. 3, 4). Винтовая лестница имеет ряд преимуществ. Например, занимает меньше места по сравнению с маршевой, хорошо пропускает солнечный свет и комнатное освещение, а её ажурные формы придают оптическую легкость даже в небольших помещениях.

Данный тип лестниц хорошо вписываются в любой интерьер, внося в него оригинальность [5].



Рис. 2. Вавилонская башня [2]



*Рис. 3. Лестница
вокруг тополя*



*Рис. 4. Лестница
в интерьере*

При конструировании винтовой лестницы важно правильно рассчитать ее параметры, которые в свою очередь будут зависеть от особенности расположения и от пожеланий заказчика. Правильный расчет позволит сделать лестницу удобной, безопасной и экономически выгодной [3].

В дизайне мебели тоже не обходятся без спиральных и винтовых форм [4, 5]. Разработанные модели столов как с деревянными, так и с металлическими спиральными подставками, ничем не уступают по качеству и удобству привычным нам столам. Они сохраняют компактность и поэтому хорошо вписываются в интерьер, кроме того, за счет объединения нескольких винтовых линий в единое целое, поставка стола получается крепкой и устойчивой [6]. В интерьере спиральные образования можно встретить в виде подцветочников. В данном случае подцветочник спиральной формы имеет жёсткую конструкцию, но при этом сохраняет свою эстетику. Интерьерный подцветочник конструктивно более сложное, его выразительность усилена за счёт того, что он образован двумя винтовыми линиями, отличающимися друг от друга, вследствие чего образуется композиция.

Выводы:

1. Спиральные формы позволяют усилить композиционные свойства объектов дизайна.
2. Спиральные формы минимизируют пространство, занимаемое объектом. Делают объект более компактным и гармоничным.
3. За счёт использования винтовых и спиральных форм в дизайне, появляется возможность сочетания отдельных объектов в совокупности, при этом сохраняя цельность композиции.
4. Создаваемые человеком объекты дизайна, содержащие винтовые формы, получают больший охват внимания, что непосредственно влияет на спрос.

Список литературы:

1. Винтовые формы в природе [Электронный ресурс]. – URL: <https://ru.pinterest.com/pin/682365781028579066>.
2. Вавилонская башня [Электронный ресурс]. – URL: <https://diletant.media/articles/30171786>.
3. Соколов А.П., Кухта М.С. Математическое моделирование в бионическом дизайне // Труды Академии технической эстетики и дизайна. – 2016. – № 1. – С. 17–21.
4. Циклическая динамика [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.trinitas.ru/rus/doc/0009/001a/1086-alex1.pdf>.
5. Преимущества и недостатки винтовой лестницы [Электронный ресурс]. – URL: <https://mebelartel.ru/vintovaja-lestnica-za-i-protiv>.
6. Соколов А.П. Взаимодействие факторов формообразования на примере дизайна стула // Труды Академии технической эстетики и дизайна. – 2018 г. – № 1. – С. 24–32.

ПЛАСТИКА МАТЕРИАЛА И ПЛАСТИФИКАЦИЯ СИМВОЛОВ

Э.В. Погосян, студент гр. 0A12

А.П. Соколов, к.т.н., доцент

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

тел. +7(923)484-67-07

E-mail: evp48@tpu.ru

Барокко – это направление в европейском искусстве и архитектуре XVII века, которое характеризуется причудливостью образов и напряжёнными динамичными сценами. В современной художественной ковке видна тенденция использования старинных стилей из прошлых веков [1]. За счет этого сложилась новая тенденция – преобразование базовых стилей (барокко, ампир, классицизм и др.) в новые стили с сохранением духа базовых стилей. Эту тенденцию можно назвать «пластификация» символов базовых стилей [2]. Мы рассмотрим пластификацию символов барокко. В ходе исследования за основу были взяты символы, реализованные в основном как элементы решеток. В этом случае графика решётки облегчает анализ выделяемых символов. Также символы барокко легко вычлняются в интерьере.

Пластификация встречается во многих отраслях. Например, в химии осуществляется пластификация полимеров, за счет введения в них специальных веществ, которые улучшают их свойства. Иначе говоря, пластификация рассматривается как процесс изменения какого-либо объекта без его ломки, с целью придания ему новых свойств. Этот подход можно распространить и на понятие пластификации символов стиля и сделать вывод, что пластификация для символов барокко – это изменение символа за счет увеличения гибкости и пластичности без разрушения его образа. Введем понятие символа стиля. Символы – это элементы внешнего облика объекта, которые позволяют однозначно классифицировать данный объект по стилю.

Символами барокко можно назвать: S-валюты (рис. 1), C-валюты (рис. 2), а также же образ лилии (рис. 3). Эти символы очень часто встречаются на улице, на различных воротах и балконах.



Рис. 1



Рис. 2



Рис. 3

Другим символом, встречающемся в барокко, является колонна. В базовом стиле – это объёмный элемент с круглым поперечным сечением (рис. 4). В пластифицированном виде он превращается в барельеф на стене (рис. 5). Достигается экономия на материалах и выигрыш в пространстве. За счёт пластификации символов барокко переходит в новый стиль – неobarocco, где отличительные черты стиля – смешение традиционного декора в стиле барокко, классических приёмов оформления и современных материалов [3]. В неobarocco стремятся воссоздать старую дворцовую атмосферу доступными средствами. Искусственность материалов в стиле подчеркнута – это и виниловые обои, и пластиковые люстры, и ламинат. Поэтому неobarocco называют бюджетным вариантом дворцовой классики.

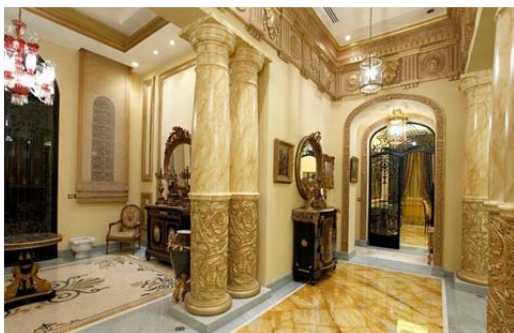


Рис. 4. Колонна в барокко [4]



Рис. 5. Колонна в неobarокко [4]

Пластификацию символа можно проиллюстрировать следующим экспериментом. Для эксперимента был взят рисунок (рис. 6), основу которого составляет S-валюта. Рисунок был сжат в 1,5 раза по горизонтали (рис. 7), а затем растянут в 1,5 раза по горизонтали (рис. 8). Как видим, эстетическое восприятие при растяжении не изменилось, а при сжатии немного ухудшилось. Эксперимент проводился также с символом – лилией. Закономерности в восприятии те же.

Таким образом, за счет пластификации можно увеличить вариативность самих символов. Следует обратить внимание, что пластификация символа оказывается связана с пластичностью используемых материалов.



Рис. 6



Рис. 7



Рис. 8

Выводы:

1. Стиль барокко за счет пластификации его символов превращается в новый стиль – неobarокко.
2. Используя пластичные материалы, можно изменять форму символа не изменяя его эстетической сути.
3. Чем пластичнее материал, тем легче трансформировать символ и связанный с ним образ изготавливаемого объекта.

Список литературы:

1. Wikipedia [Электронный ресурс] – URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Барокко>.
2. Соколов А.П. Трансформация символов модерна под влиянием технологии их реализации // Труды Академии технической эстетики и дизайна. – 2013 г. – № 1. – С. 33–36.
3. Гордеева Т.А., Жегина И.П. Анализ изломов при оценке надежности материалов. – М. : Машиностроение, 1978. – 200 с.
4. Неobarокко-в-интерьере. Жгунов А.В. [Электронный-ресурс]. – URL : <https://mossebo.studio/sovetyi-po-dizaynu/neobarokko-v-interere>.

МОДЕРНИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ПРЕССА

*Е.С. Полех, студентка гр. 4НМ11,
Научный руководитель: М.С. Кухта, д.фил.н., проф.,
Томский политехнический университет,
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: esp22@tpu.ru*

Актуальность работы обусловлена широким применением гидравлического оборудования в промышленности и других отраслях производства. Спрос на гидравлические прессы достаточно большой, что способствует разработке новых технологий и модернизации этого оборудования для полноценного, качественного и комфортного применения в различных видах деятельности.

Целью работы является внесение изменений в классическую конструкцию гидравлического пресса для повышения удобства использования данного оборудования.

Высокие темпы увеличения производства гидравлических прессов приводит к резкому росту спроса на них в связи с появлением новых технологических методов и новых отраслей производства.

Новое оборудование позволит более быстро и качественно осуществлять ремонт оборудования, а также будет иметь удобную, простую и более эстетичную конструкцию.

Существуют разные виды гидравлических прессов, но наиболее распространенной считается двухстоечная установка с ручным или ножным приводом. В конструкции имеется рабочая поверхность и осуществляется контроль за давлением с помощью манометра. Данная установка относится к классу вертикальных.

Дополнительным преимуществом является автономность, так как для работы не требуется источник энергии.

В системе Autodesk Inventor были разработаны детали пресса, создана сборка устройства и получено фотореалистичное изображение гидравлического пресса.

Преимущества новой модели гидравлического пресса:

- Все гидравлические элементы размещены в одном корпусе;
- Экономия рабочей зоны и свободного пространства;
- Защищенное состояние при доставке к месту назначения;
- Рабочий стол может быть отрегулирован по высоте;
- Быстрое и точное позиционирование установки обеспечивается винтовым удлиненным штоком;
- V-образные блоки;



Рис. 2. Стол гидравлического пресса



Рис. 3. Положение манометра и ход штока гидравлического пресса

- Манометр для контроля давления в системе смонтирован на уровне глаз;
- Перемещение цилиндра происходит горизонтально;

- Оборудование оснащено и ручным, и ножным приводом;
- Операции по выпрессовке деталей могут осуществляться в ножном режиме, оставляя руки мастера свободными.

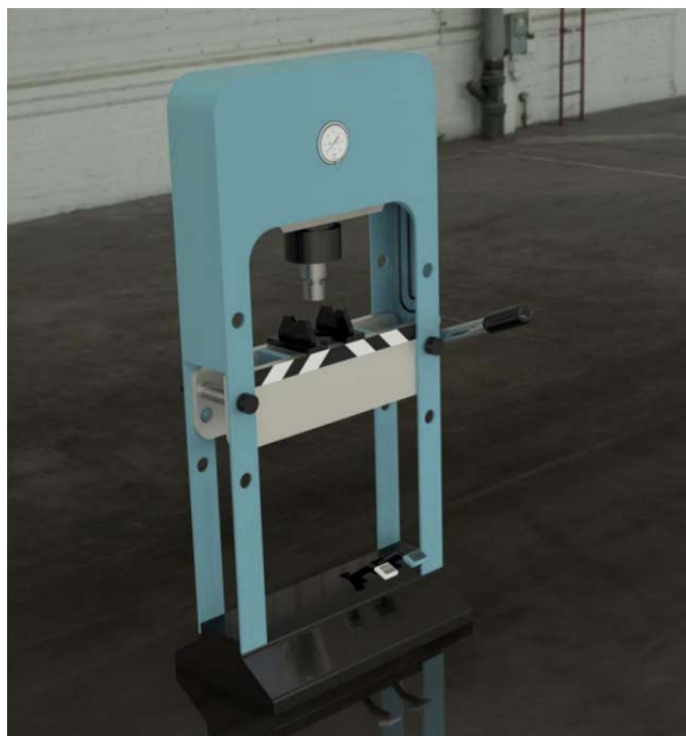


Рис. 1. Фото-визуализация гидравлического прессы

Данная конструкция обладает рядом вышеперечисленных преимуществ по отношению к классическим исполнениям подобного гидравлического оборудования. Так как спрос на прессы будет расти с каждым годом, проектирование и модернизация установок необходима и востребована в настоящее время.

Список литературы:

1. Калекин, А.А. Гидравлика и гидравлические машины: учеб. пособие для вузов / А.А. Калекин. – М. : Мир, 2005. – 155 с.
2. ГОСТ 12.0.003-74 Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
3. ГОСТ Р 12.1.019-2009 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
4. ГОСТ 31733-2012 «Прессы гидравлические. Требования безопасности».
5. ГОСТ 9.014-78 «Единая система защиты от коррозии и старения. Временная противокоррозионная защита изделий. Общие требования».
6. Гидравлический пресс – устройство и принцип работы [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.hydro-pnevmo.ru/topic.php?ID=240>.
7. ГОСТ 9753-88 «Прессы гидравлические одностоечные. Параметры и размеры. Нормы точности».

ВАРИАТИВНОСТЬ СТОЛОВ СО СТЕКЛОМ

А.С. Порошистый, студент гр. 5011,

А.П. Соколов, к.т.н., доц.

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

тел. +7 (999) 423-18-27

E-mail: asp87@tpu.ru

В нынешнее время наблюдается тенденция к минимизации используемых материалов, из-за которой возникает проблема низкой вариативности. Повсеместное использование высоких технологий в производстве также влияет на вариативность изделий в худшую сторону.



Рис. 1. Стол со стеклянной стойкой [1]



Рис. 2. Стол с деревянной стойкой [2]



Рис. 3. Стол с металлической стойкой [3]

Проблема: Низкая вариативность столов со стеклянной столешницей.

Цель: Повышение вариативности столов со стеклянной столешницей.

Задача: Определение методов повышения вариативности при различных вариантах стоек.

В современном дизайне интерьера стало модным применять стекло. Его используют для изготовления журнальных столиков, барных стоек, различных шкафов и дверей, тумб, комодов. Но, что характерно для любого материала, у стекла имеются собственные достоинства и недостатки. К достоинствам относится: высокая прочность, эстетическая привлекательность, визуальное расширение пространства, интерьерная универсальность, устойчивость к высоким температурам, устойчивость к действию влаги, гипоаллергенность, простота в уходе, игра переднего и заднего плана за счёт прозрачности стекла.

Главным недостатком стеклянных столов является низкая вариативность изделий, что означает небольшое количество вариантов формы. Было выявлено, что вариативность можно увеличить за счёт металлических опор, так как металл пластичен и позволяет реализовывать большее количество идей дизайнера.



Рис. 4. Стеклянный стол с металлической опорой



Рис. 5. Стол, собранный с использованием УФ-клея [4]

Мебель с большим числом металлических элементов часто называют кованой мебелью. Такая мебель вносит элемент романтики и аристократизма в интерьер. Однако, цельные кованые столы в интерьере используются редко – их заменяют столы со стеклянной столешницей и металлической стойкой [6]. Вариативность форм таких столов высока за счёт большого разнообразия технологий изготовления металлической стойки. Как правило, металлическую стойку изготавливают из отдельных элементов, соединяемых либо сваркой, либо пайкой.

Ответственным этапом является соединение стойки со стеклянной столешницей. На данный момент наиболее распространена УФ-склейка. Этот способ позволяет соединять не только стекло со стеклом, но и стекло с металлами и сплавами, включая нержавеющую сталь и латунь. Суть технологии заключается в том, что элементы соединяются посредством прозрачного клея, полимеризующегося под действием УФ-лучей. В результате стыки получаются более прочными, чем сама конструкция. Процесс УФ-склейки имеет ряд достоинств: высокая прочность склеенного соединения, визуальный эффект прозрачности в месте склейки, быстрота выполнения операции, обширный спектр применения. Также стекло с металлом соединяют при помощи клеев, например, на основе эпоксидной смолы. Такие клеи удобны, но требуют большой площади склеиваемых поверхностей.

Для минимизации вреда от осколков при возможном разрушении стекла используют закалку. Осколки закалённого стекла имеют тупые грани, которые не могут повредить человеческую кожу. Также закалка стекла положительно сказывается и на его прочности. Сначала стекло подвергается нагреву в 650–680 °С, а позже равномерно охлаждается под действием потока холодного воздуха. Так как внешняя часть остывает быстрее внутренней, в ходе процедуры закалки внутри стекла образуются механические напряжения, повышающие прочность [5].

Выводы:

1. Столы в стиле модерн и бионика требуют большого количества ручного труда, что понижает эффективность производства.
2. Использование высоких технологий понижает вариативность изделий.
3. Добавление различных элементов из других стилей, использование нескольких материалов в изделии, изогнутых форм, дополнительных полок являются способами повышения вариативности формы стола со стеклянной столешницей.
4. Столам с металлической стойкой легче задать достаточное количество форм исполнений ввиду гибкости металла.

Список литературы:

1. Мода мебели [Электронный ресурс]. – URL: <https://ru.pinterest.com/pin/transparent-tempered-glass-console-table-with-rounded-edges-in-2022--988258711954389361/>.
2. Ковка стали [Электронный ресурс]. – URL: https://kovkastali.ru/stolik_iz_metalla_loft_lucas.html?oid=4988.
3. Все о предметах интерьера для дома и офиса [Электронный ресурс]. – URL: <https://berkem.ru/stoly/stol-so-stekljanno-j-stoleshnickej-svoimi-rukami/>.
4. Luxury Irish Furniture & Flooring shop [Электронный ресурс]. – URL: <https://ru.pinterest.com/pin/luxury-irish-furniture-flooring-shop--261349584610376011/>.
5. Леенсон И.А. Прочное и безопасное стекло // Наука и жизнь. – 2017. – № 3. – С. 48–51.
6. Соколов А.П. Формообразование, стилизация и технологии кованых столов // Труды Академии технической эстетики и дизайна. – 2013 г. – № 1. – С. 12–16.

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЙ ДИЗАЙН ДЕТСКОЙ ИГРУШКИ

Е.В. Резник

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: elenreznik@mail.ru

Актуальность работы обусловлена тем, что рынок детских игрушек заполнен продукцией, которая не всегда отвечает требованиям экологичности и безопасности материалов, является визуально некомфортной с точки зрения психологии и психофизиологии ребенка. В наше время буквально 90 % имеющихся в продаже детских игрушек сделаны из пластика, металла и синтетики [1, 2] В связи с этим, мы бы хотели, опираясь на традиции русской культуры, представить концепцию создания детской деревянной развивающей игрушки. Полученное изделие демонстрирует и позволяет расширить возможности дизайна на детских игрушках, увеличить ассортимент, создать оригинальные образцы, соответствующие требованиям современного дизайна.

Игрушка воздействует на все уровни ощущений – тактильный, визуальный, звуковой. Поэтому особое значение имеет материал, из которого она изготавливается. Потому сегодня так ценятся поделки из натуральных материалов. [3] Многие методики развития детей, предполагают использование именно деревянные игрушки, ведь у этого материала масса преимуществ:

1. Экологичность.
2. Прочность.
3. Легкость и простота в уходе.
4. Разнообразие воздействия на рецепторы.
5. Природная «теплота» материала.

Разработка модели

В данном случае речь пойдет о пирамидке. В классическом понимании пирамидка – это несколько колечек, надеваемых на стержень. Внизу пирамидка имеет основание с заглушкой, не позволяющее ей рассыпаться. Верхушка пирамидки представляет собой надевающийся на стержень колпачок (рис. 1). Наше изделие имеет ряд оригинальных дополнений:

1. Каждое кольцо состоит из нескольких пазлов (рис. 2). Так как пирамида имеет конусообразную форму, первые два кольца собираются из 4 пазлов, следующие два, включают в себя три элемента и последние имеют по 2 пазла. Всего в пирамиде насчитывается 6 колец, разного диаметра, плюс основание со штырьком и завершающий пирамиду шарик.

2. В пирамидке планируется использовать сюжет из сказки «Колобок».

Дети очень любят играть со взрослыми и в данной игре это возможно. Мама или папа читает сказку, показывает иллюстрации и помогает ребенку собирать ярусы пирамидки. Каждое кольцо содержит сцену из сказки. В центр укладывается шарик с изображением колобка. Сцена проигрывается, круг собирается, колобка убирают, а кольцо одевается на штырек основания. Таким же образом соединяются другие детали в кольца и в итоге получается полная пирамидка (рис. 3, 4, 5, 6, 7, 8).

3. Материал дерева ольха или липа. Древесина у них легкая, мягкая, хорошо обрабатывается, легко шлифуется, при фрезеровке не колется. Поверхность игрушки, выполненных из этих деревьев будет теплой и бархатной на ощупь [4].

4. Цвет дерева. Может быть и вариации с окрашиванием всего изделия или отдельных частей.

5. Изображения выполнены способом выжигание по дереву либо оттиском.

Результат



Рис. 1. Основной вид



Рис. 2. Соединение пазлов



Рис. 3. Первый ярус



Рис. 4. Второй ярус



Рис. 5. Третий ярус



Рис. 6. Четвертый ярус



Рис. 7. Пятый ярус



Рис. 8. Шестой ярус

Такие вещи будут интересны ребенку на протяжении достаточно длительного времени. Игра с пирамидкой развивает графические навыки и координацию движений, знакомит с формами и свойствами предметов, учит конструировать образы, помогает формировать абстрактные понятия. Именно в игре идет развитие внимания, интеллекта, воображения, активной речи, формируется правильное представление о животном мире. [5]

Список литературы:

1. Вишневская И. Игрушка в жизни ребёнка // Семья и Дети. – 2008. – № 1. – С. 10–15.
2. Сараева Е.А., Демитрова И.П. Детская деревянная игрушка / Международный двуязычный научный журнал «Наука и Мир» 2014. – № 2 (18).
3. Смирнова Е.О., Лаврентьева Т.В. Какой должна быть полезная детская игрушка?
4. Материалы для создания деревянной игрушки /<https://www.livemaster.ru/>.
5. Выготский Л.С. Воображение и творчество в детском возрасте. – С-Пб.: Союз, 1997. – 322 с.

ХУДОЖЕСТВЕННАЯ СВАРКА

А.Д. Ридченко, студент гр. 5011

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

тел. 8-908-951-9582

E-mail: adr11@tpu.ru

Тенденция: наблюдается переход от парадигмы точности к парадигме эстетичности. Парадигма точности заключается в выдержке технических параметров при наименьших затратах. Парадигма эстетичности – в увеличении конкурентных свойств изделия, при увеличении его ценности.

Проблема: оборудование, ориентированное на парадигму точности мало подходит для парадигмы эстетичности.

Цель: выработка рекомендаций по проектированию в дизайне с учетом использования сварки.

В парадигме эстетичности для достижения максимального художественного эффекта требуется специальное оборудование, например, для соблюдения симметрии при сварке скульптур; фиксации мелких деталей в удобном положении или для простоты создания объёмных фигур. К сожалению, оборудование, нацеленное на парадигму точности, малоприменимо в парадигме эстетичности. В промышленных масштабах важна максимальная технологичность, поэтому здесь чаще используется автоматическое оборудование: позиционеры, манипуляторы и др., что мало пригодно для создания художественных изделий. Однако, создаются огромные роботы, которые подобно 3D печати вываривают различные мега-конструкции, например – мост сваренный в Нидерландах (рис. 1). Полностью автоматизировать процесс сварки больших объектов невозможно, потому что периодически требуется вмешательство человека, чтобы переместить робота на новое место работы или очистить рабочее поле от готовых частей конструкции.



Рис. 1. Мост, сваренный роботами в Нидерландах [1]



Рис. 2. Калитка, сваренная вручную

Сам арт-сварщик, как правило, применяет самодельные приспособления для удержания деталей в наиболее удобном положении: приспособление для формирования объёмных фигур (рис. 3) [2]; третья рука (рис. 4).

Устройство для формирования объёмных фигур состоит из сферических магнитов 1 и металлических втулок между ними 5. С помощью устройства натяжения 8 натягивается тросик 4 и устройство примет определенную пространственную форму, образуя кривую линию. Из нескольких таких кривых линий создаётся каркас фигуры. За счет притяжения к магнитам на каркасе прочно удерживаются детали из конструкционной стали. Сваривая эти детали между собой, можно получать различные формы, по сложности приближённые к скульптуре [2].

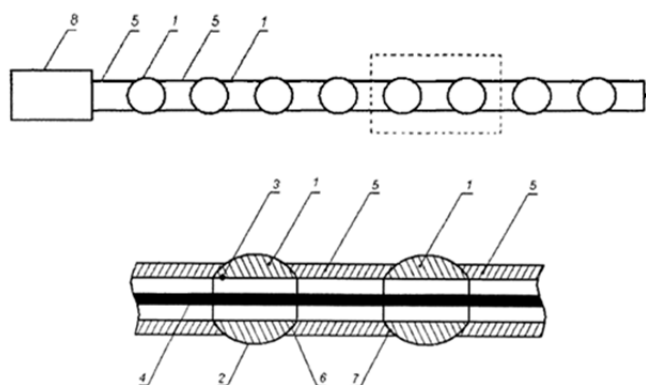


Рис. 3. Устройство для формирования объемных фигур [2]

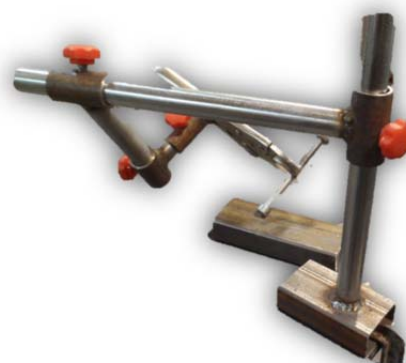


Рис. 4. Третья рука [3]

Для предотвращения деформации изделия используют способы сварки с минимальным тепловыделением и объемом наплавляемого металла. А также конструкция проектируется таким образом, чтобы моменты, создаваемые усадочными силами, были уравновешены. В тонкостенных конструкция швы следует располагать на жестких элементах. Процесс арт-сварки завершается обработкой сварного шва и прилегающих к нему поверхностей от разбрызгавшегося металла путем шлифовки [4]. В зависимости от конструкции объекта процесс сварки должен быть спроектирован так, чтобы шов был облегчен процесс шлифовки сварного шва и он был максимально эстетичен. В ряде случаев в зависимости от художественного замысла сварочный шов оставляют не обработанным. Особенно эффектно выглядит шов, полученный с помощью аргодуговой сварки.

Арт-сварщики, не использующие автоматизированные устройства, вынуждены создавать самодельные устройства для облегчения процесса изготовления скульптур, деталей сложной формы. Однако, художественная сварка развивается и будет востребована в обозримом будущем,

Поскольку предприняты попытки повышения эстетики мостов и др. мега-конструкций, то следует совершенствовать процесс их проектирования, а также большое внимание уделять разработке соответствующего оборудования.

Список литературы:

1. Александр М.А. Техкульт. Команда роботов-сварщиков создала мост [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.techcult.ru/robots>.
2. Соколов А.П., Щербинина А.А., Кухта М.С. Пат. 111011. Российская Федерация, МПК А63Н33/26 (2006.01). Устройство для формирования объемных фигур. – Оpubл. 10.12.2011.
3. Полезные приспособления [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.chipmaker.ru/topic/51142>.
4. Соколов А.П. Дизайн Металлических арт-объектов // Труды Академии технической эстетики и дизайна. – 2015 г. – № 1. – С. 31–39.
5. Юхин Н.А. Рациональные способы уменьшения напряжений, деформаций и перемещений сварных конструкций [Электронный ресурс]. – URL: <https://msd.com.ua/technologie-proizvodstva-svarnyx-konstrukcij>.

ОБРАЗЫ БИОНИКИ В КОНЦЕПТУАЛЬНОМ КОНСТРУИРОВАНИИ

Н.Г. Сагин, студент гр. 0А12

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

тел. 8-913-718-08-92

E-mail: ngs10@tpu.ru

Бионика – прикладная наука о применении в технических устройствах и системах принципов организации, свойств, функций и структур живой природы, то есть форм живого в природе и их промышленных аналогах [1]. Бионика в дизайне – способ проектирования различных объектов, при котором для снижения веса и увеличения прочности применяются отличные от традиционных решения. Стиль бионика в интерьере и экстерьере опирается на концепцию совершенства естественных форм. Его главной особенностью является тесная связь с природой, её строением, структурой и многообразием видов. Но, как было установлено ещё экспрессионистами, прямое копирование природных форм не приносит положительного результата, часто бывает сложным или даже невозможным. Поэтому бионическое проектирование основывается на анализе естественной формы, определении её тектоники и создании символического отображения. Такая трансформация, благодаря современным технологиям, позволяет переносить эстетику природных творений в интерьеры и создавать гармоничные пространства.

Современный уровень развития технологий позволяет реализовать принцип, выражающийся в увеличении разнообразия выпускаемых объектов. Наиболее продуктивным методом достижения этого разнообразия является бионический принцип формообразования при проектировании объектов [2]. Однако, форма получающихся объектов сложна, поэтому возрастает роль математического моделирования на этапе эскизного проектирования. Большое значение на этом этапе имеет выбор аналога. В качестве аналога может быть использован известный объект, форма которого изменяется в соответствии с поставленной целью. Как правило, здесь используются методы подобия, которые фактически являются методами математического моделирования.

На сегодняшний день технологии позволяют проектировать и строить здания самых различных форм: от обычных панельных домов до красивейших строений в бионическом стиле. К этому стилю здание можно отнести уже за счёт декора на фасаде, как например, Национальный плавательный комплекс в Пекине (рис. 1). Более обоснованно классифицируется здание, сама конструкция которого повторяет форму биологического аналога, как например, дом-раковина (рис. 2) [2]. Однако, в этом варианте особенности конструкции расходятся с особенностями биологического аналога. Это объясняется различием функционала здания и его биологического аналога.



Рис. 1



Рис. 2

Образов в бионическом стиле существует большое множество. В дизайне интерьеров в основном используются плавные обтекаемые формы (рис. 3), большое обилие плавных сетчатых структур (рис. 4), а также различные необычные формы [3].



Рис. 3. Переходный вариант от интерьера к экстерьеру в бионическом стиле [4]



Рис. 4. Интерьер в бионическом стиле [5]

Для создания объектов в стиле био-тек используются как аддитивные, так и традиционные технологии. В настоящее время для создания объектов в бионическом стиле требуются большие затраты ручного труда. Более продуктивно объект в бионическом стиле разбить на элементы, изготавливаемые высокопроизводительными методами с последующей ручной корректировкой формы.

Аддитивные технологии – метод создания трехмерных объектов, деталей или вещей путем послойного добавления материала. Такие объекты создаются с помощью 3D-принтеров. Аддитивные технологии позволяют автоматизировать процесс создания объектов в бионическом стиле, и арсенал аддитивных технологий расширяется.

Так как бионика – это сочетание природы и новых технологий, логично предположить, что материалы, которые используются для отделки – самые современные и новаторские. Например, стекло, которое становится менее или более прозрачным, в зависимости от внешней температуры и условий; МДФ и ДСП; панели и наклейки, которые делают рельефными и структурными; термопластик; полимеры; сплавы металлов; пластик [6].

На сегодняшний день современные технологии позволяют переносить все больше и больше образов из живой природы к себе в дом. Создаются новые материалы, открываются ранее неизвестные свойства, что позволяет создавать объекты в бионическом стиле более продуманными и подходящими для повседневной жизни.

Список литературы:

1. Определение термина бионики [Электронный ресурс] URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Бионика>.
2. Соколов А.П., Кухта М.С. Математическое моделирование в бионическом дизайне // Труды Академии технической эстетики и дизайна. – 2016. – № 1. – С. 17–21.
3. М.Г. Гаазе-Рапопорт. Вопросы бионики. – М.: Наука, 1967. – 596 с.
4. Стиль бионика в интерьере [Электронный ресурс] URL: <https://mebel169.ru/articles/stil-bionika-v-interer>.
5. Материалы для интерьера-бионики [Электронный ресурс] URL: https://woodinteria.ru/news/design/interer_v_garmonii_s_prirodoy.
6. Бойко Ю.А., Казачкова О.А. Современные способы глазуирования керамических изделий // Труды Академии технической эстетики и дизайна. – 2019. – № 2. – С. 13–17.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ САЙТА ПТИЧЬЕГО РЫНКА

А.А. Туманова, студент гр. 8ИМ22

М.С. Кухта, д.филос.н., профессор,

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

E-mail: aat72@tpu.ru

Введение

На сегодняшний момент дизайн является востребованной и неотъемлемой частью любого проекта. В структуре профессиональной деятельности, дизайнер пользуется широким инструментарием проектных средств: функциональный анализ, разработка концептуальных моделей, композиционное формообразование и т. д. [1]. Основная цель веб-дизайна – правильно гармонизировать и эстетично визуализировать структуру сайта, соблюдая правила эргономики для расположения информации в доступной и понятной форме для пользователей [2]. Отсутствие данных критериев способствует неправильной подаче информации, некорректному размещению знаков навигации, в результате чего пользователю будет сложнее найти нужную информацию, что в конечном итоге уменьшит посещаемость сайта.

Основная часть

Птичий рынок в общем понимании является местом под открытым небом, либо в просторном крытом помещении, где происходит торговля животными, кормами и аксессуарами для них, в том числе и собственного производства. В цифровом контексте – веб-сайт, предназначен для того, чтобы потребители (частные лица, ветеринарные организации и приюты) смогли приобрести нужный товар в любой точке страны или, наоборот, выставить его на продажу.

Цель создания сайта – проектирование приятного и интуитивно понятного интерфейса и структурирование основных разделов сайта.

На первом этапе происходит анализ всех материалов, рынка, потребителей и поведения пользователей. Необходимо провести исследование, в ходе которого нужно изучить рынок, изучить пользователя и его проблемы.

Главными потребителями являются частные лица и различные организации по разведению и содержанию животных, общий тип потребителя позволит глубже изучить сайт на удобство сайта данной тематики. Проблематика данных сайтов заключается в отсутствии качественного внешнего вида основного поля, актуальных вкладок и структурированного распределения информации. Также возможность фильтрации товаров очень скудна и имеет в своем распоряжении буквально два фильтра, которые отсортировывают по времени публикации объявления и типу продаваемого животного. Дизайн сайтов почти не развит. Не обладает также гибкостью отображения на различных устройствах, что делает просмотр страниц на телефонах невозможным.

Содержание сайта Птичьего рынка предполагает наличие таких пунктов как:

- продажа;
- покупка;
- основное местоположение комплексов;
- основная информация о животных, их содержании;
- форум для вопросов и интересных ссылок от потребителей сайта;
- контакты;
- информация о партнерах и рекламный интеграциях.

Также сайт должен обладать общедоступностью и гибкостью для отображения на различных устройствах. Должен обновлять карту с местоположением комплексов, а также с информацией о продаже животных. Также сайт должен иметь приятную оболочку для продвижения товаров в массы.

Этот этап поможет приблизиться к пониманию пользовательских задач и потребностей, поможет более точно понять, насколько та идея, необходима пользователю и насколько она решает задачу сайта птичьего рынка.

На этапе проектирования был создан концепт первых страниц, которые и лягут в последствии в разработку минимального функционала и тестирования сайта. На главной вкладке на верхней части экрана было размещено основное меню сайта, основные категории, которые может просмотреть, и, в которые может перейти, пользователь. Главное изображение, расположенное за меню, будет меняться в зависимости от типа объявления, что визуально подчеркнет шапку вкладки и позволит пользователю быстрее сориентироваться в цифровом пространстве. Цветовое решение ограничивается не только теплыми оттенками красного и оранжевого, но и градацией серого. Яркие акценты не должны вызывать дискомфорт у потребителя, а наоборот, с легкостью направлять его в нужные информативные блоки. Был также разработан блок с фильтрами, чтобы облегчить поиск пользователю. Добавление дополнительных характеристик питомцев или же товаров для их содержания, сокращает время и дает более точный на выходе результат поиска (рис. 1).

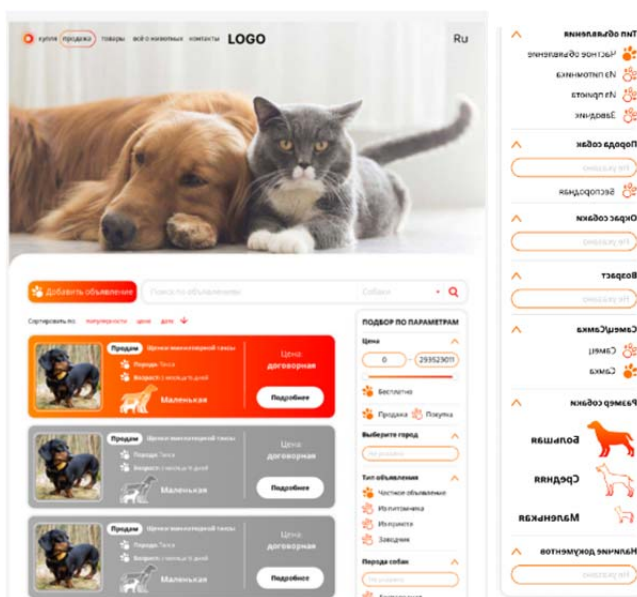


Рис. 1. Концепт сайта птичьего рынка

Заключение:

В результате анализа рынка был сформирован список самых необходимых пользовательских задач, которые в дальнейшем будут влиять на разработку интерфейса. В последующей работе необходимо на каждом этапе проводить исследования и тестирования не только на качество продукта с технической точки зрения, но и также проводить тестирования с целевой аудиторией, то есть уже с существующими пользователями.

Список литературы:

1. Китаевская Т.Ю. Альтернативные стили в веб-дизайне // Вестник Томского государственного университета. – 2014. – С. 569–570.
2. Арнхейм Р. Искусство и визуальное восприятие / сокращ. пер. с англ. В.Н. Самохина ; общ. Ред. и вступ. статья В.П. Шестакова. – Москва: Прогресс, 1974. – 392 с.

СВЕТИЛЬНИК-МАНДАЛА КАК СРЕДСТВО РЕГУЛЯЦИИ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ СОСТОЯНИЙ ЧЕЛОВЕКА

А.Р. Убугунова, студент гр.8ДМ11,

Томский политехнический университет

Научный руководитель: М.С. Кухта, д. филос.н., профессор ИШИТР ТПУ

E-mail: annaubgunova@me.com

Введение

Человек в современном мире постоянно подвергается нервным перегрузкам, что приводит к напряжению нервной системы, неврозам и психосоматическим заболеваниям. Например, по данным Всемирной организации здравоохранения, на фоне пандемии COVID-19 распространенность тревожных расстройств и депрессии во всем мире выросла на 25 %. В текущей ситуации, на фоне происходящего в стране и в мире, также очень сложно сохранять эмоциональное равновесие и контролировать уровень тревожности. Стресс оказывает влияние на все сферы жизни человека, ему подвержены и взрослые и дети.

За все время существования человечества идет активный поиск способов и средств оздоровления. Сегодня все популярнее становится применение арт-терапии – это направление применяется для коррекции психофизиологических состояний человека. Особенность арт-терапии заключается в существовании методик, с помощью которых можно добиться гармонизации внутреннего мира, восстановления душевного равновесия. Для кого-то достаточно созерцания со стороны, например, прочтения книги, прослушивания музыки, просмотра спектаклей и т. д. Другим, для эмоционального высвобождения, необходимо активное творчество, создание композиций, символов и т. д.^[1] Язык символов существует с древних времен – с его помощью люди веками передавали мысли, чувства и знания. Дизайнеры тоже используют зашифрованные послания, которые влияют на наше психологическое и эмоциональное состояние. Это цвет, свет, линии и формы. Одной из наиболее эффективных форм являются *мандалы*. Целительная сила их рисунка веками используется во многих культурах Востока.

Целью работы являлось исследование светильника-мандалы как средства для регуляции психофизиологического состояния человека.

Актуальность проблемы определена необходимостью анализа и исследований по изучению эффективности и специфики влияния метода «Мандала-терапии» на психофизиологические состояния человека.

Мандала (mandala – круг, диск) – замкнутая геометрическая система с равноудалёнными от центральной точки элементами. Дословный перевод не передает полный смысл и магию изображения в виде круга с узорами. Мандала представляет собой сложную геометрическую фигуру. Чтобы осмыслить и разгадать, необходимо обратиться к истокам возникновения данного символа. У древних цивилизаций мандала – это элемент веры людей в перерождение энергии и материальных форм. Оригинальные узоры просты и одновременно сложны из-за глубокого смысла, что содержится в них. Их прелесть не только в эстетике, а в содержании – идеях единства, гармонизации, симметрии и улучшения. Мандала несет информацию о происхождении мира, означает суть жизни на Земле и каждого существа в отдельности^[2].

Традиция создавать эти священные изображения относится к времени появления индуизма и буддизма и насчитывает не одно тысячелетие. В этих религиях мандала имела сакральное значение. С ее помощью проводились различные ритуалы и медитации, читались молитвы. Изображение мандалы возникло как отражение в человеческом сознании понимания и ощущения целостности, завершенности, совершенства, ощущаемого нами в круглых формах. Одна из самых грандиозных мандал, которую мы видим каждый день – Солнце. **Круг** – это самое приятное изображение для нашего глаза, самое **гармоничное**

для нашего ума. Узор мандалы символизирует взаимосвязь всех жизненных процессов. Подобные узоры часто встречаются в природе: морская раковина, паутина, расположение лепестков в цветке или бутоне.

Мандалы могут выполняться различными способами: их таинственные узоры вышиваются на полотне, создаются из песка (рис. 1), выкладываются из мозаики, рисуются красками. Изготовление священного изображения сопровождается специальными молитвами и обрядами. Верующие считают, что таким образом сакральный рисунок наполняется энергией Вселенной. Разрушение мандалы также является особым ритуалом, смысл которого подчеркнуть один из важнейших постулатов буддизма – идею о непостоянстве всего сущего. Кроме того считается, что священный узор мандалы дает возможность проникнуть в тайны подсознания, с его помощью можно познать свою внутреннюю суть. Мандала играет важную роль во время медитаций.



Рис. 1. Создание и разрушение песочной мандалы буддийскими монахами

Повторное знакомство с понятием «мандала» в современной западной мысли в значительной степени приписывается швейцарскому психиатру и психоаналитику, основателю аналитической психологии Карлу Густаву Юнгу^[3]. Он утверждал, что желание создать мандалы возникает в моменты интенсивного личностного роста.

Мандала как метод относится к арт-терапии визуального типа. В психологии мандалу рисуют для разрешения различных внутренних конфликтов, проблем, в эмоционально трудных ситуациях для налаживания отношений с окружающими, а также для понимания своих снов, для интеграции различных процессов бессознательного^[1].

В настоящее время, в декоре стен невероятно актуальны формы круга, овала и, образованные с помощью этих исходных фигур, другие орнаменты, сложные узоры из их сегментов. Мандала, как и любое произведение искусства, может использоваться для успокоения, гармонизации или активизации энергий. Если совместить мандалу, свет, и цвет, то можно дополнительно усилить ее положительное влияние на психофизиологическое состояние человека.

Таким образом, светильник-мандала или световое панно с символом мандалы может стать изюминкой в любом интерьере. Например, могут применяться в качестве декоративного освещения, ночника в настенном или настольном исполнении, могут быть выполнены в разных техниках (рис. 2) с применением светодиодной подсветки разного цветового спектра. Важно учитывать, что цветовая температура по-разному влияет на человека: теплый свет расслабляет и создает атмосферу уюта, а холодные тона помогают организму концентрироваться и настраивают на рабочий лад^[4].



Рис. 2. Варианты светильников (панно) с символом мандала

Список литературы:

1. Диагностика в арт-терапии. Метод «Мандала» / под ред. А.И. Копытина. – СПб.: Речь, 2005.
2. Сюзанна Фостер Финчер. Создание и интерпретация мандалы. Метод мандалы в психотерапии // Институт Общегуманитарных Исследований. – М., 2015.
3. К. Юнг. Дух и жизнь : сборник : пер. с нем. – М.: Практика, 1996., с. 201.
4. Васильева М.О., Кухта М.С. Светодизайн интерьера: традиции и современность // Дизайн. Материалы. Технология. – 2018. – № 4 (52). – С. 35–41.

ОЦЕНКА ЭМИССИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КИСЛОРОДНО-ТОПЛИВНОЙ КАМЕРЫ СГОРАНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

*А.Н. Роголев, д.т.н., доц.,
Д.М. Харламова, старший преподаватель
Т.П. Карев, аспирант каф. ИТНО
Национальный исследовательский университет «МЭИ»,
111250, г. Москва, ул. Красноказарменная, 14
тел. 8(910)-437-70-01
E-mail: RostovaDM@mpei.ru*

В кислородно-топливной камере сгорания газообразное топливо сгорает при давлении около 30 МПа с кислородом в среде углекислого газа с избытком окислителя 3 %, что оказывает ингибирующее воздействие на процесс горения. Стоит отметить, что в таких камерах сгорания из-за особенностей цикла расходы CH_4 и O_2 малы (суммарно около 8% массовой доли) по сравнению с расходом диоксида углерода (около 92 %). Высокая концентрация углекислого газа оказывает значительное влияние на динамику горения, поскольку он является ингибитором химических реакций. Углекислый газ не инертен, и при высоких температурах участвует в химических реакциях в основном согласно химическому уравнению:



Реакция CO_2 с радикалом H , значительно снижает концентрацию важных радикалов, таких как O , H и OH , образующихся в результате химического уравнения 2, что в свою очередь, снижает скорость нормального распространения пламени.



Причем, чем выше концентрация CO_2 , тем сильнее снижается скорость. Согласно данным [1], снижение доли CO_2 в смеси с окислителем приводит к росту скорости распространения пламени.

Проблема выбросов в кислородно-топливной должна рассматриваться с другой точки зрения, по сравнению с традиционными камерами сгорания газовых турбин. Поскольку цикл является замкнутым, то выбросы в атмосферу не происходят, тем не менее требования к чистоте CO_2 , предъявляемые к трубопроводному транспорту довольно строгие [2]. Известно, что выбросы CO увеличиваются из-за более медленных кинетических скоростей окисления CO , кроме того, выбросы O_2 в выхлопных газах также представляют интерес из-за стоимости и энергопотребления, связанного с производством кислорода [3].

В программном комплексе Chemkin было проведено численное моделирование горения метана с кислородом в среде углекислого газа, диаграмма реакторов показана на рис. 1.

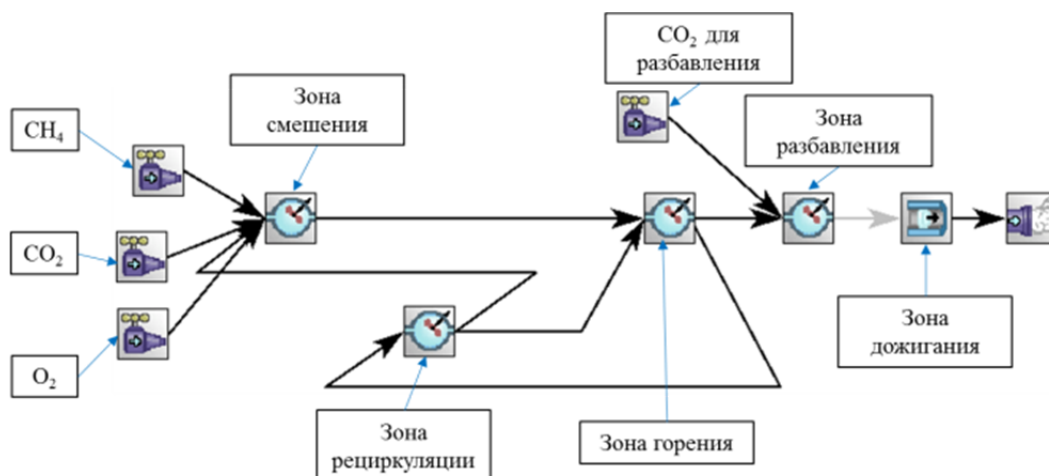


Рис. 1. Модель камеры сгорания, представленная в виде совокупности реакторов Chemkin-Pro

На базе разработанной реакторной модели камеры сгорания было изучено влияния массового содержания углекислого газа на величину эмиссии монооксида углерода на выходе из зоны горения ($\gamma = \text{CO}_2/(\text{CO}_2 + \text{O}_2)$). Моделирование проводилось для массового соотношения CO_2 в смеси в диапазоне от 0,5 до 0,944, при этом расходы CH_4 и O_2 постоянны и составляют 1 и 4,14 кг/с.

На рис. 2 показаны значения температуры и выбросов CO на выходе из зоны горения в зависимости от доли CO_2 , добавленного в область горения.

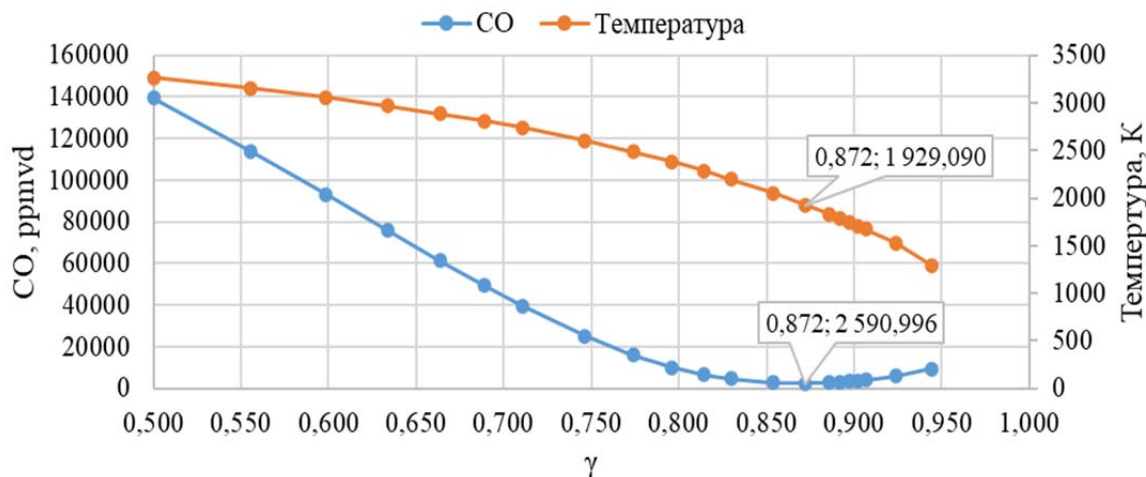


Рис. 2. Изменение температуры и выбросов CO на выходе из зоны горения в зависимости от доли CO_2 , добавленного в область горения

В результате моделирования было определено, что при температуре в зоне горения свыше 2500К имеет место диссоциация углекислого газа, что негативно сказывается на уровне выбросов монооксида углерода. Как видно из рисунка, с увеличением доли разбавителя температура горения снижается и, как следствие, уменьшается диссоциация CO_2 и замедляется реакция CO_2 с радикалом H , что приводит к понижению выбросов CO . При значении $\gamma = 0,872$ и температуре 1929,1 К выбросы CO минимальны и составляют около 2 591,0 ppm. При дальнейшем росте γ температура продолжает снижаться, а выбросы CO возрастают, что связано с ростом химического недожога из-за низких температур в зоне активного горения.

Таким образом, оптимальная величина массового соотношения CO_2 в смеси CO_2 - O_2 , позволяющая добиться наименьшего значения недожога топлива, равна 0,872.

Исследование проведено в НИУ «МЭИ» при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках государственного задания № FSWF-2020-0020.

Список литературы:

1. Комаров, И.И., Харламова, Д.М., Вегера, А.Н., Наумов, В.Ю. Исследование влияния CO_2 разбавителя на горение топлива в метан-кислородных камерах сгорания // Вестник Ивановского государственного энергетического университета. – 2021. – № 2. – С. 14–22.
2. Рогалев, А.Н., Рогалев, Н.Д., Киндра, В.О., Зонов, А.С., Махмутов, Б.А. Исследование экологически безопасных энергетических комплексов с кислородным сжиганием топлива // Новое в российской электроэнергетике. – 2019. – № 8. – С. 6–25.
3. Комаров, И.И., Харламова, Д.М., Вегера, А.Н., Наумов, В.Ю. Исследование химической кинетики процессов горения природного газа с кислородом в камерах сгорания газовых турбин на сверхкритическом диоксиде углерода // Новое в российской электроэнергетике. – 2021. – № 2. – С. 20–28.

РАЗРАБОТКА ОСНОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПЫЛЕУГОЛЬНОГО КОТЛА ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ КОМПОНОВКИ С КИСЛОРОДНЫМ СЖИГАНИЕМ ТОПЛИВА

*И.И. Комаров, к.т.н., доц.,
Д.М. Харламова, старший преподаватель
М.В. Опарин, аспирант каф. ИТНО
Национальный исследовательский университет «МЭИ»,
111250, г. Москва, ул. Красноказарменная, 14
тел. +7(910)-437-7001
E-mail: RostovaDM@mpei.ru*

В гибридных энергоблоках с перегревом пара в водородно-кислородной камере сгорания, пар с начальной температурой 540 °С и давлением 23,5 МПа получают в пылеугольном котельном агрегате с кислородным сжиганием топлива, паропроизводительность по острому пару составляет 205 кг/с [1]. Одной из наиболее значительных характеристик рациональной и экономичной работы паросиловой установки является конструктивный профиль котельного агрегата. Размещение П-образного котельного агрегата горизонтально позволит снизить протяженность паропроводов острого пара более чем в 2 раза, тем самым снизить металлоемкость конструкций, изготавливаемых их дорогих марок стали.

Однако, при выборе подобного расположения, значительно усложняется организация шлакоудаления. Поэтому весьма важно продумать несколько компоновочных решений, позволяющих обеспечить получение заданной паропроизводительности котла и параметров пара [2]. Так как в проектируемом котле реализован принцип кислородного сжигания, максимальная температура горения в зоне горения превышает 3000 °С, для ее снижения применяется рециркуляция дымовых газов. Степень рециркуляции определяется как отношение массы дымовых газов, которые идут на рециркуляцию к общей массе дымовых газов, выходящих из топки из условия поддержания в топке адиабатной температуры не более 2000 °С. Для котельного агрегата с пылеугольным сжиганием топлива степень рециркуляции по результатам расчета равна 2,04.

Габаритные размеры топочной камеры могут изменяться в зависимости от количества горелок и схемы их размещения, в силу наличия ряда ограничений. Для пылеугольного котла горизонтальной компоновки с кислородным сжиганием топлива были выбраны двухпоточные вихревые горелки с одновременной закруткой аэросмеси и вторичного окислителя с помощью лопаточных завихрителей. Направления закрутки лопаток в канале со смесью угольной пыли и кислорода и в канале вторичного кислорода ориентированы в разные стороны, что позволяет более эффективно перемешивать потоки. Разработанная вихревая горелка представлена на рисунке 4.38. Диаметр амбразуры и площади проходных сечений вычислялись в соответствии с [3]. Вид спереди на горелку приведен на рис. 1.

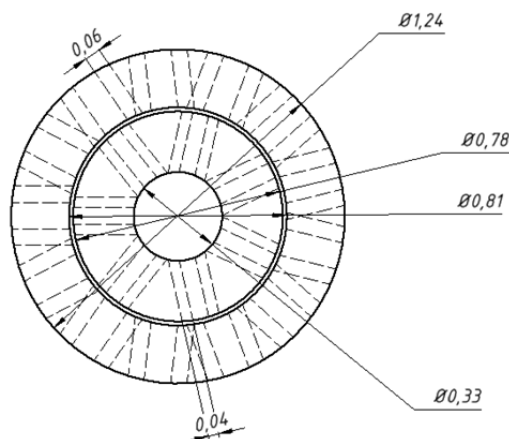


Рис. 1. Двухпоточная вихревая горелка с лопаточными завихрителям

Расположение горелочных устройств на стенках топочной камеры котельного агрегата является одним из ключевых параметров, в значительной степени определяющим полноту сгорания топлива и надежность эксплуатации. Наибольшее распространение получили фронтальное, встречное и угловое расположения.

Размещение горелок должно обеспечивать интенсивное перемешивание потоков и устойчивую вихревую аэродинамику в топочном пространстве. Для пылеугольного котла горизонтальной компоновки с кислородным сжиганием угольного топлива количество горелок подбиралось исходя из выбранной тепловой мощности горелочных устройств и самого котельного агрегата. Для рассматриваемого котла единичная мощность горелки составляет 40 МВт. В качестве компоновки горелок на стенках топочной камеры было выбрано двухъярусное встречно-смещенное: 8 горелок на боковых стенках расположены под углом в 45° к оси топочной камеры, причем зеркально относительно торцевой плоскости, а 2 оставшиеся – на торцевой стенке, как показано на рис. 2. При такой компоновке горящие потоки взаимно проникают друг в друга, обеспечивая при этом лучшее заполнение факелом топочного объема. Размещение вихревых двухпоточных горелок на фронтальной и боковых стенах с шахматным расположением позволит сформировать равномерный скоростной профиль и заполнение топочного пространства

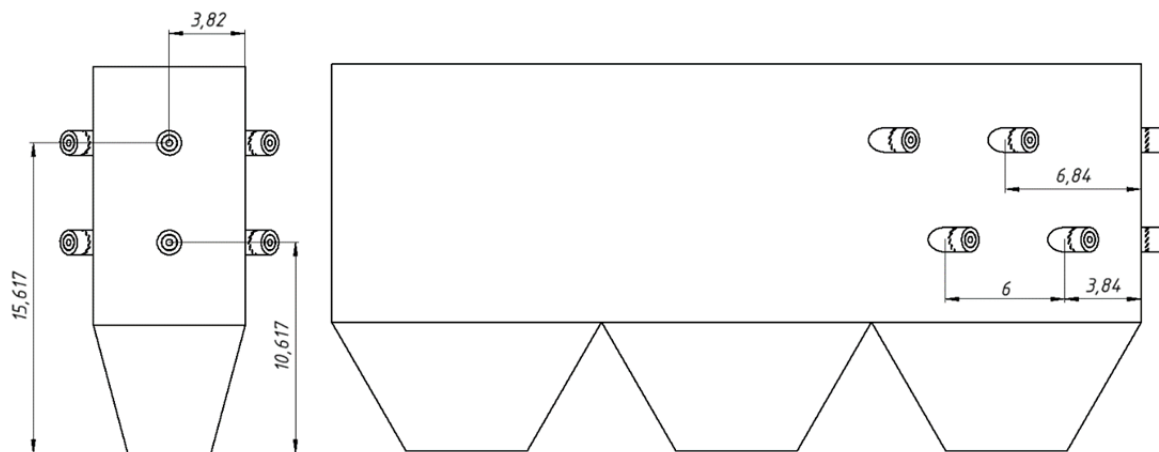


Рис. 2. Расположение двухпоточных вихревых горелок

Исследование проведено в НИУ «МЭИ» при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках государственного задания № FSWF-2020-0020.

Список литературы:

1. Рогалев, А.Н., Писарев, Д.С., Комаров, И.И., Наумов, В.Ю., Максимов, И.А. Исследование тепловых схем углекислотных энергоблоков с пылеугольными котельными агрегатами // Новое в российской электроэнергетике. – 2021. – №. 11. – С. 22–31.
2. Рогалев, Н.Д., Прохоров, В.Б., Рогалев, А.Н., Комаров, И.И., Кочерова, А.А., Ростова, Д.М. Перспективные конструктивные решения паровых котлов для энергоблоков с ультрасверхкритическими параметрами // Конференция уголь-ЭКО. – 2016. – С. 111–120.
3. Будников, Л.Г. Техническое обслуживание котельного оборудования на тепловых электрических станциях. Методические указания к практическим занятиям / Яшин В.В. – Самара: ГБПОУ «Самарский энергетический колледж», 2017. – 19 с.

ДИЗАЙН-ПРОЕКТИРОВАНИЕ ШВЕЙНЫХ МАШИН ОТ ОБРАЗА

*Н.В. Чугуй, ст. преп.,
П.С. Митяев, студент гр. ММТ-119
ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина»,
119071, г. Москва, ул. Малая Калужская, 1
тел. 8(903)770-12-94
E-mail: chuguj-nv@rguk.ru*

Швейная машина является объемно-пространственной активной динамической системой, состоящей из связанных между собой механизмов, звенья которых, преобразуя полученную энергию и информацию, совершают целесообразные перемещения, направленные на технологическую трансформацию объекта обработки [1]. Одним из критериев совершенства конструкции машины является неразрывная связь между формой, композиционной составляющей и технологической функцией [2]. Результат совместной работы дизайнера и инженера-конструктора выражает также важную социальную функцию [3]. Исследования в области методов проектирования унифицированных видов оборудования, к которым относятся швейные машины, показали необходимость анализа и поиска формообразующего смысла и значения стандартизации не в нормирующих, а в проектных, моделирующих ее функциях, истоки которых лежат в социально-культурных механизмах целостного воспроизводства элементов предметной среды [4].

Использование принципов эмоционального дизайна в проектировании технологического оборудования позволит не только создать функциональную швейную машину, которая поможет эффективно работать швее, но и вызовет положительные эмоции при взаимодействии с машиной [5].

Образ швейной машины, как правило, формирует корпус, состоящий из вертикальной стойки, рукава и нижнего основания – платформы. Наиболее распространены челночные универсальные праворукавные машины с вылетом рукава 260–280 мм. В специальных машинах форма корпуса и длина вылета рукава обусловлена удобством выполнения технологических операций. Например, длинорукавные машины предназначены для пошива или стежки одеял, штор, машины с U-образной и П-образной платформой предназначены для обработки изделий в виде трубы или рукавов, машины с высокой колонкой – для сборки объемных заготовок верха обуви [6].

Используя структурную компоновку швейной машины как технической системы [7], опираясь на философское восприятие швейной машины как источника распределения приложенной энергии на связанные механизмы для совершения финального действия, были созданы эскизы дизайн-образов швейных машин на социально-значимые темы (рис. 1, 2).



Рис. 1. Дизайн-образ швейной машины Зильбер Ангелины, гр. ДП-119

Придуманные дизайнерами визуальные образы швейных машин в процессе восприятия порождают эмоциональные реакции и эстетическую оценку, что дает возможность утверждать образность формы в качестве определенного показателя целесообразности при дизайн-проектировании [8].

Представленные эскизы используются в конструировании корпуса унифицированного ряда швейных машин. Зачастую, при разработке корпуса размеры основных элементов конструкции выбираются без предварительных расчетов, что приводит к недопустимо большим амплитудам колебаний рукава из-за неуравновешенности механизмов [9].



Рис. 2. Дизайн-образ швейной машины Истратовой Яны, гр. ДП-121

На этапе дизайн-проектирования взаимодействие дизайнера и инженера-конструктора позволит подходить к процессу создания новой швейной машины комплексно и приблизит к решению основной функциональной задачи.

Список литературы:

1. Сторожев В.В. Машины и аппараты легкой промышленности: учебник для вузов. – М.: «Академия», 2010. – 384 с.: ил.
2. Крайнев А.Ф. Идеология конструирования. – М. Машиностроение, 2003. – 384 с.: ил.
3. Васин С.А., Талащук А.Ю., Бандорин В.Г., Грабовенко Ю.А., Морозова Л.А., Редько В.А., Проектирование и моделирование промышленных изделий: учебник для вузов. – М.: Машиностроение-1, 2004. – 692 с.: ил.
4. Грашин А.А. Методология дизайн-проектирования элементов предметной среды: учебное пособие. – М.: «Архитектура-С», 2004. – 232 с.: ил.
5. Сергеев К.П., Чугуй Н.В., Зайцев Б.В., Эмоциональный дизайн в проектировании швейных машин и новая конструкция вакуумного схвата // ИНТЕКС-2014, МГУДТ. – С. 114–115.
6. Рейбарх Л.Б. Рассказы о швейных машинах. – М.: Легпромбытиздат, 1986. – 160 с.
7. Чугуй Н.В., Принципы проектирования оборудования производств легкой промышленности // ИННОВАЦИИ-2020, РГУ им. А.Н. Косыгина. – С. 114–115.
8. Антипина Е.В., Ившин К.С. Формообразование робота как дизайн-продукта // Архитектон: Известия вузов. – № 1 (69). – С. 1–7.
9. Вальщиков Н.М., Зайцев Б.А., Вальщиков Ю.Н. Расчет и проектирование машин швейного производства. – Л.: Машиностроение, 1973. – 341 с.: ил.

ОТ НАТУРНОЙ МОДЕЛИ В ДИЗАЙНЕ К КОМПЬЮТЕРНОМУ МОДЕЛИРОВАНИЮ

Д.М. Шаронов, студент группы 0А15

А.П. Соколов, к.т.н., доцент

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

тел: +7(924)385-83-93

E-mail: dms20@tpu.ru

Человек решает два вида задач – когнитивные и практические. В первом случае он изучает как устроен мир вокруг него и как устроен сам человек. Во втором случае ему необходимо решить ряд задач, чтобы поменять мир вокруг себя: изменить или создать новое устройство, здание, статую, машину и др. Процесс создания любого нового объекта включает в себя проектирование – создание прототипа, являющийся прообразом предполагаемого объекта. Всегда проще реализовать уменьшенную модель будущего изделия, чтобы проектировщик мог изучить его свойства и внести корректировку, если она потребуется. Данный способ изучения свойств реального объекта, созданных при помощи симуляции называется моделирование. Причём модель – это материальный или воображаемый объект, который в процессе познания замещает реальный объект, сохраняя при этом его существенные свойства [1]. В англоязычной среде дизайн – это любое проектирование. Тогда моделирование – этап создания прототипа, конструирование прообраза предполагаемого объекта. В русскоязычной среде дизайн подразумевает проектирование с художественными элементами.

Начинающий проектировщик сталкивается с проблемой выбора метода моделирования для решения задачи, которую он перед собой поставил. Распространённым видом моделирования является компьютерное моделирование, реализуемое с помощью набора математических средств и специальных компьютерных программ-симуляторов [1]. Эталонной моделью компьютерного моделирования принят чайник из Юты, так как искривлённые и пересекающиеся поверхности чайника хорошо подходят для тестирования различных видов материалов и параметров визуализации объектов реального мира. К данному методу относятся полигональное моделирование, NURBS-моделирование, точное моделирование в САПР.

Полигональное моделирование позволяет создать любой объект за счёт соединения полигонов создавать из них группы и формировать нужный облик модели. Полигон – это плоскость, состоящая из нескольких точек в пространстве, соединённых рёбрами. К недостаткам можно отнести следующие факторы: полигональные модели нельзя масштабировать без потери качества; объекты с большим количеством полигонов требуют дополнительного времени на обработку; аппроксимация плоскими гранями приводит к значительной погрешности, особенно при моделировании поверхностей сложной формы [2].

В NURBS-моделировании (англ. Non-uniformrational B-spline – «Неоднородный рациональный В-сплайн») объекты создаются при помощи кривых и гладких поверхностей.

Недостатком данного способа моделирования является то, что не все модели можно создать, используя NURBS-моделирование. Часто приходится сначала воспользоваться полигональным моделированием [2].

В точном моделировании в САПР модель задаётся математическими формулами. Недостатком метода является ПО, имеющее ограниченное количество элементов функционала [3].

Зачастую используют комбинированные методы, чтобы достичь лучшего результата.

Процесс создания модели, выполненной из другого материала, в другом масштабе, с отсутствием ряда деталей называется натурным моделированием. Примерами данного моделирования являются скульптурирование и архитектура.

Скульптурирование позволяет представить внешние очертания скульптуры, посредством создания её уменьшенной модели-копии [4].

Архитектура – вид дизайна. При этом натурное моделирование в архитектуре применимо в ландшафтном дизайне. Для архитектуры применимы 7 принципов проектирования, включающие следующие требования: минимальные габариты и вес; технологичность; взаимозаменяемость; долговечность, безопасность; комплексность; вариативность.

Несмотря на то, что натурное и компьютерное моделирования имеют разные границы применимости, они взаимосвязаны. Примером такой связи является 3D-печать. Созданный объект в ПО для моделирования трёхмерной компьютерной графики переходит в реальный предмет, причём полученная натурная модель выполнена из пластика. Конечно, 3D-печать уступает по разнообразию материалов натурному моделированию. Однако, в случае необходимости физического представления модели 3D-принтер выполнит эту задачу в кратчайшие сроки.

Возникает вопрос, касающийся эксклюзивности скульптур. С одной стороны, человек неограничен в своих возможностях, и он в силах напечатать множество скульптур благодаря компьютерному моделированию и 3D-печати. С другой стороны, скульптура, созданная человеческими руками, имеет эксклюзивность, в неё заложена душа создателя. Однако творческая составляющая присутствует в обоих случаях. Следовательно, метод создания скульптуры будет определяться задачей, которую поставили перед скульптором [5].

Создание нейросетей не относится напрямую к какому-либо методу моделирования. Идея создания нейронных сетей заключается в том, чтобы создать искусственный интеллект, максимально приближённый к человеческому разуму. Человек пытается воссоздать копию своих мыслей, идей, чувств, он имитирует работу своего мозга. Для данного случая справедлив термин биомимикрия – имитация моделей, систем и элементов природы с целью решения задач, которые поставил перед собой человек.

Выводы

1. Компьютерное моделирование рационально использовать, если требуется создание большого числа вариантов конструкции.

2. Компьютерное моделирование применимо для создания сложных структур объектов, требующих высокой точности.

3. Компьютерное моделирование в дизайне использует комбинированные методы для достижения лучшего результата.

4. Натурное моделирование применимо для тех задач, результатом которых является единственный экземпляр.

Список литературы:

1. Имитационное моделирование [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://portal.tpu.ru/SHARED/i/INNA/umkd/Tab>.

2. NURBS моделирование в Rhino 3D и T-Spline [Электронный ресурс]. Режим доступа – <https://habr.com/ru/post/475128>.

3. Пашкевич А.П., Чумаков О.А. Основы систем автоматизированного проектирования. – Минск: БГУИР, 2004. – 52 с.;

4. Методы работы со скульптурой [Электронный ресурс]. Режим доступа – <https://www.gessostar.ru/metod-modelirovanie>.

5. Соколов А.П., Кухта М.С. Математическое моделирование в бионическом дизайне // Труды Академии технической эстетики и дизайна. – 2016 г. – № 1. – С. 17–21.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДИЗАЙН ПРОСТРАНСТВА САЙТА ДЛЯ ТОМСКОГО ПЛАНЕТАРИЯ

А.С. Шешко, студент гр. 8ИМ22

*Научный руководитель М.С. Кухта, д.филос.н., профессор
Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
тел. (3822) 444-555
E-mail: ass142@tpu.ru*

Введение

В эпоху постоянного развития цифровых, информационных технологий можно отметить, что с каждым годом требования к качеству цифрового продукта повышаются, развивается UX/UI дизайн, появляются новые тенденции в веб-дизайне, графическом дизайне и т. д.

За все это время, методом проб и ошибок, сформировался некий стандарт качества, следуя которому можно создать хороший цифровой продукт с удобным интерфейсом и с приятным оформлением. Поэтому большинство компаний, предоставляющие товары или различного рода услуги, всегда стараются быть заинтересованными в улучшении своих интернет-площадок для повышения показателей их посещаемости, взаимодействия с ними.

Если рассматривать существующий сайт Томского планетария, то можно сразу отметить его несоответствующее нынешнему времени оформление, включающие в себя множество лишних элементов управления, текста, а также не совсем выигрышное представление услуг и афиш. Поэтому, в данной статье будут рассмотрены основные проблемы сайта, после чего предложены возможные пути их решения.

Выявление проблем сайта

Основная проблема сайта Томского планетария заключается в том, что его дизайн морально устарел (рис. 1). Вся информация расположена строго в центре в виде узкой ленты, из-за чего остаются большие пустоты по бокам сайта. Также афиши и текст представлены довольно мелко. Отсутствует порядок, гармония: где-то текст написан прописными буквами, где-то строчными, где-то был использован полужирное начертание текста, где-то применялось подчёркивание – все это создает сайту небрежный вид. Данное замечание также можно применить и к оформлению афиш. У баннеров отсутствует единое стилистическое решение, а также по формату они все разные: одни баннеры квадратные, другие имеют вытянутый прямоугольный формат – все это тоже создает дисгармонию на сайте.

Глядя на нынешний сайт Томского планетария, хочется его охарактеризовать как одеяло, которое было сшито разными лоскутками, с разными орнаментами, цветами, фактурой. Сайту определенно не хватает целостности.



Рис. 1. Главная страница сайта томского планетария

Решение

На рис. 2 представлено предложенное решение оформления сайта Томского планетария.

Как можно заметить, в данном концепте основной упор шел на упрощение интерфейса, создавая его более дружелюбным по отношению к пользователю. Элементы управления и афиши было решено сделать крупнее и заметнее. Также была проведена работа

с текстом, у него появилось разделение на заголовки, подзаголовки и на основную часть – все они имеют одинаковый простой стиль без лишних подчеркиваний и прочее. Таким образом, в текстовой части появилась структура, целостность, основные элементы выделены, дополнительная информация ушла на второстепенный план.

Цветовую палитру сайта было решено сделать такой же темной, как и на существующем сайте, но с небольшими вкраплениями голубого цвета в качестве акцента. Темная тема по большому счету ассоциируется у людей с космосом и со звездным небом, что подходит для сайта планетария. Но также будет полезно включить функцию и светлой темы, чтобы пользователь чувствовал себя комфортно, просматривая данную страницу в утреннее или в дневное время на своем телефоне.

Афиши предполагается сделать в одном стиле, т. е. на всех афишах должно быть похожее оформление изображений, формат у всех должен совпадать, текст везде должен иметь одинаковый стиль. Такой подход позволит сделать страницу сайта более аккуратной, чистой.

Также на сайте предусматривается небольшая анимация. Так, например, при наведении курсором мыши на афишу, она будет немного увеличиваться, тем самым это будет неким намеком для пользователя, что на данную афишу можно нажать и прочитать дополнительную информацию о мероприятии.

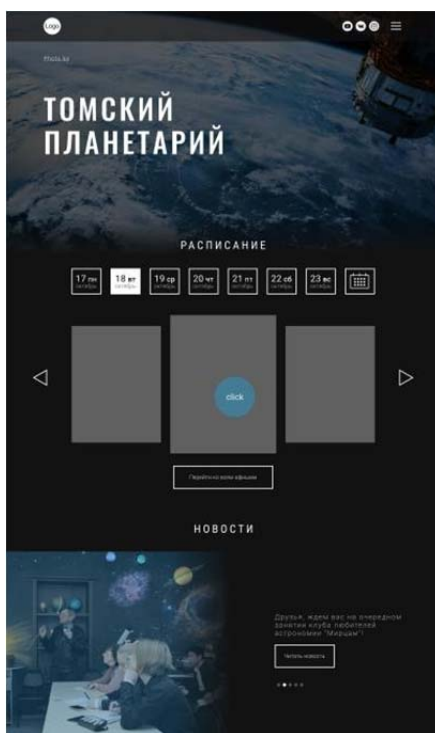


Рис. 2. Предложенный концепт сайта томского планетария

Вывод

Таким образом, в рамках данной статьи был проведен анализ существующего сайта Томского планетария и были выявлены ряд проблем и несоответствий нынешним стандартам оформления веб-ресурсов.

Итогом проделанной работы стало разработанное концептуальное решение сайта, которое в теории должно исправить перечисленные ранее проблемы.

Список литературы:

1. Эргономика информационных систем: пособие / Т.В. Калилец, В.С. Осипович, И.Ф. Киринович, В.В. Савченко, К.Д. Яшин.– Минск, БГУИР, 2017. – 73 с.
2. Нэнси Дуарте Slide:ology. Искусство создания выдающихся презентаций. – 2-е изд. – М.: Манн, Иванов и Фербер, 2014. – 297 с.

ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОСТРАНСТВА САЙТА ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

Д.В. Ярощук, студент гр. 8ИМ22
Научный руководитель М.С. Кухта, д.филол.н., профессор
Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
тел. (3822) 444-555
E-mail: dvy9@tpu.ru

UX-дизайн в современном мире развития цифровых технологий занимает передовой уровень в сфере организации пространства цифровой среды. Если раньше мир использовал цифровую среду как область получения знания или поиск информации в ограниченном количестве ресурсов, то уже сейчас современность преобразовала и перенесла многие процессы именно в электронный мир [1]. Современному человеку при поиске информации важен не только результат поиска, но и способ, процесс общения с цифровым миром. Знание основ эргономики пользования, основ цветовых сочетаний и влияния цвета на психоэмоциональное состояние человека при обзоре электронной страницы позволяют создателю цифровых продуктов достигать хороших результатов при организации цифрового пространства.

Актуальность данного вопроса заключается в переходе из реального мира пользования информацией в цифровые форматы, которые требуют больше усилий для зрительного канала при восприятии. Следовательно, правильно организованный электронный ресурс позволит снизить напряжение пользователя при обзоре страниц.

Основной вопрос визуальной комфортности продукта цифровой среды напрямую зависит от цветовых сочетаний, пропорционального баланса составляющих блоков и примененных правил эргономики пользования. Любой цифровой продукт должен учитывать направленность своего действия на начальном этапе разработки макета [2]. Создаваемый макет и, в дальнейшем, сайт проектируется для определенной целевой аудитории, определив данный критерий, можно достичь лучшего результата верстки сайта. Интерфейс информационной системы должен учитывать следующий ряд критериев: минимальное время поиска нужного раздела, минимальная неоднозначность в понимании интерфейса, объем вводимой информацией пользователем минимальный, простота и доступность [3]. Для соответствия таким критериям необходимо правильно построить алгоритм пользования интерфейсом за счет функционального, цветового и размерного соотношения элементов композиции сайта. Создатель должен предугадать и направить движение компьютерной мыши пользователя за счет организации цифрового пространства, чтобы достичь первоначальной цели создаваемого продукта.

На основе исследуемой информации был создан макет одной страницы сайта по созданию и продаже настольных, декоративных и прикроватных светильников «Дивияй». Основная задача сайта – помощь пользователю по созданию своей собственной настольной лампы за счет встроенного конструктора в сайт. Второстепенные задачи сайта – обзор каталогов, выбор и заказ светильников, вход в личный кабинет, обзор контактной информации и обзор отзывов. При проектировании такого сайта была учтена главная функция, которая поддерживается центральным элементом активной кнопки «создать лампу» и фотоизображением лампы с лучом свечения, который визуальным образом направляет взгляд читателя в нужную цель. Также визуальный комфорт поддерживается за счет применения ахроматической гаммы, как основного комфортного цвета для восприятия человеком по теории цвета Й.В. Гете. Для придания акцента сайту осветительных приборов были выбраны дополнительные оттенки желтого цвета, которые помогают пользователю ориентироваться в цифровом пространстве. В данном случае желтый вписывается в концепцию сайта не только за счет своих ассоциативных характеристик, но также выступает путеводителем, как наиболее заметный цвет.



Рис. 1. Концепт сайта осветительных приборов

В подтверждение результатов проведенной исследовательской и проектной работы данный макет сайта прошел проверку через искусственный интеллект Vas 3m, который позволяет оценить визуальный комфорт продукта цифровой среды и последовательность передвижения взгляда читателя по интерфейсу. Результаты проверки подтверждают правильность выбора расположения элементов цифровой среды, а схема движения взгляда доказывает, что пользователь первоначально увидит главную цель сайта.

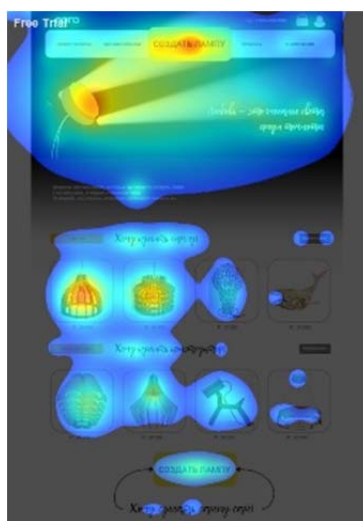


Рис. 2. Анализ визуального взаимодействия с цифровой средой

Итогом сказанного выше хочется отметить, что при создании цифровых ресурсов необходимо учитывать не только технические данные и их содержание, но и другие немаловажные стороны пользования продуктом, как визуальное комфортное восприятие цифровой среды, алгоритм или путь взгляда и цепляющие читателя точки. Нужно соблюдать тонкую, но четкую грань, которая в цифровой среде будет отвечать всем требованиям современного пользователя и выполнять главную цель продукта цифровой среды.

Список литературы:

1. Иоганн Вольфганг Гете. «Учение о цвете. Теория познания» – М.: Азбука. 2021 – 256 с.
2. Эргономика информационных систем: пособие / Т.В. Калилец, В.С. Осипович, И.Ф. Киринович, В.В. Савченко, К.Д. Яшин. – Минск, БГУИР, 2017. – 73 с.
3. История искусств: учебник / М.С. Кухта: Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 269 с.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ САЙТА ПОРТФОЛИО ФОТОГРАФА

Д.А. Мячин, студент гр.8ИИМ22

*Научный руководитель М.С. Кухта, д.филос.н., профессор
Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
тел. (3822) 444-555*

E-mail: HYPERLINK mailto:dam63@tpu.ru; dam63@tpu.ru

В данной статье рассмотрены цели проектирования сайта портфолио. Проведен анализ целевого сегмента и представлен вывод о необходимости проектирования сайта.

На текущий момент одним из важных инструментов для продажи услуг и развития бизнеса является веб-сайт. Все больше современных организаций, предоставляющих различного рода услуги, применяют информационные технологии. На сегодняшний день для успешной рекламной компании необходимо иметь свою страницу в сети интернет, с описанием предоставляемых услуг.

Выявление целей создания сайта и постановка проблемы:

Перед началом проектирования сайта-портфолио необходимо определить цели, от них будет зависеть дальнейшая судьба сайта. Зачастую при неправильной постановке задач сайт не приносит пользы и становится попросту бесполезным.

Перед началом проектирования сайта-портфолио был тщательно проведен анализ аналогичных сайтов. На текущий момент большинство сайтов имеют схожий интерфейс и набор функционала.

Проектирование сайта фотографа преследует следующие цели:

- привлечь внимание новых клиентов;
- увеличить количество потребителей предоставляемых услуг;
- стать инструментом распространения информации о фотографе;
- сконцентрировать внимание на лучших работах;
- улучшить репутацию среди имеющихся клиентов.

Веб-сайт для фотографа часто является средством для получения новых клиентов и дополнительной работы. Если сайт не соответствует определенным требованиям, то это может привести к потере возможностей в продвижении своего имени.

Одна из проблем, которую решает сайт – это возможность размещения фотографий, разбивая их по категориям. Поскольку основным содержанием сайта являются изображения, размещать их в одном месте нелогично. Необходимо разбить материал на темы и отображать его в галерее с возможностью переключения между категориями. Это не только упрощает восприятие фотогалерей, но и помогает в навигации.

Портфолио – это главный раздел сайта фотографа. Основываясь на нем, посетители решают, нравится ли им стиль, поэтому в галерею необходимо добавить свои лучшие работы, передающие видение и мастерство, а также регулярно обновлять веб-сайт, чтобы контент оставался актуальным для поддержания интереса поклонников.

Немаловажным является раздел с услугами фотографа, потому что посетители часто уходят с сайта, если не могут найти информацию о ценах на предлагаемую услугу. Необходимо спроектировать страницу с тарифами на различного рода услуги с подробной информацией и с возможностью быстро оставить заявку. Детальная информация повысит доверие пользователей и позволит определить свой бюджет.

Определение целевого сегмента потребителей:

Определение целевой аудитории является основным вопросом при проектировании сайта. От него будут зависеть остальные решения в бизнесе: как осуществлять поддержку, где искать новых клиентов, как составить маркетинговый план. Чтобы решать эти задачи эффективно, нужно знать портрет своего клиента [1].

Целевой рынок для фотографии довольно широк и включает в себя разнообразную группу людей. Один из лучших способов по-настоящему понять целевой рынок – проанализировать мотивы клиентов.

Первым этапом в обеспечении того, чтобы бизнес привлекал нужных клиентов, является понимание того, кто является идеальным клиентом. Чтобы успешно продавать фотослужбы заказчикам, необходимо понимать, кто они, и это приводит к пониманию, что им нравится.

Обязательно нужно собирать информацию о клиентах из разных источников, включая социальные сети. Необходимо понять за решением какой проблемы клиент приходит и что он хочет получить. Благодаря сбору статистики, отзывов, анализу аудитории, можно определить конкретный сегмент целевого рынка.

Самое важное – это научиться составлять общее описание целевой аудитории, затем сегментировать, а в дальнейшем разрабатывать подход к каждому сегменту, предлагая свое решение. Такой путь эффективнее, чем попытка объединить абсолютно разных клиентов в одну группу. Следуя этому, получится найти подход к людям с разными потребностями [2].

Следуя процессу сегментации, получилось определить следующую целевую аудиторию:

- люди, которым нужна фотография продукта;
- люди, которым нужна студийная фотография;
- любители автомобильной фотографии.

Исходя из этого, был сделан вывод, что на сайте в первую очередь необходимо добавить вышеперечисленные услуги, а также разместить лучшие работы в галерею из этих сегментов.

Итоги предпроектного анализа:

В ходе анализа был сделан вывод, что необходимо представить портфолио в интернет с наиболее полной информацией для этого помимо фотогалереи, на сайте должно быть размещено описание деятельности, прайс-лист, контактная информация, способы связи, запись на услуги и т. д.

Требуется спроектировать сайт портфолио фотографа, который должен соответствовать следующим требованиям:

- иметь раздел портфолио в виде фотогалереи со слайдером;
- иметь возможность записи на услугу;
- иметь раздел с отзывами;
- иметь раздел с контактной информацией;
- иметь мобильную версию сайта;
- содержать админ панель для редактирования содержимого сайта.

Помимо этого, необходимо отобразить информацию о объектах съемки, подчеркнуть на фотографиях особенности объекта съемки, отобразить визуально стиль фотографа по примерам его работ.

Список литературы:

1. Определение целевой аудитории [Электронный ресурс]. URL: <https://blog.vigbo.com/kak-opredelit-tselevuju-auditoriju-sovety-ot-sozdatelja-vigbo>.
2. Анализ целевой аудитории [Электронный ресурс]. URL: <https://serviceproekt.ru/internet/analiz-celevoi-auditorii-fotografa-primer-vy-sozdaete-kontent-dlya-mashin/>.

СЕКЦИЯ 8

НАЗЕМНО-ТРАНСПОРТНЫЕ МАШИНЫ И КОМПЛЕКСЫ

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ РЕДУКТОРОВ МОТОР-КОЛЕС АВТОСАМОСВАЛОВ БЕЛАЗ МЕТОДОМ ЛЮФТОМЕТРИИ

*Ю.А. Власов, д.т.н., профессор,
П.В. Кадимов, аспирант, В.Ю. Бекшенеков, аспирант
Томский государственный архитектурно-строительный университет,
634003, г. Томск, пл. Соляная, 2
тел. +7 (3822) 65-98-02
E-mail: yury2006@yandex.ru*

Автосамосвалы БелАЗ являются неотъемлемой частью производственных процессов при добыче полезных ископаемых на открытых горных разработках России и, в частности, на угольных разрезах Кузбасса. При этом они достаточно успешно конкурируют по широкому спектру модификаций и типоразмерному ряду с ведущими мировыми фирмами, производящими карьерную технику, Caterpillar и Komatsu [1].

Автосамосвалы БелАЗ достаточно надежные машины. ПО «БелАЗ» постоянно занимается усовершенствованием парка машин, повышая их работоспособность и обеспечивая высокую производительность. Повышая тягово-динамические свойства машин, автопроизводитель свои самосвалы особо большой грузоподъемности оснащает электромеханическими трансмиссиями, улучшая управляемость машин, уменьшая износ шин и повышая ресурс тяговых электродвигателей и редукторов мотор колес (РМК).

Однако следует отметить, что улучшение конструкций автосамосвалов в целом мало отразилось на изменениях конструкций РМК. Техническое обслуживание не предусматривает диагностические виды работ РМК без его частичной разборки. Так для того, чтобы оценить состояние ступичного подшипника и провести его регулировку следует вывесить автомобиль, снять колесо, разобрать первый ряд редуктора. Если учесть, что масса автосамосвала в снаряженном состоянии начинается от 100 тонн, то, соответственно, трудоемкость данного вида работ достаточно высокая и продолжительность простоя по времени будет значительной.

Снизить трудовые и временные затраты при выполнении технического обслуживания позволяет метод люфтометрии при диагностировании зубчатых и шлицевых передач.

В процессе эксплуатации РМК подвержены необратимым процессам изнашивания зубьев шестерен и шлицев, что также влечет изменение их геометрических размеров. Так как техническое обслуживание не предусматривает мероприятия по контролю механической части РМК [2], то исследования, которые были выполнены в условиях эксплуатации по определению технического состояния двухрядного планетарного редуктора, позволили определить диагностические параметры методом люфтометрии.

Аварийные износы сопряженных деталей РМК сопровождаются угловыми люфтами, при достижении которых эксплуатация автомобиля становится нецелесообразной. Однако нормативы таких люфтов ранее не были установлены, для чего были проведены исследования по установлению таких норм на подконтрольных РМК автосамосвалов БелАЗ-7519, эксплуатирующихся в Киселевском угольном разрезе.

Массовый замер суммарных угловых люфтов на 40 РМК проводился с использованием люфтомера собственного изготовления [3]. В основу полученных результатов были положены принципы вероятностно-статистического метода анализа данных, т.е. построены вариационные ряды и определены числовые характеристики распределения исследуемых параметров (табл. 1). При этом, числовые характеристики включали следующие значения параметра: модальное значение (мода) – $M(\phi)$, математическое ожидание – $MO(\phi)$, дисперсия – σ_{n-1}^2 , среднеквадратичное отклонение – σ_{n-1} , допустимое значение – $C_{доп}$, предельное значение – $C_{пр}$.

Числовые характеристики распределения суммарного углового зазора РМК

Суммарный угловой зазор (люфт), град.					
1-е распределение			2-е распределение		
M(ϕ)1	σ_{n-1}^2	σ_{n-1}	M(ϕ)2	σ_{n-1}^2	σ_{n-1}
18	5	2	25	14	4

Техническое состояние РМК можно разделить на две группы. Первая группа включает новые редуктора или прошедшие капитальный ремонт. Вторая группа включает РМК в период приработки или с изношенными поверхностями или пластической деформацией зубьев шестерен. Такое техническое состояние хорошо отражается через два модальных значения их числовых характеристик распределения суммарного углового зазора РМК. Так новые автомобили, впервые вышедшие на линию, имели суммарный угловой люфт 18°. Величина второго модального значения составила суммарный угловой люфт 25°. Однако во вторую группу входят также РМК, которые имеют такие характерные неисправности, как срез шлицевых соединений, отколы зубьев, усталостное поверхностное выкашивание.

Выполненные исследования позволили установить следующие значения диагностических параметров: допустимое значение параметра $C_{доп} = 22^\circ$; предельное значение параметра $C_{пр} = 33^\circ$. Первый параметр в большей степени соответствует нормам завода изготовителя, т.е. новый РМК или редуктор после капитального ремонта. Интервал от допустимого значения до предельного характеризует работоспособное состояние РМК. Однако, такие редукторы следует держать под жестким технически контролем методом люфтометрии, т. к. превышение предельного значения, как правило, ведет к отказам.

Проведенные исследования выявили следующее техническое состояние РМК парка машин:

- 10 % бортовых редукторов имеют угловые зазоры шлицевого соединения «торсионный вал – солнечная шестерня первого ряда» в зоне близкой к предельному износу;
- 12,2 % этого же соединения, находятся за пределами значений допустимого параметра;
- 5 % соединений, «водило первого ряда – солнечная шестерня второго ряда», имеют предельный износ;
- 10 % РМК, поэтому же соединению, находятся за допустимой зоной износа.

Результаты исследований позволяют предложить службам эксплуатации карьерного автотранспорта диагностировать РМК автосамосвалов БелАЗ по суммарным угловым люфтам с использованием метода люфтометрии.

Список литературы:

1. Карьерный автотранспорт стран СНГ в XXI веке / П.Л. Мариев [и др.]. – СПб.: Наука, 2006. – 387 с.
2. Власов Ю.А., Тищенко Н.Т. Исследование возможности диагностики редукторов мотор-колес автосамосвалов БелАЗ методом люфтометрии // Вестник ТГАСУ. – 2001. – № 1 (4). – С. 182–188.
3. Оценка работоспособности редукторов мотор-колес автомобилей БелАЗ методом люфтометрии / Ю.А. Власов, Н.Т. Тищенко, В.А. Аметов // Информ. листок, № 42–94. – Томск: ЦНТИ, 1994. – 4 с.

РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ НЕРАВНОМЕРНОСТИ ВЕЛИЧИНЫ ЦИКЛОВОЙ ПОДАЧИ ТОПЛИВНЫХ НАСОСОВ РАЗИЧНЫХ МОДЕЛЕЙ

Т.Е. Алушкин, к.т.н., доцент

*Томский государственный архитектурно-строительный университет,
634003, г. Томск, пл. Соляная, 2*

С.А. Полозова, студентка

*Томский сельскохозяйственный институт – филиал Новосибирский ГАУ,
634009, г. Томск, ул. К. Маркса, 19*

E-mail: timofey.alushkin@gmail.com

Надежность и работоспособность автотракторных двигателей в эксплуатации, во многом определяется техническим состоянием топливной аппаратуры. По данным [1] в случае диагностирования снижения мощности дизельного двигателя в условиях рядовой эксплуатации до 70...90 % причин связано с нарушениями в работе топливной аппаратуры. Распределение по отказам сельскохозяйственных тракторов указывает на долю отказов двигателей приходится 36,4...41,8 % всех отказов, возникающих в эксплуатации. Из этой доли 37,4...41,4 % приходится на отказы топливной аппаратуры [2]. В свою очередь на отказы ТНВД и форсунок приходится 33 и 32 %, соответственно. Значительная доля отказов (до 80 %) ТНВД и форсунок приходится на абразивный износ прецизионных изделий [3, 4].

Операция по регулировке неравномерности и величины средней цикловой подачи является одной из важнейших, входящих в советующие тест-планы [5].

В данной работе приведены результаты испытаний топливных насосов 4УТНМ, производства Ногинского завода топливной аппаратуры (НЗТА) и PP4M9P1-g фирмы Motorpal (рис. 1), устанавливаемых на двигатели Минского моторного завода Д-243, являющиеся силовыми агрегатами тракторов МТЗ-82.1

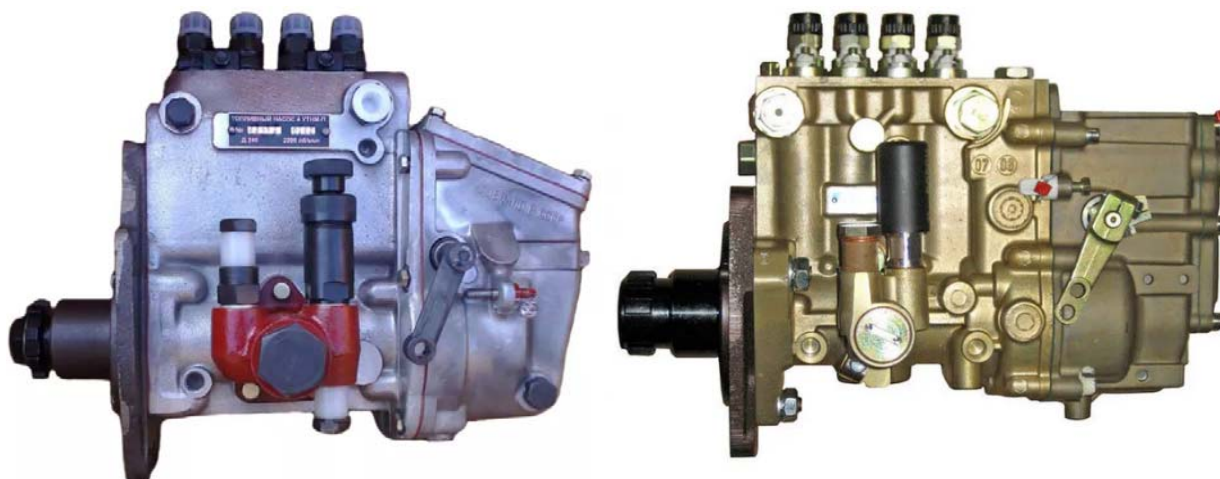


Рис. 1. Общий вид насосов 4УТНМ (НЗТА) и PP4M9P1-g (Motorpal)

Широкое применение ТНВД фирмы Motorpal обуславливается обеспечением большей долговечности таких насосов в эксплуатации, а также выполнением более жестких экологических нормативов для сельскохозяйственной техники уровня Stage 2. Далее представлены результаты испытаний указанных насосов после выполнения необходимых регулировок.

Параметры величины цикловой подачи ТНВД

Частота вращения вала топливного насоса, мин ⁻¹	Величина цикловой подачи топлива, мм ³				Величина неравномерности подачи, %
	1 секция	2 секция	3 секция	4 секция	
Насос 4УТНМ					
130	16	19	17,5	19,5	19,7
200	20,5	21	19	22	14,6
600	82	86	84	81	6
850	83	86	88	88,5	6,4
1100	72	68	71	72	5,7
1160	21	28	22	25	17,4
Насос PP4M9P1-g					
130	15	14,5	15	15,5	9,7
200	16	15	15,5	17	12,5
600	85	88	89	90,5	6,3
850	84	87	85	86	3,5
1100	72	69	72	71	4,3
1140	22	23	24	23	8,7

Результаты исследований позволяют утверждать, что величина неравномерности подачи значительно меньше на насосах фирмы Motorpal. Во время испытаний также выявлено, что величина обогащения цикловой подачи на указанном насосе в режиме пусковых оборотов значительно меньше, чем на насосе Ногинского завода топливной аппаратуры. Однако в процессе проведения экспериментов выявлено, что из 8 комплектов секций Motorpal 2 секции были отбракованы по причине не соблюдения величины подачи топлива на пусковом режиме. В то же время из 8 комплектов прецизионных изделий для насоса 4УТНМ были отбракованы один нагнетательный клапан и две плунжерных пары по причине недостаточной гидравлической плотности.

Список литературы:

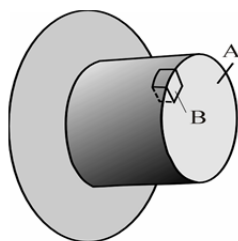
1. Леонтьев А.Л. Повышение долговечности плунжерных пар топливных насосов высокого давления судовых дизелей нанесением износостойких покрытий: автореф. дис... канд. техн. наук: 05.08.04 / Леонтьев Андрей Львович. – Владивосток, 2012. – 22 с.
2. Анализ долговечности сельскохозяйственной техники / С.А. Шишурин, А.А. Колесов, С.А. Мандров // Проблемы экономичности и эксплуатации автотракторной техники: Материалы Международного научно-технического семинара имени В.В. Михайлова. – Вып. 32. – Саратов, 2019. – С. 50–53.
3. Об износе прецизионных пар топливного насоса высокого давления при работе дизеля / Т.В. Бодякина, Е.В. Елтошкина, Т.Л. Горбунова // Актуальные вопросы аграрной науки. – 2022. № 44. – С. 6–12.
4. Яранцев М.В. Разработка метода диагностирования плунжерных пар топливного насоса высокого давления среднеоборотного дизеля: автореф. дис... канд. техн. наук: 05.04.02 / Яранцев Максим Владимирович. – Хабаровск, 2015. – 18 с.
5. Приложение к руководству по испытанию и регулировке топливной аппаратуры автотракторных дизелей. Основные регулировочные показатели топливных насосов. – Красноуфимск, 2006. – 12 с.

СТРУКТУРНО-ФАЗОВОЕ СОСТОЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЕВ АНТИФРИКЦИОННОЙ ОЛОВЯНИСТОЙ БРОНЗЫ НА ПОВЕРХНОСТИ ВКЛАДЫША ДВИГАТЕЛЯ АВТОМОБИЛЯ БЕЛАЗ

*А.А. Клопотов¹, д. ф.-т.н., профессор,
М.К. Беляев¹, ст. преподаватель, В.А. Аметов², д.т.н., профессор,
Ю.А. Власов¹, д.т.н., профессор, О.А. Куниц¹, студентка*
¹Томский государственный архитектурно-строительный университет,
634003, г. Томск, пл. Соляная, 2
тел. (3822) 444-555
²Крымский индустриально-педагогический университет
E-mail: yury2006@yandex.ru

Пары трения испытывают большие нагрузки при работе двигателей в карьерных самосвалах. В этой трибологической системе в результате суперпозиции статических и динамических нагрузок на поверхностях пар трения происходят деформационные процессы. В этих процессах механизмы зарождения и эволюции дефектов структуры определяются сочетанием комплексного воздействия разного рода деформаций (деформации сжатия и растяжения, сдвига, поворота). Благодаря тому, что эта трибологическая система работает в масляной среде происходит образование гибридных слоев на поверхности пар трения, связанных с новыми структурно-фазовыми состояниями [1, 2]. В результате активированных механическим напряжением термохимических реакций происходят процессы пассивации поверхностных слоев в парах трения. Такой пассивированный приповерхностный слой защищает исходный материал от механической и физико-химической деструкции. Наличие динамических нагрузок приводит к разрушению пассивированных защитных приповерхностных слоев. Если трибологическая система успевает после динамического внешнего механического воздействия расслаксировать, тогда система находится в динамическом состоянии перехода из одного метастабильного состояния в другое. Если трибологическая система не успевает расслаксировать на динамические внешние воздействия, тогда, кроме разрушения пассивированных защитных приповерхностных слоев в трибологической системе «агрегат – масло» начинаются процессы, связанные с массопереносом в приповерхностных слоях в парах трения [3].

С целью понимания процессов, происходящих на поверхности вкладыша двигателя автомобиля типа БелАЗ из оловянистой бронзы с высоким содержанием свинца, были проведены исследования элементного и фазового состава поверхностного слоя.



*Рис. 1. Схема приготовления образца для проведения структурных исследований.
А – плоскость поперечного сечения вкладыша; В – образец, вырезанный из вкладыша*

Для исследований был использован вкладыш из двигателя автомобиля БелАЗ. Вкладыш в данном двигателе проработал в экстремальных условиях достаточно долго (в течение 1 года). Из этого вкладыша был вырезан образец для структурных исследований. На поверхности вкладыша и фланца образовались следы износа.

Исследования морфологии поверхности и элементного и фазового состава поверхностного слоя проводили методом сканирующей электронной микроскопии («LEO EVO 50» (Zeiss, Германия)).

На рис. 2 представлены микрофотографии СЭМ, полученные с поперечного сечения вкладыша. Виден слоистый характер трибологического слоя на поверхности вкладыша. В этих слоях определен химический состав, который представлен в табл. 1. Видно, что самый верхний слой значительно отличается по химическому составу (спектр 1, табл. 1) относительно нижних слоев (спектры 2–7, табл. 1).

В этом слое концентрация атомов свинца почти на порядок выше, чем в остальных слоях. Также в этом слое наблюдается более высокое содержание атомов железа, кислорода и углерода, чем в остальных слоях. Также на поверхности верхнего слоя наблюдаются следы разрушений в виде задиров. Установлено, что элементы Cu, Sn и Pb равномерно распределены в самом верхнем слое (рис. 2, в).

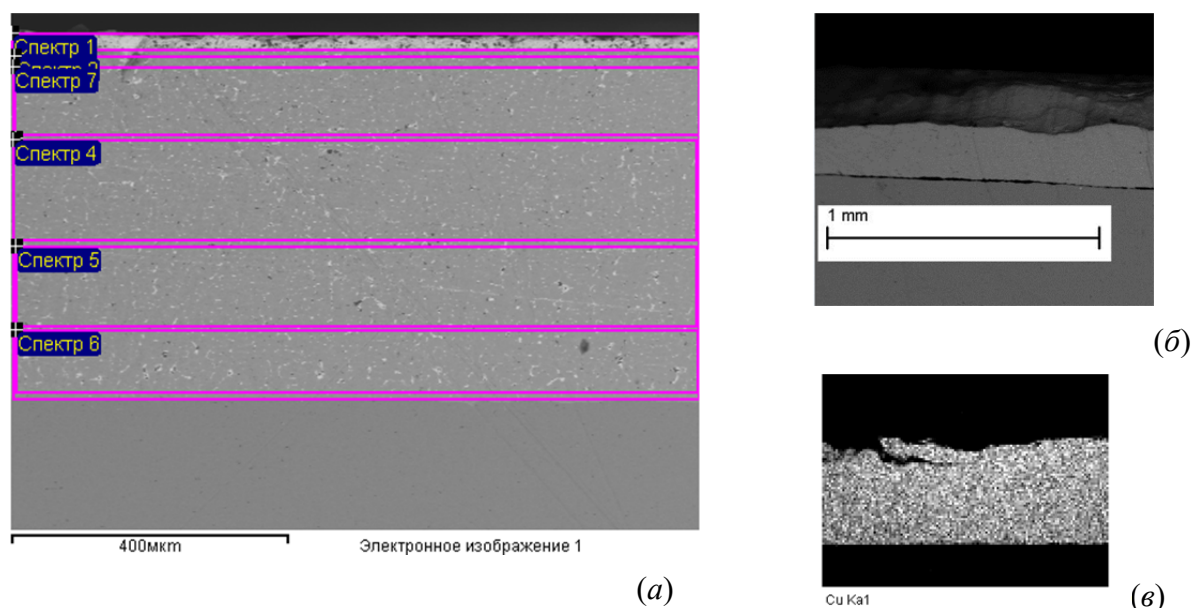


Рис. 2. Микрофотография СЭМ с торца вкладыша, отражающая слоистый характер трибослоя (а), микрофотография фрагмента верхнего поверхностного слоя (б) и верхнего слоя с катрированием по Cu (в)

Таблица. 1

Химический состав в слоях, приведенных на рис. 2, а (масс. %)

Спектр	С	О	Fe	Cu	Sn	Pb	Итог
Спектр 1	10.78	6.33	1.79	15.71	12.48	52.91	100.00
Спектр 2	4.81	1.34	0.34	87.08	2.39	4.05	100.00
Спектр 3	4.01	1.17	0.40	85.12	2.77	6.54	100.00
Спектр 4	4.75	0.89	0.39	87.57	2.41	4.00	100.00
Спектр 5	2.82	1.04	0.64	88.76	2.42	4.32	100.00
Спектр 6	3.39	1.42	1.02	87.84	2.32	4.01	100.00
Спектр 7	3.34	1.43	0.62	87.82	2.32	4.47	100.00

Анализируя представленные в табл. 1 результаты, можно отметить существенное насыщение поверхностного слоя атомами углерода и кислорода. Из табл. 1 следует, что в поверхностном слое в основном содержатся атомы Cu, Sn и Pb.

Таким образом, проведенные исследования показывают значительные процессы с массопереноса элементов в приповерхностном трибослое вкладыша.

Работа поддержана Государственным заданием Министерства образования и науки Российской Федерации (проект №. FE MN-2020-0004).

Список литературы:

1. Ахатов А.С. Молекулярная физика границ трения. – М.: Мир, 1963. – 321 с.
2. Костецкий Б.И. О роли вторичных структур в формировании механизмов трения, смазочного действия и изнашивания // Трение и износ. – 1980. – Т. 1, № 4. – С. 622–637.
3. Саркисов Ю.С., Аметов В.А., Курзина И.А., Власов Ю.А. Ресурсосберегающие технологии повышения качества и долговечности деталей, узлов и механизмов на нано-, мезо- и макроуровнях // Известия Томского политехнического университета. – 2010. – Т. 316, № 2. – С. 5–13.

ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭКОЛОГИЧНОСТИ И ТОПЛИВНОЙ ЭКОНОМИЧНОСТИ БЕНЗИНОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ ПРОМЫВКИ СИСТЕМЫ ВПРЫСКА ТОПЛИВА

А.В. Зубрицкий, ст. преподаватель.,

А.В. Шурыгин, студент гр. 3040.1

Томский государственный архитектурно-строительный университет,

634003, г. Томск, пл. Соляная, 2

тел. (3822) 654-900

E-mail: avzubritskiy@gmail.com

Одной из важнейших систем двигателя является система питания. Несмотря на повышение качества топлива, остается актуальна проблема появления различных загрязнений и отложений которые накапливаются в системе подачи топлива. Одной из самых распространенных причин неисправности электромагнитных форсунок (ЭМФ) являются загрязнения и образуемые углеродные отложения, несмотря на то, что в топливной системе устанавливаются фильтры, способные отсеивать частицы размер более 10 мкм [1, 2].

Наиболее перспективным решением этой проблемы на наш взгляд выглядит технология безразборного восстановления работоспособности ЭМФ, которая позволяет повысить технико-экономические и экологические показатели работы бензиновых двигателей.

Автомобиль для эксперимента был выбран Nissan Terrano 2017 г.в., имеющий экологический класс Евро 5. Километраж на момент начала испытания составил 89574. Топливо, используемое в эксплуатации, АИ-95-Е5.

Для проведения процедуры промывки была использована синтетическая промывочная жидкость G14 производства г. Томск, и стенд для диагностики и технического обслуживания системы питания Launch CNC 602A.

Этапы испытаний:

1) Проверка основных параметров двигателя.

2) Безразборная промывка системы впрыска топлива (метод заключается в подаче промывочной жидкости вместо бензина, производится путем отключения штатного бензонасоса с последующим подключением стенда для промывки к топливной рампе) [2].

3) Проверка параметров двигателя после промывки системы впрыска.

В ходе испытания изучались следующие параметры: содержание вредных веществ в отработавших газах (ОГ) по ГОСТ Р 52033-2003 [3], путевой расход топлива, производительность и равномерность распыла электромагнитных форсунок (ЭМФ). Степень загрязненности ЭМФ оценивали визуально, а также по производительности и равномерности подачи с использованием стенда Launch CNC 602A.

Результаты

Нормируемые показатели содержания углеводородов и окиси углерода снизились после проведения промывки в 1,5–2 раза по сравнению с первоначальными результатами, что можно увидеть на графиках (рис. 1, 2).

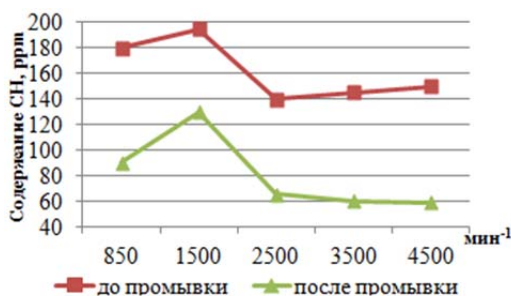


Рис. 1. Содержание СН в ОГ до и после промывки системы впрыска



Рис. 2. Содержание СО в ОГ до и после промывки системы впрыска

Снижение токсичности связано с тем, что при работе на жидкости для промывки происходит растворение отложений на распылителях ЭМФ (рис. 3, 4).

Углеродные отложения, которые покрывали распылители ЭМФ до промывки, стали значительно меньше, произошло значительное очищение отверстий и поверхности распылителей ЭМФ [2].



Рис. 3. Форсунка до промывки



Рис. 4. Форсунка после промывки

Результаты стендовых испытаний показали, что рост производительности ЭМФ после промывки составил в среднем 7,3 %, а так же выровнялась равномерность подачи топлива (рис. 5).

Замер путевого расхода топлива проводился на протяжении 3000 км до промывки и столько же после. Расход топлива фиксировался при движении автомобиля по трассе Томск-Кемерово в устоявшемся режиме при средней скорости 90 км/ч. Результаты измерения путевого расхода топлива представлены на графике (рис. 6).

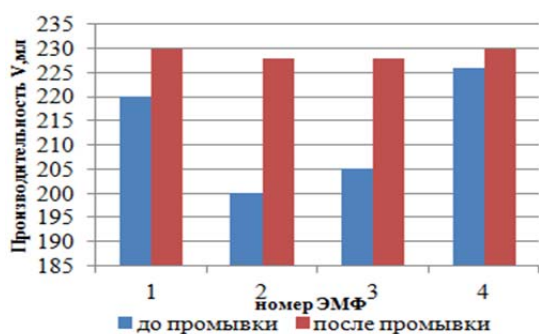


Рис. 5. Производительность ЭМФ

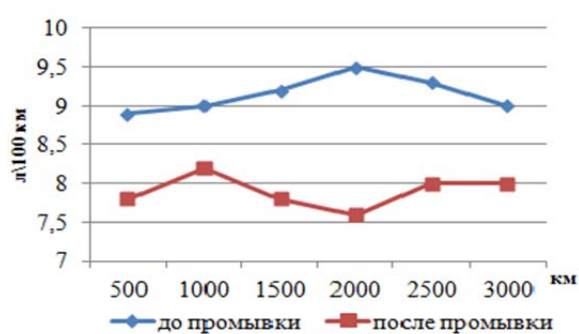


Рис. 6. Изменение расхода топлива

Анализируя графики можно сделать вывод, что после очистки распылителей ЭМФ произошло снижение путевого расхода топлива в среднем на 11 % при погрешности метода ± 3 %.

Заключение:

Промывочная жидкость G14 позволяет очистить элементы системы впрыска, что приводит к снижению расхода топлива до 9 % и токсичности отработавших газов в 1,5–2 раза по нормируемым выбросам.

Список литературы:

1. Ерохов В.И. Системы впрыска бензиновых двигателей (конструкция, расчет, диагностика) / В.И. Ерохов. – М.: Горячая линия-Телеком, 2011. – 552 с.
2. Зубрицкий А.В. Исследование влияния жидкости для промывки системы подачи топлива, на экологичность и топливную экономичность бензиновых двигателей// Электронный научный журнал. – 2016. – № 8. – С. 36–42.
3. ГОСТ Р 52033-2003. Автомобили с бензиновыми двигателями. Выбросы загрязняющих веществ с отработавшими газами. Нормы и методы контроля при оценке технического состояния. – Введ. 2004–01–01. – М.: Консультант Плюс, 2003.

О ЧИСТОТЕ МОТОРНЫХ МАСЕЛ В ДИЗЕЛЯХ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

В.Д. Исаенко, к.т.н., с.н.с.,

П.В. Исаенко, к.т.н., доц.,

А.В. Исаенко, к.т.н., доц.,

А.А. Черепович, магистрант

Томский государственный архитектурно-строительный университет,

634003, г. Томск, пл. Соляная, 2

тел. (3822) 65-98-02

E-mail: isaenko_pv@mail.ru

Многолетний опыт эксплуатации автотранспортных средств (АТС) показал, что качество моторного масла двигателей внутреннего сгорания (ДВС) по своим показателям может существенно отличаться от стандартных значений и технического регламента [1] в силу корректировки реальными условиями и эффективностью средств очистки масла. А поскольку двигатель и масло составляют единую трибологическую систему «ДВС – масло», то долговечность его базовых деталей всецело зависит от качества масла в процессе её работы [2, 3].

Очевидно, что наиболее значимыми показателями, определяющими состояние системы «ДВС – масло» являются: загрязнённость, вязкость, проницаемость и щелочное число.

Основную долю абразивного изнашивания деталей привносит загрязнённость масла. Это, негорючая составляющая примесей (НП), и приводит к массовому абразивному изнашиванию сопряжённых поверхностей. Степень их влияния на износ зависит прежде всего от дисперсного состава пыли и содержания основного её компонента – кремния (Si), являющегося своеобразным индикатором абразивного изнашивания [2, 3, 4].

Если на ранее выпускаемые дизели КамАЗ, не входящие в экологический класс, устанавливали фильтры тонкой очистки масла на полном потоке и центрифугу (ЦФ) на ответвлении, то на современные дизели устанавливают фильтры тонкой и грубой очистки вместо ЦФ.

Отказываясь от центрифуг, моторостроители исходили из того, что для современных дизелей разработан целый ряд моторных масел с высокоэффективными присадками, исключающими образование шламовых отложений, для задержания которых требуется центробежная очистка.

В ранее выполненных работах [3, 4, 5] было показано, что между концентрацией негорючих механических примесей в работающем масле и износом железосодержащих деталей существует тесная корреляционная связь ($r = 0,85-0,87$) в виде $Fe = f(НП)$. В настоящем исследовании этот процесс представлен математическими моделями на рисунке.

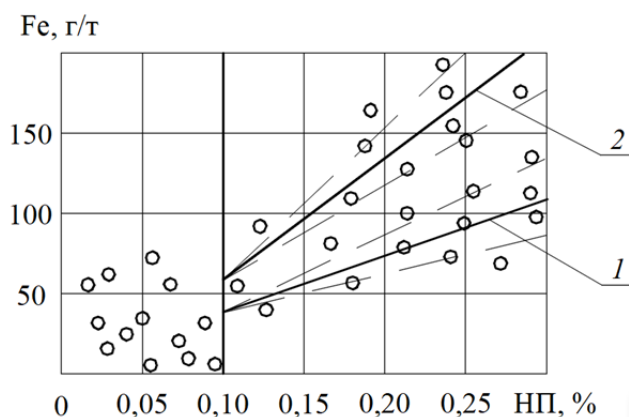


Рис. Характер связи содержания износа железа (Fe) от негорючей составляющей НП в моторном масле дизелей КамАЗ без центрифуги:

$$1 - Fe = 0,32 \cdot 10^3 НП + 1,3 \quad (r = 0,87) - SAE 5W-40;$$

$$2 - Fe = 0,64 \cdot 10^3 НП + 2,7 \quad (r = 0,85) - M10G2K; - - - - \text{ линия ограничения зоны дисперсии}$$

Видно, что в зоне малых концентраций НП на процесс изнашивания деталей заметного влияния не оказывают независимо от марки масла. В этой зоне частицы загрязнения носят низкодисперсный характер, соизмеримый с толщиной масляной плёнки на трущихся поверхностях сопряженных деталей. Содержание износного Fe выше браковочной нормы [2] резко возрастает при НП больше 0,1 %. Работа двигателей на масле SAE в 2 раза снижает износ.

Учитывая, что подшипники коленвала высоконагруженных дизелей состоят из стального основания с алюминиевым слоем, покрытым сплавом свинца и меди, в настоящей работе получены результаты их износа в зависимости от концентрации Si в масле, как продукта загрязнения (таблица).

Таблица

Среднестатистические балансовые уравнения загрязнения и износа подшипников коленчатого вала дизелей КамАЗ

Наличие центрифуги в ДВС	Марка масла	Динамика процесса загрязнения		Модель абразивного изнашивания			
		Si = f(L)		Pb = f(Si)		Cu = f(Si)	
		Вид зависимости	Теснота связи, r	Вид зависимости	Теснота связи, r	Вид зависимости	Теснота связи, r
есть	M10Г ₂ К	0,71L + 0,92	0,72	0,92Si + 0,75	0,75	0,18Si + 0,15	0,67
	SAE 5W-40	0,17L + 0,37	0,91	0,22Si + 0,40	0,64	0,15Si + 0,25	0,80
	Смесь	0,83L + 1,84	0,84	1,85Si + 0,51	0,67	0,37Si + 0,36	0,77
нет	M10Г ₂ К	3,15L + 3,68	0,81	2,42Si + 1,00	0,72	0,63Si + 0,22	0,84
	SAE 5W-40	0,91L + 2,14	0,92	0,74Si + 0,20	0,66	0,46Si + 0,37	0,78
	Смесь	4,86L + 4,58	0,78	2,44Si + 0,90	0,75	1,74Si + 0,81	0,90
Повышение, раз		1,6; 5,0; 5,5	–	1,32; 3,36; 1,32	–	2,4; 3,0; 4,7	–

Из таблицы следует, что процесс абразивного изнашивания подшипников имеет линейную зависимость при достаточной тесноте связи между элементами. При этом работа дизелей с ЦФ на M10Г₂К увеличивает рост износных частиц в масле в 1,2–4 раза по сравнению с SAE, тогда как без ЦФ – в 1,5–5 раз. Смесь из масел приводит к их росту на порядок выше.

Таким образом, представленные результаты исследования системы «ДВС – масло» дизелей КамАЗ свидетельствуют о целесообразности применения масляных центрифуг независимо от марки масла, что способствует повышению эксплуатационного ресурса их деталей и масляных фильтров тонкой очистки.

Список литературы:

1. Технический регламент Таможенного союза «О требованиях к смазочным материалам, маслам и специальным жидкостям»: принят решением Совета Евразийской экономической комиссии от 20.07.2012 № 59 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/902359438>.
2. Соколов А.И. Изменение качества масла и долговечность автомобильных двигателей. – Томск: Изд-во ТГУ, 1976. – 122 с.
3. К вопросу выбора смазочного масла для двигателей КамАЗ / В.А. Аметов [и др.] // Ученые записки Крымского инженерно-педагогического университета. – 2018. – № 3 (61). – С. 186–191.
4. Исаенко В.Д. Анализ надежности защиты автомобильных дизелей от абразивного изнашивания и разработка мер, направленных на ее повышение: дис... канд. техн. наук. – Л. – 1983. – 220 с.
5. Исаенко В.Д., Исаенко А.В., Исаенко П.В. Центрифугу убрать нельзя оставить // III Международная научно-практическая конференция. – Волгоград, 2016. – С. 15–23.

КОНТРОЛЬ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ ПОДЪЁМНО-ТРАНСПОРНЫХ МАШИН

*В.С. Калиниченко, старший преподаватель,
Ю.А. Власов, д.т.н., проф.*

*Томский государственный архитектурно-строительный университет,
634003, г. Томск, Соляная площадь, 2, к. 4
тел. 8-913-876-13-77
E-mail: kvs-2010@mail.ru*

Для исследований эксплуатационной нагруженности машин и конструкций разработаны эффективные методы натурной тензометрии, обеспечивающие проведение исследований статических, квазистатических и динамических деформаций (напряжений) при высоких и низких температурах [1]. Экспериментальные тензометрические методы применяются при проведении приёмо-сдаточных и периодических испытаний грузоподъемных кранов [2] и мобильных подъемников [3]. Метод теплового неразрушающего контроля на основе механизма деформационного теплообразования на сегодняшний день имеет значительные перспективы внедрения при испытании металлоконструкций машин [4–7]. Основным требованием, предъявляемым к металлоконструкциям ПТМ, является сохранение несущей способности, при этом прогибы и деформации в общем случае не нормируются, а, следовательно, в целях экономии при проектировании можно использовать все ресурсы пластической работы материала. По сути, конструкция должна обладать свойством живучести при воздействии на нее кратковременных динамических нагрузок. Применение методов теории живучести технических систем и статических и динамических оценок функционирования технических объектов позволяет точнее определить остаточный ресурс металлоконструкций ПТМ, после воздействий нормативных и сверхнормативных динамических нагрузок [8]. Цель данной работы заключается в разработке метода неразрушающего контроля напряженно-деформированного состояния ПТМ и в частности подъемников пантографного типа при проведении приёмо-сдаточных и периодических испытаний.

Экспериментальные исследования и обработка результатов испытаний опытного образца подъемника пантографного типа, позволили получить новые статистические данные применяемых методов неразрушающего контроля. Многоканальная тензометрическая система [9] достаточно точно позволила оценить напряженно-деформированное состояние в отдельных точках конструкции на предмет соответствия проектным, расчетным нагрузкам. Метод теплового неразрушающего контроля на основе механизма деформационного теплообразования синхронно использован при испытаниях (рис. 1).

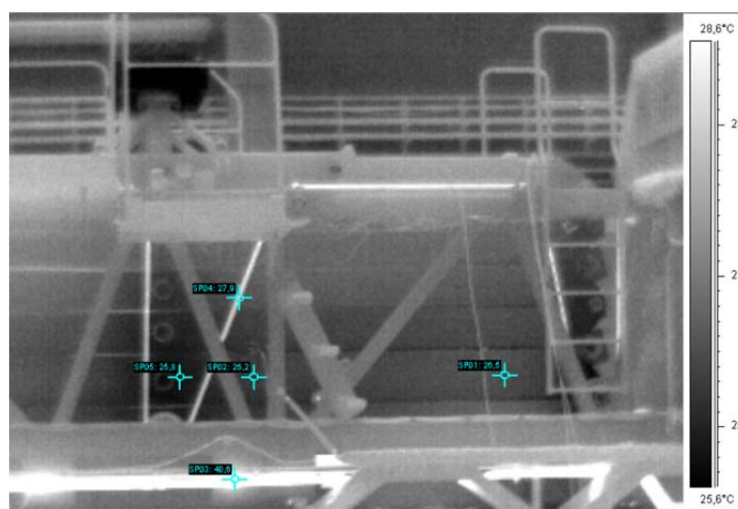


Рис. 1. Термограмма испытаний подъемника, начало подъема

Цена деления или единица младшего разряда для каждой измерительной системы определяется по формуле (1):

$$1_{mp_i} = \frac{\varepsilon}{\Delta C}, \quad (1)$$

где ε – относительное значение деформации в конструкции; ΔC – показания системы при определении единицы младшего разряда.

Единицу младшего разряда теплового неразрушающего метода контроля на основе механизма деформационного теплообразования получили на основе сопоставления с данными тензометрии. Изменение деформации преобразуется в выделение тепла в диапазоне температурного поля, заданного пределами тепловизионного измерительного оборудования.

Таким образом, в работе показано, что измерение деформаций и напряжений обеспечивается применением тензометрического метода, который обладает достаточной точностью измерений, но получаемая испытательная информация ограничена областями установки тензодатчиков. Разработан метод отказоустойчивого контроля напряженно-деформированного состояния металлоконструкций ПТМ, который обеспечивается применением дублирующего, косвенного, дистанционного метода измерения механических напряжений и деформаций средствами инфракрасной термографии.

Список литературы:

1. Прочность, ресурс, живучесть и безопасность машин [Текст] / Н.А. Махутов [и др.]; отв. ред. Н.А. Махутов. – 2-е изд., стереотип. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2019. – 576 с.
2. ГОСТ 32579.1–2013 Краны грузоподъемные. Принципы формирования расчетных нагрузок и комбинаций нагрузок. Часть 1. Общие положения [Текст]. – Введ. 2015-06-01. – М.: Стандартинформ, 2015. – 34 с.
3. ГОСТ 34443–2018 Мобильные подъемники с рабочими платформами. Расчеты конструкции, требования безопасности, методы испытаний [Текст]. – Введ. 2019-07-01. – М.: Стандартинформ, 2018. – 86 с.
4. Вавилов, В.П. Инфракрасная термография и тепловой контроль [Текст] / В.П. Вавилов. – М.: ИД Спектр, 2009. – 544 с.
5. Вавилов В.П. / Тепловой неразрушающий контроль материалов и изделий (обзор) [Текст] // Дефектоскопия. – 2017. – № 10. – С. 34–57.
6. Мойсейчик, Е.А. Исследование и разработка метода теплового неразрушающего контроля стальных конструкций на основе механизма деформационного теплообразования [Текст]: дис. ... д-ра. техн. наук: 05.11.13: защищена 18.08.2019 / Мойсейчик Евгений Алексеевич. – М., 2019. – 277 с. – Библиогр.: с. 215–262.
7. Moysychik, E.A., and V.P. Vavilov, "Analyzing patterns of heat generated by the tensile loading of steel rods containing discontinuity-like defects," International J. of Damage Mechanics, vol. 27, no. 6, pp. 950–960. June 2018.
8. Makhutov, N.A., Gadenin, M.M., Lepikhin, A.M., and Y.I. Shokin, "Justifying calculations of the security of promising machines and man-machine systems on the risk criteria of accidents and disasters," J. of Machinery Manufacture and Reliability, vol. 47, no. 5, pp. 442–450. September 2018.
9. Пат. RU 101811 U1 Российская Федерация, МПК (2010) G 01 B 7/16. Многоканальная тензометрическая система для статических или динамических испытаний металлоконструкций строительных машин [Текст] / Ананин В.Г., Однокопылов Г.И., Калиниченко В.С.; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО Томский госуд. архит.-строит. университет. Заявка: 2010140385/28; заявл. 01.10.2010; опубл. 27.01.2011, Бюл. № 3. – 14 с.: ил.

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА РАБОТОСПОСОБНОСТИ СИСТЕМЫ СМАЗКИ АВТОТРАКТОРНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

*М.Ю. Мещеряков, аспирант
Томский политехнический университет,
634050, г. Томск, пр. Ленина, 30,
тел. (3822) 444-555*

*А.Я. Зверков, старший преподаватель
Томский сельскохозяйственный институт – филиал Новосибирский ГАУ,
634009, г. Томск, ул. К. Маркса, 19
тел. (3822) 51-57-05
E-mail: justbegold@outlook.com*

Согласно ГОСТ 20911-89 [1] в задачи технической диагностики входят контроль технического состояния машин, поиск места и определение причин отказа или неисправности, прогнозирование технического состояния (ресурсное диагностирование). Предыдущими исследованиями установлено что, по причине износов, доля отказов технологических и транспортных машин в эксплуатации варьируется в пределах 39,8...80% [2, 3]. Очевидно, что часть этих отказов происходит по причине нарушений работоспособности системы смазки. Например, по данным [4] установлено, что отказы системы смазки двигателей ЯМЗ-238НБ составляют 14,4%.

Создание приборов для оценки технического состояния систем смазки силовых агрегатов автотракторных двигателей следует считать важным научным направлением. Создание и внедрение таких приборов на производстве, вместе с обновленными регламентами проведения операций технического диагностирования в условиях эксплуатации, позволит повысить безотказность работы указанной системы, а значит и силовых агрегатов в целом. Литературный анализ показывает, что есть серийное испытательное оборудование, которое позволяет оценивать работоспособность смазочной системы у рассматриваемых агрегатов [5, 6]. У известного серийного оборудования нет возможности оценивать изменение рассматриваемых диагностических параметров в динамике. Как правило, у существующих приборов есть возможность оценивать один параметр и нет возможности записи регистрируемых параметров, и, как правило, учитывается один показатель работы. Постановка корректного диагноза по одному параметру, вдобавок, оцениваемому статично не всегда позволяет достоверно сделать диагноз. Совершенствование процесса технического диагностирования, возможно за счет расширения номенклатуры оцениваемых параметров в течение некоторого времени, с последующим проведением оценки записанных сигналов. В качестве параметров диагностирования были выбраны:

- давление перед поступлением в ротор фильтра центробежной очистки;
- температуру масла после центробежной очистки;
- частоту вращения ротора центробежного фильтра.

Предложена конструкция прибора и программа для ЭВМ [7], предназначенного для диагностирования системы смазки силовых агрегатов транспортных и технологических машин. Разработана монтажная схема прибора, которая приведена на рис. 1.

В качестве микроконтроллера используется Arduino NANO (1), в алгоритм программы которого прописано выполнение снятия показаний с цифрового датчика температуры масла (6), аналогового датчика давления масла (7) и цифрового индуктивного датчика измерения оборотов ротора центробежного фильтра (8) с последующей записью на цифровой носитель с помощью подлеченного модуля для SD карт (4). Данные записываются в табличной форме, которые в последствии удобны для обработки, посредством использования сторонних программ. Прибор является автономным за счет использования модуля для литиевых аккумуляторных батарей (10). Для управления устройством имеются тумблер подключения питания (9), кнопка включения и выключения записи на цифровой но-

ситель (5), а также кнопка для включения отображения уровня заряда литиевой аккумуляторной батареи на специальном модуле (11). Для отображения измеряемых значений параметров с датчиков, включения записи на цифровой носитель или её ошибок, в режиме реального времени при работе устройства, используется экран LCD 2004 (2).

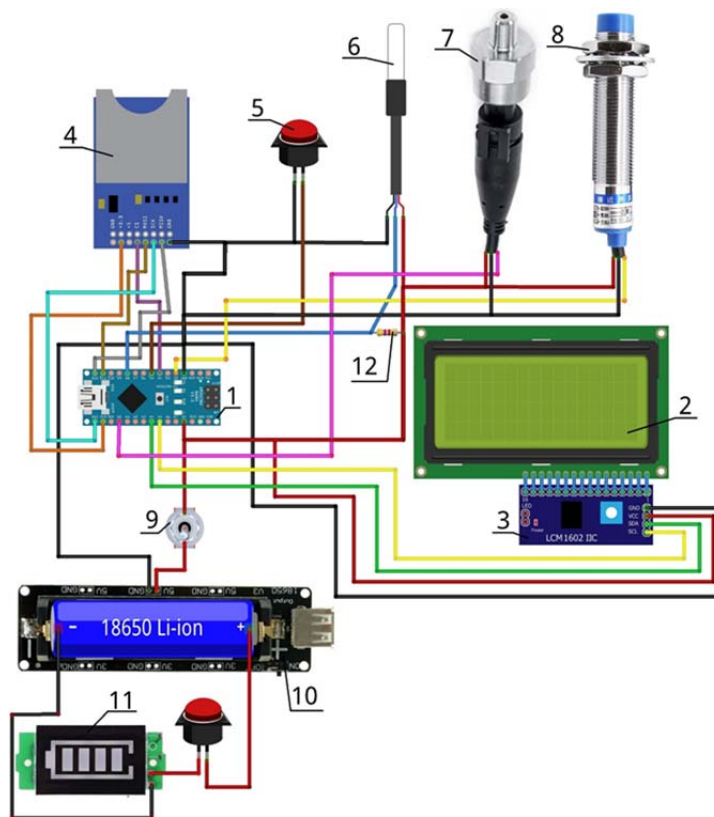


Рис. 1. Монтажная схема:

1 – отладочная плата; 2 – LCD экран; 3 – переходник на шину I2C; 4 – модуль SD-карты; 5 – тактовая кнопка; 6 – датчик температуры; 7 – датчик давления масла; 8 – датчик частоты вращения ротора; 9 – тумблер питания; 10 – модуль питания; 11 – индикатор заряда; 12 – резистор

Полученный образец прибора проходит испытания в лаборатории технической эксплуатации машинно-тракторного парка Томского сельскохозяйственного института.

Список литературы:

1. ГОСТ 20911-89 Техническая диагностика. Термины и определения. – М.: Стандартинформ, 2009. – 10 с.
2. Мухаметшина Р.М. Трибологические отказы дорожно-строительных машин // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2016. – № 1 (2). – С. 252–255.
3. Немцев, А.Е. Система Технического сервиса в АПК / РАСХН. Сиб. отд-ние. СибИМЭ. – Новосибирск, 2002. – 264 с.
4. Королёв А.Е. Распределение отказов двигателей // Научный журнал «Novaum». [Электронный ресурс]: URL: <http://novaum.ru/public/p412> (дата обращения 31.10.2022).
5. Петрищев Н.А. Универсальное контрольно-диагностическое 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. С. – 5–10.
6. Капусткин А.О. Диагностирование технического состояния центробежных фильтров очистки масла на стенде КИ-28256.01. Труды ГОСНИТИ. Том 111. – № 1. – 2013. – С. 13–17.
7. PLSD program. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. RU2022612504. Дата государственной регистрации 28 февраля 2022 г.

ИНТЕГРИРОВАННАЯ СИСТЕМА БЕЗОПАСНОСТИ ЛИФТА

*М.Ю. Попов, к.т.н. доц.,
А.В. Негодин, ст.преподаватель
Томский государственный архитектурно-строительный университет,
кафедра «Строительные и дорожные машины»,
634003, г. Томск, пл. Соляная, 2
тел. (3822) 65-19-15
E-mail: pmu11@mail.ru*

Существующая система безопасности лифта, 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. Так как канат остановился, а кабина продолжает движение, рычаг включения ловителей через систему рычагов приводит в движение тяги включения ловителей, кабина останавливается там, где ее застало срабатывание ограничителя скорости.

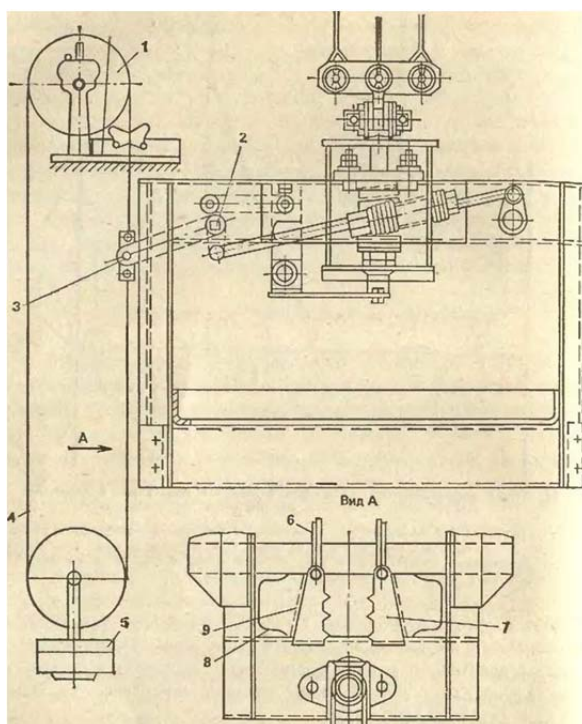


Рис. 1. Существующая система безопасности лифта

Данная система проработала достаточно долгое время, и имеет свои достоинства и недостатки.

Достоинством данной системы является его механический привод, а следовательно и высокая надёжность. Правила устройства и безопасной эксплуатации лифтов до недавнего времени имели пункт, который не допускал применения электрических, гидравлических и пневматических устройств для привода ловителей. Однако механическая система требует постоянной регулировки, смазки. Наличие каната ограничителя скорости требует регулярной проверки достаточности сил трения между шкивом и канатом для приведения в действие ловителей. Кроме того посадка кабины лифта на ловители, произойдет в том месте шахты, где её застанет момент срабатывания ограничителя скорости. Львиную долю

посадок на ловители занимают нарушения пассажирами правил эксплуатации лифтов. Кабина садится на ловители между этажей, в результате пассажиры на неопределенное время остаются в «плёну», с возможным негативным развитием событий (паника пассажиров, самовольное открывание дверей кабины).

В новых правилах устройства и безопасной эксплуатации лифтов [1] отсутствует пункт о том, что привод ловителей должен быть сугубо 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.

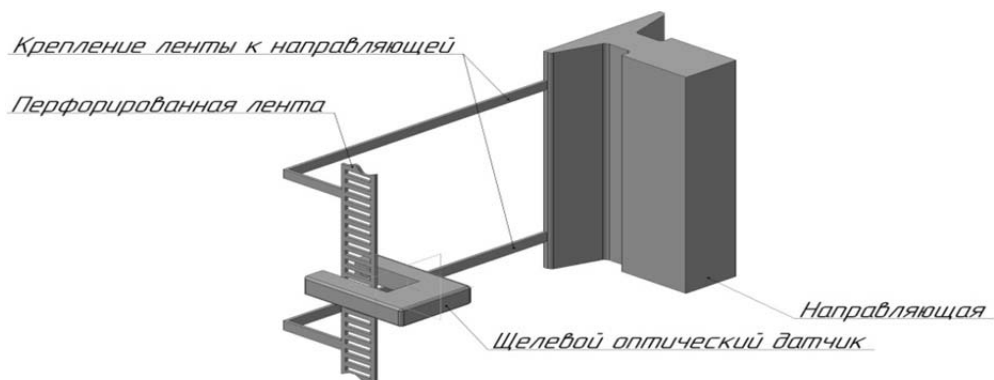


Рис. 2. Предлагаемая схема размещения оптического щелевого датчика

Так же в системе находятся 2 клиновых односторонних ловителя (по обе стороны кабины) приводимые в действие ленточной пружиной (рессорой). В рабочем положении втягивающие электромагниты удерживают ловители в расклиненном положении. При превышении скорости, т. е. при аварийной ситуации, электромагниты отключаются, и рессора подкинет клин к направляющей. Произойдет самозатягивание клинового ловителя и кабина остановится.

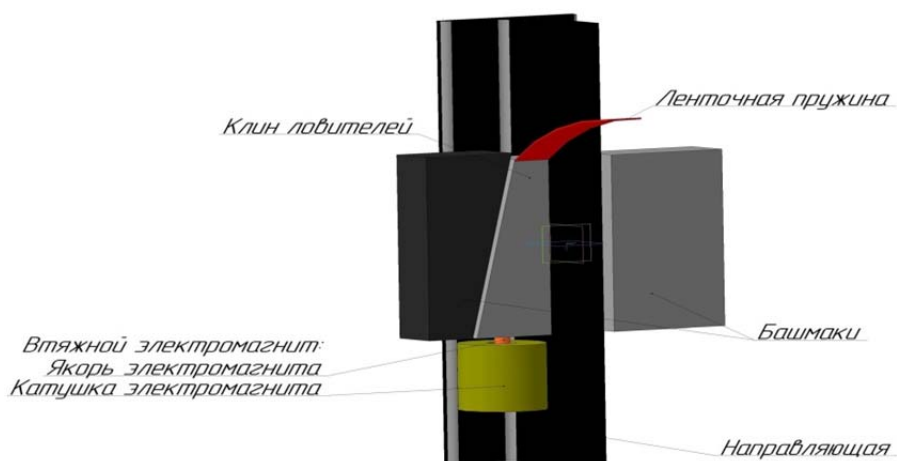


Рис. 3. Предлагаемая схема размещения клинового ловителя.

Электрическая схема данной системы безопасности оснащена микропроцессором, который получая сигнал от датчика ограничителя скорости, анализирует информацию и делает вывод о включении ловителей.

Список литературы:

1. Правила устройства и безопасной эксплуатации лифтов. ПБ 10-558-03. – С.136.

ВЫБОР ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ЭКСПРЕСС КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА РАБОТАЮЩЕГО МАСЛА

*Ю.А. Власов, д.т.н., проф., В.Р. Фукс, к.т.н., доц.,
О.В. Ляпина, ст. преподаватель, А.Н. Ляпин, инженер,
Томский государственный архитектурно-строительный университет,
634003, г. Томск, пл. Соляная, 2
тел. +7 (3822) 65-98-02
E-mail: yury2006@yandex.ru*

Для оценки возможностей экспресс-методов контроля качества работающих масел, с целью диагностики агрегатов машин с замкнутой системой смазки, были выбраны два метода. Эти методы базируются на изменениях диэлектрической проницаемости среды, и интенсивности свечения в высоковольтном тлеющем разряде (ВТР).

Инструментальной составляющей первого метода диагностирования является прибор «индикатор качества масла» (ИКМ), с плоским емкостным датчиком измерения неэлектрических величин. Показания прибора определяются по величине значения диэлектрической проницаемости среды, после нанесения исследуемого масла на обкладки сенсора конденсатора. Результаты фиксируются в виде числового значения в условных единицах.

Оценка работающего масла по интенсивности свечения (второй метод), предлагаемая к рассмотрению в данной работе, близка к методу спектрального анализа масла. Технический результат диагностирования качественных характеристик работающего масла достигается тем, что проба масла помещается в область высоковольтного тлеющего разряда, где регистрируется свечение разряда, и обрабатывается зарегистрированная информация. Алгоритмическая обработка информации основана на одновременной сравнительной интенсивности свечения диагностируемого и эталонного масла. Свечение проб масла регистрируется путем цифрового фотографирования, и полученные изображения заносятся в базу данных компьютера в виде цифрового файла [1, 2].

Рассмотрим инструментальную составляющую приборов ИКМ и ВТР, которая базируется на пяти условиях самодостаточности [3].

Первое условие заключается в том, что измерительные устройства имеет свою электрическую блок-схему, которая расположена в едином корпусе, и не предполагает дополнительных приборов, позволяющих судить о выполняемом анализе масла, по каким-либо другим признакам.

Второе условие предполагает за одну проверку определить наличие структурных изменений (окисление) или приобретенных состояний (вода, топливо, механические загрязнители) свежего или работающего масла. Такой универсальный подход, на наш взгляд, хорошо проявляется у прибора ИКМ. Высокочастотное электрическое поле, создаваемое в среде исследуемого масла, позволяет по изменению диэлектрической проницаемости среды фиксировать различные отклонения сигнала на сенсоре конденсатора. Метод ВТР позволяет концентрацию накопившихся нежелательных компонентов в смазочном масле определять через напряженность поля по изменению интенсивности свечения исследуемого смазочного масла.

Портативность средств диагностирования предполагает частую транспортировку диагностического оборудования и его монтаж в местах использования. Исследуемые методы диагностики ИКМ и ВТР не имеют в комплекте дополнительных стеклянных приборов и посуды, что повышает их надежность. Таким образом, методы удовлетворяют третьему условию самодостаточности.

Четвертое условие, использование приборов в полевых условиях, выполняется частично. Ограниченность использования характеризуется двумя признаками. Во-первых, для приборов ИКМ и ВТР таким ограничением является ресурс источников бесперебойного питания. Во-вторых, для чистки сенсора прибора ИКМ необходим бензин-

растворитель «Калоша», а для ВТР условием работы является наличие беззольного фильтра «белая лента», в котором пропитываются пробы масел. Других ограничений по числу проводимых анализов нет.

Пятым условием самодостаточности средств экспресс-диагностирования являются минимальные габаритные размеры. Прибор ИКМ имеет размер 154×64×34 мм и вес не более 0,2 кг. Прибор ВТР имеет габаритные размеры 220×156×110 мм и предполагает наличие специального кейса, для использования в полевых условиях, и переносного ноутбука в комплекте.

Методическая составляющая экспресс-диагностирования неразрывно связана инструментальной составляющей, т. к. производственные технологические процессы невозможны без средств технического оснащения. Приборы ИКМ и ВТР являются достаточным приборным оснащением, для возможности проведения анализа масла с выявлением таких диагностических показателей как: наличие воды в масле; наличие топлива в масле; окисление масла; наличие абразивных частиц дорожной пыли и атмосферного загрязнения; продукты износа (металлы). Следовательно, первое условие рассмотрения необходимых диагностических признаков с учетом достаточных методов распознавания для приборов выполняется.

Распознавание результата и ранжирование его по диагностическим признакам на представленных образцах приборного оснащения требует определенного опыта работы или необходимого обучения персонала. Второе условие выполнимо частично.

Третье условие, характеризующее последовательным проведением анализа с оценкой свойств смазочного масла, выполняется полностью. Методы экспресс-диагностики имеют малую трудоемкость при выполнении анализа. Время, отведенное для выполнения анализов ИКМ и ВТР, составляет в среднем от 3 до 5 минут.

Четвертое условие позволяет выявлять предельные состояния смазочного масла и поэтому выполнимо. Принятие решения о состоянии масла базируется на основе диагностического сигнала в относительных или условных единицах.

Пятое условие предполагает минимальное число анализов масла. Приборы ИКМ и ВТР алгоритмическую обработку одной пробы масла проводят от трех до пяти раз, с выводом среднего значения в качестве результирующего.

Рассмотренные свойства приборов контроля ИКМ и ВТР позволяют по структурным составляющим самодостаточности проводить обоснованный выбор средств экспресс-диагностики системы «машина – масло», и рекомендовать их службам эксплуатации автопредприятий для использования в технологическом процессе диагностирования автомобилей.

Список литературы:

1. Электрофизические методы оценки параметров работающего масла / Ю.А. Власов, А.Н. Ляпин, О.В. Ляпина, Е.Н. Спирин // Безопасность колесных транспортных средств в условиях эксплуатации: материалы 99-й МНТК. – Иркутск: Изд-во ИрНИТУ, 2017. – С. 404–409.
2. Электрофизические методы контроля системы «машина-масло» / Ю.А. Власов, Н.Т. Тищенко, В.О. Гильц, О.В. Ляпина // Перспективы развития и безопасность автотранспортного комплекса: материалы 1-й МНПК. – Новокузнецк: Изд-во КузГТУ, 2011. – С. 66–69.
3. Самодостаточность, как комплексный показатель диагностики агрегатов машин / Ю.А. Власов, Р.А. Кобылянский, А.Н. Ляпин, О.В. Ляпина // Современные проблемы машиностроения: сборник трудов XIV МНТК. – Томск: ТПУ, 2021. – С. 302–303.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ КОМБИНИРОВАННЫХ ФИЛЬТРОВ НА ОЧИСТКУ ДИЗЕЛЬНЫХ ТОПЛИВ И РАБОЧИХ ЖИДКОСТЕЙ МАШИН

Д.В. Халтурин, к.т.н., доц.,

А.В. Лысунец, к.т.н., доц.,

А.А. Данилов, магистрант, гр. М23.21з/1

Томский государственный архитектурно-строительный университет,

г. Томск, пл. Соляная, 2

тел. (3822) 659-802

E-mail: dmitriihalturin@mail.ru

В технологии промышленного и гражданского строительства применение дорожных и строительных машин, является одним из обязательных условий повышения качества и сокращения сроков выполнения работ. Зачастую, работы по техническому обслуживанию и ремонту строительных и дорожных машин выполняются на местах их повседневной эксплуатации с помощью передвижных мобильных мастерских [1, 2].

Таким образом эксплуатация современных машин неразрывно связана с использованием широкой гаммы нефтепродуктов: топлив, рабочих жидкостей, пластических смазок. Основой их эффективного применения является выявление закономерностей влияния качества используемых нефтепродуктов на состояние и работоспособность их составных частей (двигателя, агрегатов трансмиссии, гидросистемы).

Надежность дизельных двигателей и гидравлических систем машин определяется чистотой используемого топлива и рабочих жидкостей. При эксплуатации машин различного назначения их фильтрационная очистка осуществляется одним (в гидравлических системах) или несколькими (в двигателях) последовательно установленными фильтрами. Как следует из проведенных ранее исследований [1, 2], одним из возможных и перспективных направлений для модернизации и усовершенствования конструкций фильтров является создание новых комбинированных фильтрующих элементов, включающих в себя две ступени очистки (рис. 1).

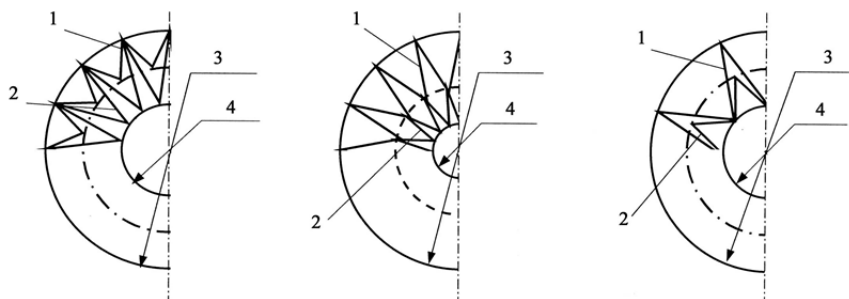


Рис. 1. Схема фильтрующего двухступенчатого элемента с звездообразной шторой:

1 – первая ступень очистки; 2 – вторая ступень очистки; 3 – перфорированная обечайка;

4 – перфорированная внутренняя трубка (каркас)

В процессе работы машин рабочая жидкость очищается, проходя последовательно первую, а затем и вторую ступени фильтрующих перегородок. Первая ступень обеспечивает грубую, а вторая тонкую очистку гидравлических рабочих жидкостей. Решение задачи оптимизации конструкции фильтрующего элемента подобного типа сводится к обоснованному и рациональному выбору фильтрующих материалов каждой из рабочих ступеней очистки, которые обеспечивают требуемую чистоту очищаемых жидкостей и оптимальную, не превышающую критических значений гидравлическую характеристику.

Результаты теоретического анализа процессов двухступенчатой фильтрационной очистки рабочих жидкостей дорожных и строительных машин показывают, что результирующий коэффициент отфильтровывания определяется зависимостью

$$\varphi_{xp} = \varphi_{x1} + \varphi_{x2} - \varphi_{x1} \cdot \varphi_{x2}, \quad (1)$$

где φ_{x1} , φ_{x2} – коэффициенты отфильтровывания частиц размером x , мкм.

Коэффициент полноты фильтрации можно определить по формуле

$$\varphi_p = 1 - \frac{a_m^2}{(a_m + b_1 + b_2)^2} \cdot \left[1 + \frac{2 \cdot b_1}{(a_m + b_1 + b_2)} + \frac{2 \cdot b_2}{(a_m + b_1 + b_2)} + \frac{6 \cdot b_1 \cdot b_2}{(a_m + b_1 + b_2)^2} \right], \quad (2)$$

где $a_m = 1,679/x_{0,5}$ – параметр массового распределения частиц загрязнителя по размерам включающий размер частиц $x_{0,5(m)}$ делящий интегральную функцию $F(x)$ пополам (медиана распределения); $b_1 = 1,679/d_{0,5(1)}$; $b_2 = 1,679/d_{0,5(2)}$ – параметры, которые определяются через пятидесяти процентную тонкость фильтрации, как размер частиц 50 % которых задерживает первая ($d_{0,5(1)}$) и вторая ($d_{0,5(2)}$) ступень соответственно [1].

Представленные выше уравнения (1) и (2) в совокупности описывают эффективные показатели фильтра. Причем качество очистки жидкости заметно выше, чем у одноступенчатого фильтра, в котором использован фильтрующий материал аналогичный ступени тонкой очистки.

Гидравлическое сопротивление комбинированного фильтрующего элемента может быть определено используя закон Дарси [3].

$$\Delta p = \Delta p_1 + \Delta p_2 = \nu \cdot \rho_n \cdot V \cdot \left(\frac{\delta_1}{\kappa_1 \cdot S_1} + \frac{\delta_2}{\kappa_2 \cdot S_2} \right), \quad (3)$$

Теоретический анализ влияния чистоты дизельного топлива на износ плунжерных пар ТНВД основанный на вероятностном подходе показывает, что выраженный через безразмерную характеристику и интенсивность износа \bar{I} он удовлетворительно описывается уравнением вида:

$$\bar{I} = \lambda \cdot \left[\frac{2 \cdot \alpha \cdot a_m^2}{(\alpha + a_m + b_1 + b_2)^3} + \frac{6 \cdot \alpha \cdot a_m^2 \cdot (b_1 + b_2)}{(\alpha + a_m + b_1 + b_2)^4} + \frac{24 \cdot \alpha \cdot a_m^2 \cdot b_1 \cdot b_2}{(\alpha + a_m + b_1 + b_2)^5} \right], \quad (4)$$

где $\lambda = 2,72$ – основание натурального логарифма; $\alpha = (1/\delta_n) \cdot k_\phi$; (δ_n – начальный зазор между поверхностями трения, $k_\phi = 1,6 \dots 1,8$ – коэффициент, учитывающий форму частиц загрязнений).

Анализ уравнения, описывающего интенсивность износа (4) показывает, что система, состоящая из двух последовательно установленных фильтров, позволяет заметно снизить интенсивность износа плунжерных пар ТНВД.

Главным фактором является задание тонкости фильтрации второй ступени очистки рабочих жидкостей. Если тонкость очистки первой ступени фильтра 40 мкм, а второй ступени фильтра 3 мкм, то интенсивность износа составляет 0,059, а при той же тонкости первой ступени и тонкости второй ступени 10 мкм интенсивность износа составляет 0,311 или возрастает в 5,27 раза.

В общем и целом влияние дополнительной ступени очистки при повышении тонкости фильтрации второй ступени заметно снижается. Для фильтра, имеющего фильтроэлемент с тонкостью фильтрации второй ступени 3 мкм повышение тонкости фильтрации первой ступени с 40 до 20 мкм практически не оказывает влияние на интенсивность износа плунжерных пар ТНВД.

Список литературы:

1. Лысунец, А.В. Совершенствование топливных систем и средств их технического обслуживания с целью повышения надежности дорожных и строительных машин. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Томск, 2006. – 140 с.
2. Халтурин, Д.В. Совершенствование топливных систем мобильных машин при эксплуатации в условиях пониженных температур: дис. канд. техн. наук. Томск, 2012. – 165 с.
3. Удлер, Э.И. Фильтрация нефтепродуктов. – Томск: Изд-во Том. Ун-та, 1988. – 216 с.

ОСНОВНЫЕ СПОСОБЫ ПРОДВИЖЕНИЯ ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТА В РОССИИ

*Т.А. Шибзухов, Н.Н. Абдурахманов, студенты гр. УАБ 3-1
Государственный университет управления,
109542, г. Москва, Рязанский проспект, 99
тел. +7(495) 377-89-14
E-mail: laulau27@mail.ru*

Транспортные средства, использующие в качестве источника энергии электричество, рассматриваются как высокотехнологичный вид транспорта, а электрическая тяга является трендом городской мобильности будущего. Их основными преимуществами перед транспортом с двигателями внешнего и внутреннего сгорания выступают более высокая производительность и экологичность. Автомобили, использующие электрические двигатели, являются одним из главных направлений развития мирового автопрома. Преимущество использования электротранспорта заключается в том, что при эксплуатации он не оставляет углеродный след. В настоящее время порядка 15 % углекислого газа выбрасывают автомобили в атмосферу. Учитывая рост числа автомобилей, процент будет только расти – именно поэтому важно наладить производство и использование электротранспорта, в том числе с помощью государственного регулирования [1, 2].

Для создания необходимого числа электротранспортных средств с высоким уровнем локализации и компонентной базы следует сформировать условия для производителей по локализации электромобилей, а также стимулировать и сформировать спрос на российскую компонентную базу электромобилей.

Решать поставленные задачи можно разными способами. Прежде всего, необходимо поддерживать потребителей путем введения скидок на приобретение электромобилей (она может составить 25 % до 2025 года, далее может быть пересмотрена) и создавать необходимую зарядную инфраструктуру, исходя из того, что объем станций определяется как 10 электромобилей на 1 зарядный корт. Требуется софинансирование части капитальных затрат на производство компонентной базы и сформировать уровень тарифной защиты российского рынка за счет корректировки таможенных пошлин, включая и утилизационный сбор. Необходимо пересмотреть балльную оценку локализации электромобилей и снять регуляторные ограничения, которые препятствуют использованию электротранспорта на данный момент. Важно развитие дилерской сети салонов электротранспорта для облегчения доступа к покупке данного вида автомобилей [3]. Это актуально на всей территории нашей страны, поскольку еще очень мало организаций оказывают услуги по доставке и продаже электромобилей, конкуренция слабая. Данная ниша является новой для авторынка. Также требуется открытие специализированных сервисных центров, где мастера будут высоко квалифицированы в работе с электромобилями. Это можно реализовать на базе действующих сервисных центров, повысив квалификацию части сотрудников и аттестовав их для работы с электротранспортом. Необходимо оборудование частных домов, парковок многоквартирных домов, парковочных комплексов торговых центров, офисных зданий и т. д. зарядочными станциями, розетками с более высокой скоростью зарядки и пр.

Таким образом, для получения результативности распространения электротранспорта необходимо осуществление четырех параллельных стратегий: 1) электрификация транспортных средств; 2) обеспечение достаточного зарядного оборудования; 3) декарбонизация производства электроэнергии; 4) интеграция электромобилей в сеть [4–6].

Для успешного решения повсеместного внедрения электротранспорта следует в первую очередь привлечь граждан к покупке и использованию электромобилей, затем развивать инфраструктуру и создать по ней дорожную карту, а после этого строить промышленность [7, 8]. Для того, чтобы революция в сфере транспорта была успешной – необходимо оборудовать города зарядными станциями не только в центре, но и на окраи-

нах. В этом случае вопрос с зарядкой не будет таким острым. Также в дополнение следует обеспечить электрокары должной рекламной компанией, чтобы население обладало хотя бы основной информацией об электромобилях, так как некоторая часть даже не представляет, какими положительными сторонами обладает данный вид транспорта.

В ближайшем будущем спрос на электротранспорт должен возрасти, инфраструктура будет обеспечена необходимыми ресурсами и можно будет добиться снижения загрязнения воздуха особенно в крупных городах России. Таким образом, вопрос использования электротранспорта является многосторонним и требующим грамотного подхода по всем аспектам: внедрению, стимулированию и регулированию. Благодаря быстрому техническому прогрессу, можно рассчитывать на значительное сокращение слабых сторон электромобилей, что позволит завоевать большую долю рынка автомобилей.

Список литературы:

1. Степанов А.А., Меренков А.О. Экосистема автомобильного бизнеса // Транспортное дело России. – 2019. – № 6. – С. 66-68.
2. Тетцоева О.А., Меренков А.О., Степанов А.А. Российский автобизнес в условиях посткарантинной реальности // Транспортное дело России. – 2020. – № 4. – С. 63–65.
3. Степанов А.А., Меренков А.О. Клиентоориентированный подход к цифровой экономике: «цифровой» транспорт и логистика // Вестник транспорта. – 2017. – № 10. – С. 18–21.
4. Ломова И.А., Айдаркина Е.Е. Анализ основных препятствий, способов и перспектив продвижения электротранспорта в России // Система ценностей современного общества. 2016. – № 49. – С. 96–103.
5. Трифонов И.В., Колмогоров А.А., Трошко И.И. Инновационные подходы к развитию транспортной инфраструктуры России (на примере электротранспорта) // Инновационное развитие экономики. – 2019. – № 6 (54). – С. 79–87.
6. Ковалёва Е.Н., Водахова В.А. Комплексная оценка качества транспортных услуг, оказываемых на предприятиях водного транспорта // Вестник государственного университета морского и речного флота им. Адмирала С.О. Макарова. 2015. – № 1 (29). – С. 144–152.
7. Меренков А.О. Транспортные системы городов: развитие пассажирских сервисов цифрового типа // Транспортное дело России. – 2019. – № 6. – С. 73–75.
8. Шибзухов Т.А. Современное состояние и перспективы развития улично-дорожной сети г. Москвы // Вестник транспорта. – 2021. – № 4. – С. 40–42.

ШКОЛЬНАЯ СЕКЦИЯ

РОБОТ-УБОРЩИК TURBOTRACK СИСТЕМА РОБОТИЗИРОВАННОЙ УБОРКИ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

*С.С. Аллагулов, педагог дополнительного образования,
Г.А. Герасименко, 12 лет, ученик 7А класса Лицея Бит, ученик Хайтек (Кванториум)
Структурное подразделение БУ ДО «Омская областная СЮТ»
Детский технопарк «Кванториум»
644076, г. Омск, ул. П. Осминина, 34
тел. +7(3812) 95-73-53
E-mail: GGeorge3D@yandex.ru;*

Зимой и летом в общественных зонах города очень остро стоит вопрос своевременной уборки тротуаров и территории от снега, пыли и мусора. Сейчас за чистотой следят дворники. Мой TURBOTRACK, изображенный на рис. 1, позволит заменить тяжелый человеческий труд работой машины.

Новая техника для ЖКХ позволит уменьшить не только физический труд человека, но также сократить расходы на содержание огромного количества дворников, тракторов и трактористов, за счет того, что TURBOTRACK будет способен сам убирать улицы в автономном режиме. Кроме того, постоянно чистые тротуары и газоны будет всегда радовать глаз прохожих. Применение электродвигателей, позволит сократить вредные выбросы в атмосферу и в отличие от тяжелой дизельной техники, мой TURBOTRACK совершенно экологичный. Чистые тротуары – это не только безопасно, но и красиво!

Робота-уборщика TURBOTRACK я спроектировал в САПР Компас 3D, собрал в сборке каждый элемент, и когда у меня получилось рабочая сборка в Компасе, я принялся за распечатку всех деталей на 3D принтере, на это у меня ушло больше месяца и несколько килограмм филамента. Основные технические характеристики представлены в табл. 1.

Таблица 1

Габаритные размеры, мм	400×300×200
Вес, кг	15
Питание электроустановки, в	14.4В 3S LiPo
Формула ведущих колес	4x4
Наличие вакуумной установки	Есть
Возможность быстрой смены навесного оборудования	Есть
Виды навесного оборудования	Отвал, щетка, шнекоротор, мойщик бордюров, пылесос, разбрасыватель песка на скользкие тротуары зимой
Материал изготовления рамы	Металл
Материал изготовления основных элементов	Пластик, PETG
Технология изготовления	Аддитивная, 3D Печать
Центральная плата	Arduino UNU
Лидар	Инфракрасный SHARP
Фронтальная камера	FPV камера
Возможность подключения FPV шлема	Есть
Безопасность	Искусственный интеллект. Определение препятствий по лидару
Возможность автономной работы	В процессе

Двигатели взял от шуруповертов, из него же использовал шестеренки для создания своего планетарного редуктора для мощного привода гусеничного трака. Над гусеничной тележкой тоже пришлось не мало потрудиться, чтобы она имела механизм автонатяжения гусеницы и была надежная. Этапы сборки есть у меня на youtube канале «Техномейкер» [1]. Чтобы наделить робота интеллектом, установил Arduino Uno, подключил к ней лидар, светодиоды, двигатели и написал скетч, поставил FPV камеру. На текущий момент роботом можно управлять только с пульта, но я изучаю искусственный интеллект на курсах Сириуса, изучаю Python, в самом ближайшем будущем я обязательно сделаю его автономным.

Подводя итоги создания беспилотного уборщика TURBOTRACK, виден огромный потенциал использования его для решения бытовых нужд любого человека, как в нашу жизнь начали входить роботы-пылесосы, которые освобождают людей от рутинной уборки, так и мой TURBOTRACK сможет помогать человечеству для решения бытовых вопросов по уборке территории в автоматическом режиме, без участия человека, без загрязнения окружающей среды вредными выбросами.

Награды за проект робота-уборщика Turbotrack:

1. Первое место на летней кванториальной конференции 2022 (Кванториум, г. Омск).
2. Победитель всероссийского конкурса ШУСТРИК 2022 (г. Москва).
3. Диплом второй степени и серебряная медаль в конкурсе «Ученые будущего 2022» (МГУ им.Ломоносова, г. Москва).
4. Третье место и бронзовая медаль на международном форуме инноваторов IN'HUB 2022 (Экспоцентр, г. Новосибирск).
5. Заметки о роботе-уборщике Turbotrack в СМИ [3], [4].
6. Интервью о роботе-уборщике Turbotrack на телевидении [5].



Рис. 1. Робот-уборщик Turbotrack

Список литературы:

1. YouTube канал «Техномейкер» <https://www.youtube.com/channel/UCuU5a4TgVOv6uRGd5ZfSgRA>
2. Онлайн курсы образовательного центра Сириуса <https://edu.sirius.online/>
3. С заботой о людях. Омский школьник собрал универсального робота-дворника https://omsk.aif.ru/society/s_zabotoy_o_lyudyah_omskiy_shkolnik_sobral_universalnogo_robot_a-dvornika.
4. «Хочу, чтобы дворники сидели в тепле»: омский школьник собрал универсального робота для уборки улиц <https://omskgazzeta.ru/all-news/hochu-chtoby-dvorniki-sideli-v-teple-omskiy-shkolnik-sobral-universalnogo-robota-dlja-uborki-ulic/>
5. IN'HUB 2022. Интервью – Георгий Герасименко <https://www.youtube.com/watch?v=Fuc9algz30A&t=4s>.

УМНЫЙ ДОМ НА КОЛЕСАХ

*В.А. Сироткин, учитель информатики и технологии,
Д.Е. Вавилов, ученик 9А класса
МОУ «Центр образования «Тавла» – Средняя общеобразовательная школа № 17»,
430009, Республика Мордовия, г. Саранск, проспект Российской Армии, 7
тел. (8342)- 54-61-30
E-mail: vsirotkin2022@yandex.ru*

Давайте лучше изобретать будущее,
а не беспокоиться о том, что случилось вчера.
Стив Джобс

С каждым годом дома становятся всё более «умными». Почему же эти дома называются «Умный дом» и чем они отличаются от обычных домов?

Умный дом, новейшие технологии которого поражают своим разнообразием, постепенно становится все доступнее для обычных людей. Большую роль в этом играет распространенность планшетов и смартфонов с постоянным выходом в Интернет, именно их удобно использовать в качестве пультов управления домом.

Вот только несколько осуществленных задумок, применяемых по всему миру:

- видеослежение за домом внутри и снаружи;
- термостат, регулирующий отопление и температуру воды;
- датчики освещения, которые включают и выключают свет в зависимости от перемещений жителей дома;
- дверные замки, которые реагируют на приближение устройства, излучающего сигнал (смартфона).

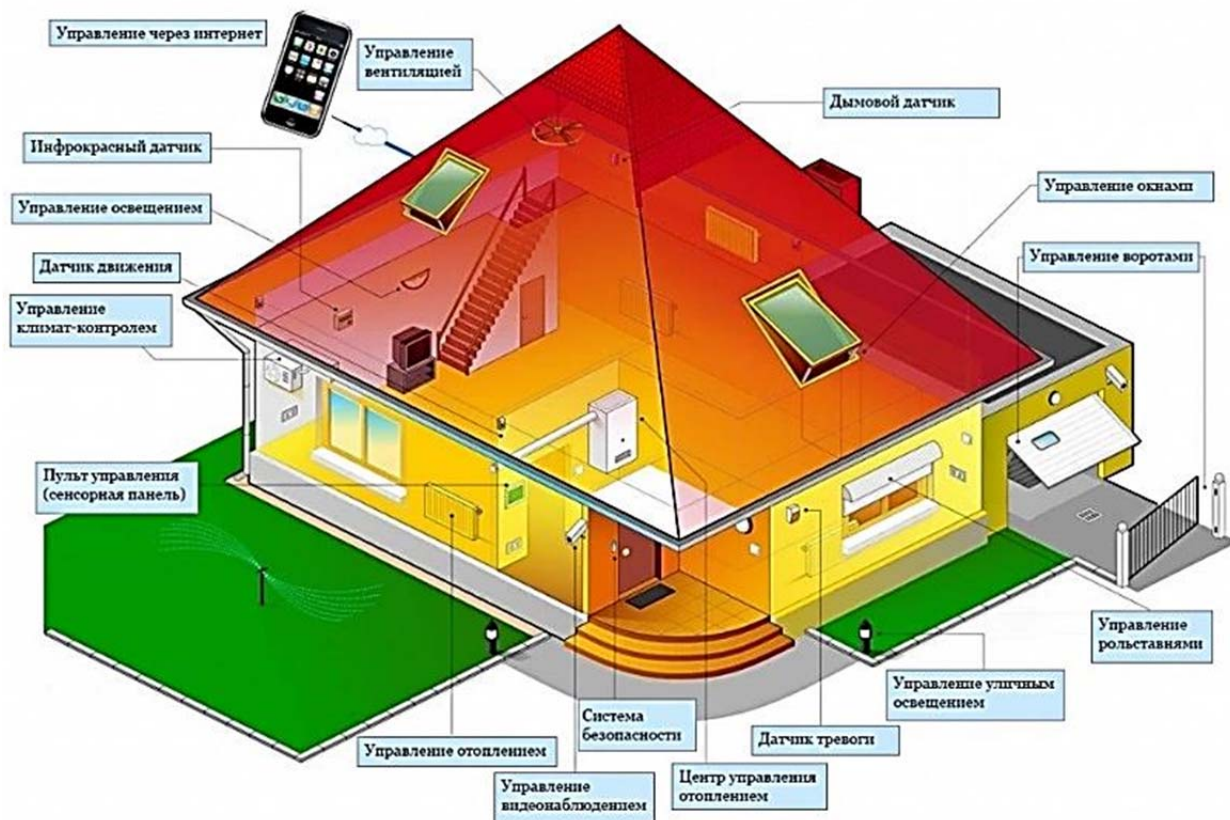


Рис. 1.2. «Умный дом»

Все это широко применяемые в мире технологии. Такие функции обычной техники порой кажутся излишними, но только подумайте, насколько они могут облегчить жизнь пожилому человеку или человеку, ограниченному в движении. Взрослые дети подобным образом могут помогать своим родителям, даже если они живут за множество километров от них и не беспокоиться о том, что что-то произошло.

Помимо облегчения обыденных обязанностей, технологии умного дома служат обеспечению безопасности его жителей. В случае пожара система не только вовремя засекает возникновение огня, но и вызовет пожарную команду, подсветит путь и разблокирует необходимые двери.

Внимательно понаблюдав за животным миром, я увидел, что улитка, чтобы ей было комфортно, носит свой домик на спине, точно также поступает рак, черепаха. Поэтому я подумал, что в будущем можно для людей создать дом, который всегда будет рядом и не будет мешать, а наоборот, поможет путешествовать. Это дом на колёсах. Вы скажете, что такие дома уже существуют! Я вам отвечу, что мой дом на колёсах «умный», т. е. в нём много технических новинок, но при этом он не загрязняет природу, а наоборот, позволяет любоваться ею.

Можно сделать вывод: умный дом – это комплексная система автоматизации управления различными устройствами, расположенными в частном доме или квартире. Новейшие технологии обеспечивают контроль практически за всеми приборами в доме. Именно поэтому умный дом безопаснее, экономнее и комфортнее! Уже есть различные автодома, и мы можем их видеть на улицах крупных городов, но они уникальны и единичны.

Список литературы:

1. Умный дом <https://studwood.ru/1626382/nedvizhimost/vvedenie>.
2. Умный дом https://web.informatics.ru/works/1617/2/online/Tayurskiy_Dmitriy_Maksimovich/Tec/index.htm.l.
3. <https://novate.ru/blogs/280717/42404/>.
4. <https://www.e-katalog.ru/post/1990/618-что-такое-умный-дом-funkcii-vidy-sostavlyayuschie-i-ekosistemy/>.
5. Сопер Марк Эдвард Практические советы и решения по созданию «Умного дома» / НТ Пресс, 2007.
6. Богуанов С.В. Умный дом / Наука и Техника. – 2005.

УМНАЯ ТЕПЛИЦА

*И.А. Гужихин, МБОУ ПСШ им. Н.А. Образцова,
8 класс, с. Парабель, тел. 89833470627*

E-mail: ivanguzhihin@gmail.com

*Е.С. Камардина, педагог ДО,
АНО ДО «Детский технопарк "Кванториум"»,
634034, г. Томск, пр. Ленина, 26, 3 этаж
тел. +7(963)196-32-69*

E-mail: kamardina1996@gmail.com

В современном мире вырастить свежие овощи у себя дома может не каждый. Для этого необходимо постоянные затраты сил и времени. Создание умной теплицы поможет решить данные проблемы.

Цель: проектирование умной теплицы на базе микроконтроллера Arduino Nano.

Задачи:

1. Изучить рынок устройств, которые могут стать потенциальными конкурентами.
2. Определить функционал будущей умной теплицы.
3. Подобрать все необходимые комплектующие для успешной реализации данного функционала.
4. Создать схему подключения всех компонентов и Gerber файл для создания печатной платы.

Анализ рынка и определение функционала

Проанализировав рынок устройств (рисунок 1), которые могут создавать благоприятные условия для роста и развития растений, было выделено три основные функции, за счет которых выполняют данную задачу:

1. Автоматический полив с возможностью привязки ко времени, либо к влажности почвы.
2. Система поддержания благоприятной температуры для растений.
3. Система освещения, поддерживающая оптимальный для растений спектр освещения и длину светового дня.



Рис. 1. Пример умной теплицы

Подбор электронных комплектующих

Для успешной реализации функционала, к плате Arduino Nano (рис. 2) требуется подключать различные датчики и модули.



Рис. 2. Arduino Nano

Краткая информация о системах теплицы

1. Система автополива.

Система автополива представлена:

- Резервуаром с датчиком уровня воды.
- Помпой, за счет которой вода из резервуара будет поступать в почву.
- Модулем часов реального времени, который позволит осуществлять полив растений с привязкой ко времени.
- Несколькими емкостными датчиками влажности почвы, позволяющие осуществлять полив с привязкой к фактической влажности почвы.
- Твердотельным реле, которое позволит Arduino управлять мощной нагрузкой в виде помпы.

2. Система поддержания температуры.

Система поддержания температуры состоит из:

- Двух вентиляторов, один из которых обеспечивает приток воздуха внутрь корпуса теплицы, а второй, напротив, отток воздуха из корпуса теплицы.
- Нихромовой проволоки, которая находится сразу после одного из вентиляторов и нагревает воздух, поступающий внутрь теплицы.
- Двух цифровых термометров, один из которых измеряет температуру внутри теплицы, а второй снаружи.
- Твердотельного реле, которое позволит Arduino нагревать нихром до требуемой температуры при помощи ШИМ модуляции.

3. Система умного освещения.

Система умного освещения построена на основе адресной светодиодной ленты ws2812 (рис. 3), это позволит задать любому светодиоду на ленте любой из 16,7 млн цветов по одному проводу. Полный перечень электроники [1].



Рис. 3. Адресная LED лента

Создание электронной схемы

Электронная схема (рис. 4) разработана в приложении Easy EDA [2].

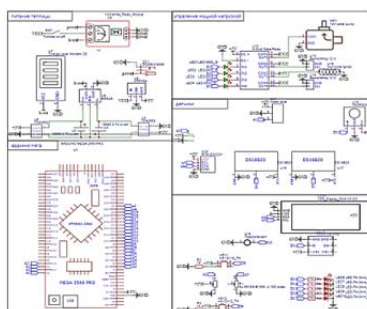


Рис. 4. Промежуточный результат проекта

Заключение

На данный момент создана электронная схема подключения всех компонентов умной теплицы, наиболее эффективная для реализации необходимого функционала.

Список литературы:

1. Перечень комплектующих – [Электронный ресурс] – <https://cloud.mail.ru/public/Kd6y/ZaijoLsBR>.
2. Схема подключения комплектующих – [Электронный ресурс] – <https://cloud.mail.ru/public/7kde/TB4r86QFf>.

РАЗРАБОТКА И РЕАЛИЗАЦИЯ ТЕКСТОВОГО КВЕСТА НА ЯЗЫКЕ PYTHON

В.В. Голованов, бА, ГБОУ лицей г. Сызрани
Научный руководитель – А.А. Панова, преподаватель СПО
Самарский Государственный Технический университет, филиал в г. Сызрани,
446001, г. Сызрань, ул. Советская, 45
тел. +7-937-211-36-95
E-mail: 8482bk@gmail.com; anastasyapanova7549@gmail.com

На данный момент наблюдается стремительное развитие информационных технологий, электронных информационных ресурсов и мультимедийных пространств. Умение по работе с ними является одним из ключевых навыков для успешного получения образования и актуальной профессии. Абсолютно понятным является тот факт, что все сферы общества становятся все более зависимыми от компьютерных технологий и каждому специалисту будут полезны знания в данной области. Актуальность освоения навыков по работе с информационными технологиями является стремительное развитие данной области и дальнейшее ее внедрение во все сферы жизнедеятельности человека. В связи с этим, одним из самых востребованных и ключевых навыков на данный момент является навык программирования и написания программ. Для закрепления и развития данного навыка необходимо изучать языки программирования и постоянно практиковаться в написании разнообразных программ. Не менее важным является навык алгоритмизации и составления блок-схем. Одним из очень эффективных методов освоения всех перечисленных умений и навыков является полноценная разработка и реализация собственной программы.

Для разработки была выбрана текстовая квест-игра, так как она позволяет наиболее полно освоить методику реализации программы, основанной на условиях и ветвлениях.

Цель работы – разработка и реализация текстового квеста на языке программирования Python.

Квест-игра, по другому игра-приключение, представляет собой продолжительный целенаправленный поиск, который связан с основной целью игры, а также исследование игрового мира по средством выбора одного из предложенных игрой вариантов, который ведет к новой игровой ситуации и новому игровому выбору и далее по цепочке. Самым важным элементом в данной игре является непосредственно повествование и открытые всех возможностей, предоставленных пользователю.

Для программирования был выбран язык Python, так как он является одним из наиболее простых и понятных на начальных этапах программирования. Данный язык имеет малочисленный синтаксис и прост для написания, чтения и редактирования [1].

Основополагающей частью игры является сюжет – общая игровая ситуация. Характерной особенностью текстовых квестов является ветвление и нелинейность сюжета. Это означает, что каждый игровой выбор несет за собой последствия. В ходе разработки программы был написан её сюжет, за основу взят жанр фэнтези. Далее, на основе сюжета была создана блок-схема будущей программы (рис. 1).

Код программы был полностью написан на Python. В игре реализованы главная сюжетная и побочные линии, а также предусмотрена «защита от дурака» на случай, если пользователь введет некорректное значение с клавиатуры. В данном случае игра выведет предупреждающее сообщение и закончится [2].

У текстового квеста отсутствует графическая оболочка, так как это противоречит канонам жанра. Сама игра запускается в редакторе IDLE Python, где и отображается текст и вводится выбор пользователя.

Для разработанной программы было проведено ручное тестирование. Были поочередно введены все возможные значения и выбраны все предложенные варианты, чтобы убедиться в работоспособности всей игры в целом. Так же игра была проверена на наличие

возможностей сжульничать или поломать игровой процесс. Таких возможностей в конечной версии игры не обнаружено.

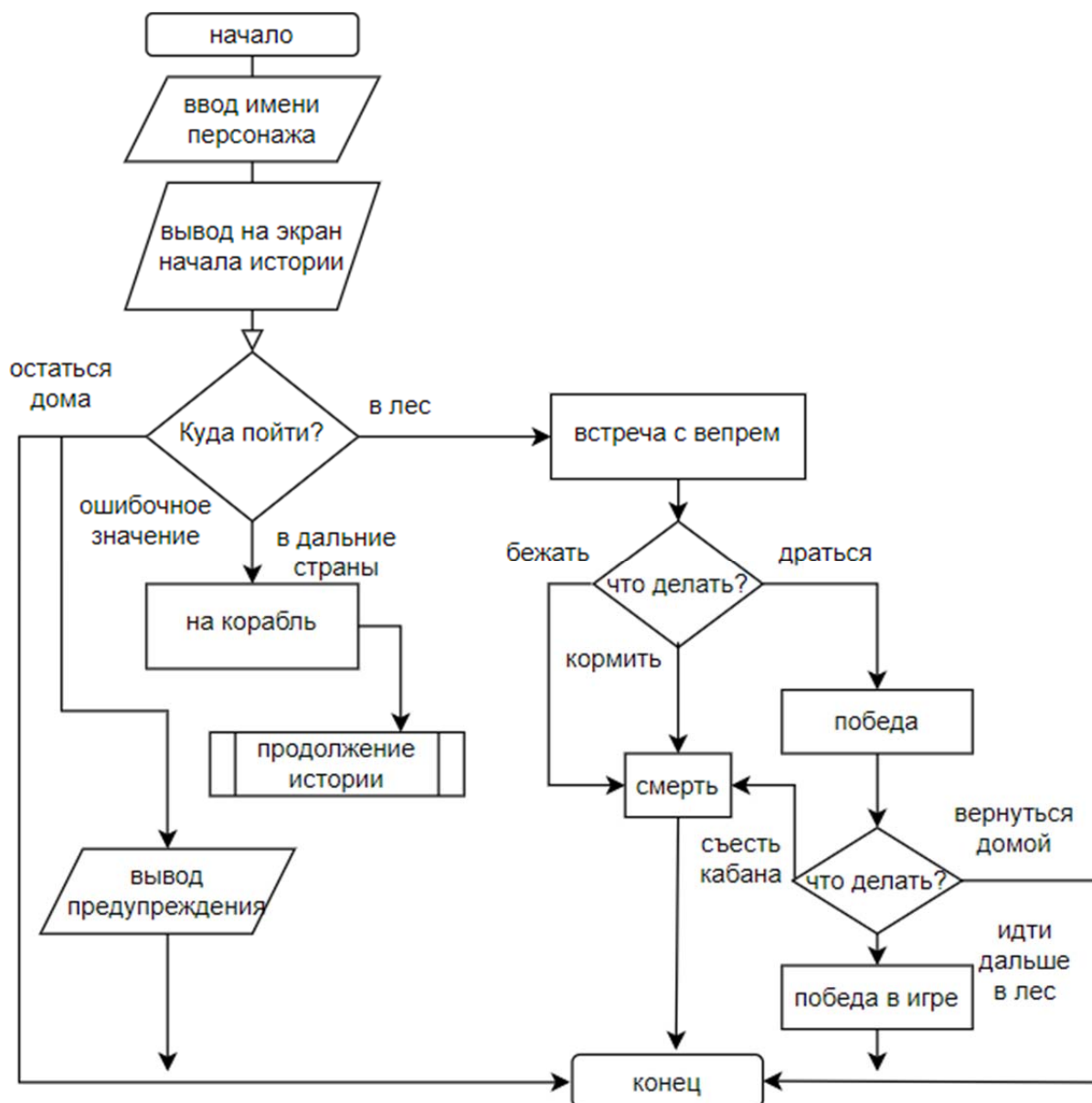


Рис. 1. Блок-схема игры

В будущем планируется усовершенствование программы, путем добавления в сюжет дальнейшей линии повествования и увеличение ветвлений сюжета, за счет побочных веток. Так же планируется расширение игровых возможностей за счет введения отсека для инвентаря с возможностью постоянного его просмотра и использования из него предметов для продвижения по квесту.

Список литературы:

1. Щерба А.В. Программирование на Python®: первые шаги / А.В. Щерба. – Москва : Лаборатория знаний, 2022. – 251 с. – ISBN 978-5-93208-578-3. – Текст : электронный // IPR SMART : [сайт]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/120878.html> (дата обращения: 12.11.2022). – Режим доступа: для авторизир. пользователей.

2. Кольцов Д.М. Python. Создаем программы и игры / Д.М. Кольцов. – Санкт-Петербург : Наука и Техника, 2017. – 400 с. – ISBN 978-5-94387-746-9. – Текст : электронный // IPR SMART : [сайт]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/73044.html> (дата обращения: 12.11.2022). – Режим доступа: для авторизир. пользователей.

СОЗДАНИЕ МАСШТАБНОЙ МОДЕЛИ РАКЕТЫ-НОСИТЕЛЯ «ВОСТОК» В ПРОГРАММНОЙ СРЕДЕ «TINKERCAD»

*М.В. Данилов, педагог дополнительного образования-наставник,
Е.Р. Прокопьев, ученик учебного объединения «Основы технологий хайтек»
Детского технопарка «Кванториум», 634050, г. Новокузнецк, ул. Петракова, 36а
тел. +7(904)968-76-04
E-mail: maximus9898@mail.ru*

Создание масштабных моделей – это многоэтапный процесс [1]. Программная среда «Tinkercad», предназначенная для простого и быстрого трёхмерного моделирования, также возможно и для использования в качестве средства масштабного моделирования [2]. В качестве основы для моделирования была взята ракета-носитель «Восток», благодаря которой Ю.А. Гагарин покорил космическое пространство.

Моделирование ракеты было начато с поиска чертежей в открытых источниках. Далее на основе чертежей был выбран масштаб. Сама ракета была «разбита» на составные части: носовой обтекатель, средняя часть с фермой, и часть с двигателями. Носовой обтекатель был создан из одной детали, называемой «параболоид». Средняя часть ракеты создана с помощью цилиндра, из которого методом объединения были вырезаны треугольники по периметру в количестве 16 штук. Наиболее сложной для создания была часть с двигателями. Корпус имеет конусность, а сами дополнительные двигатели – это цилиндры, усеченные по основанию.

В целом создание масштабных моделей в программной среде «Tinkercad» возможно при условии:

1. Нахождение точных чертежей изделия;
2. Удачного подбора масштаба;
3. Разбивки модели на составные части.



Рис. 1. Модель ракеты-носителя «Восток»

Список литературы:

1. Климачева, Т.Н. AutoCAD. Техническое черчение и 3D-моделирование. / Т.Н. Климачева. – СПб.: ВHV, 2008. – 912 с.
2. Сазонов, А.А. 3D-моделирование в AutoCAD: Самоучитель / А.А. Сазонов. – М.: ДМК, 2012. – 376 с.

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ВТОРСЫРЬЯ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ПРЕДМЕТОВ ИНТЕРЬЕРА

*П.А. Зольникова, 13 лет, СП ДТ «Кванториум-Тобольск»,
г. Тобольск, ул. С. Ремезова, 26
тел. +7(952)346-60-18
E-mail: evg3nstepanov@yandex.ru*

При изготовлении предметов интерьера важным вопросом является выбор материалов, из которых они будут сделаны. В настоящее время можно наблюдать, что дизайнеры активнее применяют вторсырье при создании уникальных вещей.

Наш проект «Часы». Изучив физические свойства пластика и фанеры – тугоплавкость, прочность и фактурность, мы задумались над изготовлением предметов интерьера из этих материалов.

Первым этапом было создание эскиза. Далее отрисовка основы для часов в программе векторной графики, создание управляющей программы и обработка фанеры на фрезерном станке с ЧПУ управлением. Главной задачей было правильно выставить скорость движения фрезы и количество оборотов шпинделя (чтобы не допустить поломку фрезы и перегрев материала).

Следующий этап, работа по переработке пластика. Мы отсортировали крышечки от пластиковых бутылок по цветам, раздробили их и расфасовали по отдельным ёмкостям. Далее прогрели экструдер до нужной температуры плавления сырья (218 °С). У нас были формы для отливки: чашечки, тарелочки и ложечки. В процессе отливки было изготовлено 12 чашечек (из них сделали формы для циферблата), одна тарелочка (крепление часового механизма) и две ложечки (для стрелок). Сложным было правильно выставить температуру, скорость и количество подаваемого пластика.



Рис. 1. Получившийся предмет интерьера

Вывод:

Изготовленные часы являются ярким примером тому, что переработанный пластик имеет большой потенциал в сфере дизайна предметов домашнего обихода.

Список литературы:

1. Работа на фрезерных станках (1971) Р.Б. Копылов. Лениздат.
2. Кряжев Д.Ю. Фрезерная обработка на станках с ЧПУ.
3. Теория и практика экструзии полимеров (Ким В. С., 2005 г/) «Химия», «КолосС».
4. Основы экструзии / под ред. О.И.Абрамушкиной.. – 2-е издание.

АВТОПОЛИВ КОМНАТНЫХ РАСТЕНИЙ

С.В. Брагин, ПДО Кванториум

А.П. Кетов, ученик гр. 7

МАОУ СОШ № 40, г. Томск, ул. Никитина, 26

К.Б. Ефремов, ученик гр. 7

МАОУ лицей № 8 имени Н.Н. Рукавишников г. Томска

Детский технопарк «Кванториум» г. Томск, пр. Ленина, 26 (3 этаж)

тел: +7(913)848-15-03

E-mail: arsketov@gmail.com

В настоящее время у многих людей дома имеются различные растения, но не всегда есть возможность вовремя их полить, так как владелец может быть в отъезде или в различных других ситуациях, когда лично присутствовать он не может. Система автоматического полива комнатных растений, которую можно запрограммировать или управлять дистанционно, могла бы решить данную проблему.

Целью данной работы является сборка и программирование системы комнатного авто-полива.

Для реализации данной цели были поставлены следующие задачи:

- собрать систему авто-полива;
- запрограммировать систему;
- протестировать систему;
- создать корпус.

Система автоматического полива, это конструкция для автономного полива растений. Производители предлагают разные модели, но у них есть недостаток в том, что они программируются для определенного времени. Собранным устройством возможно управлять дистанционно, как для запланированного, так и для внепланового полива растений.

Корпус был смоделирован в программе Компас 3D и распечатан на 3D принтере. Электрическая схема была собрана на Arduino Nano, к которой через драйверы подключены помпы, качающие воду и передающие воду к растениям. Информация о работе устройства выводится на дисплей.

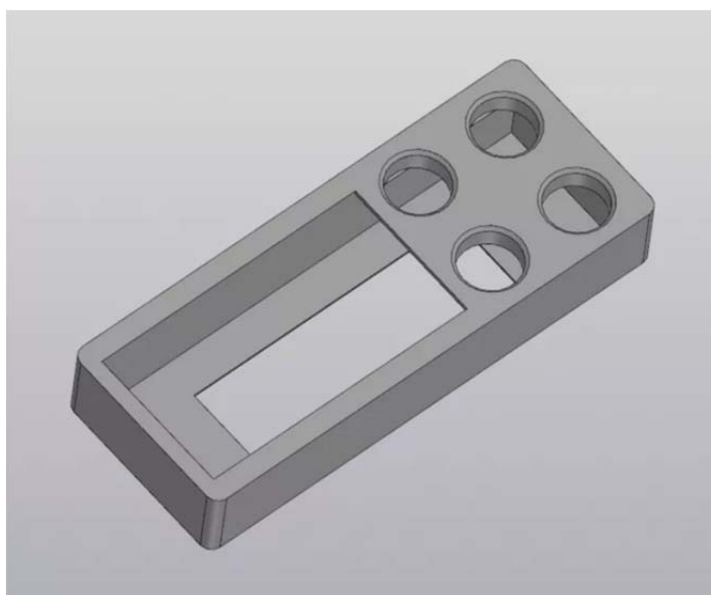


Рис. 1. Корпус системы автоматического полива

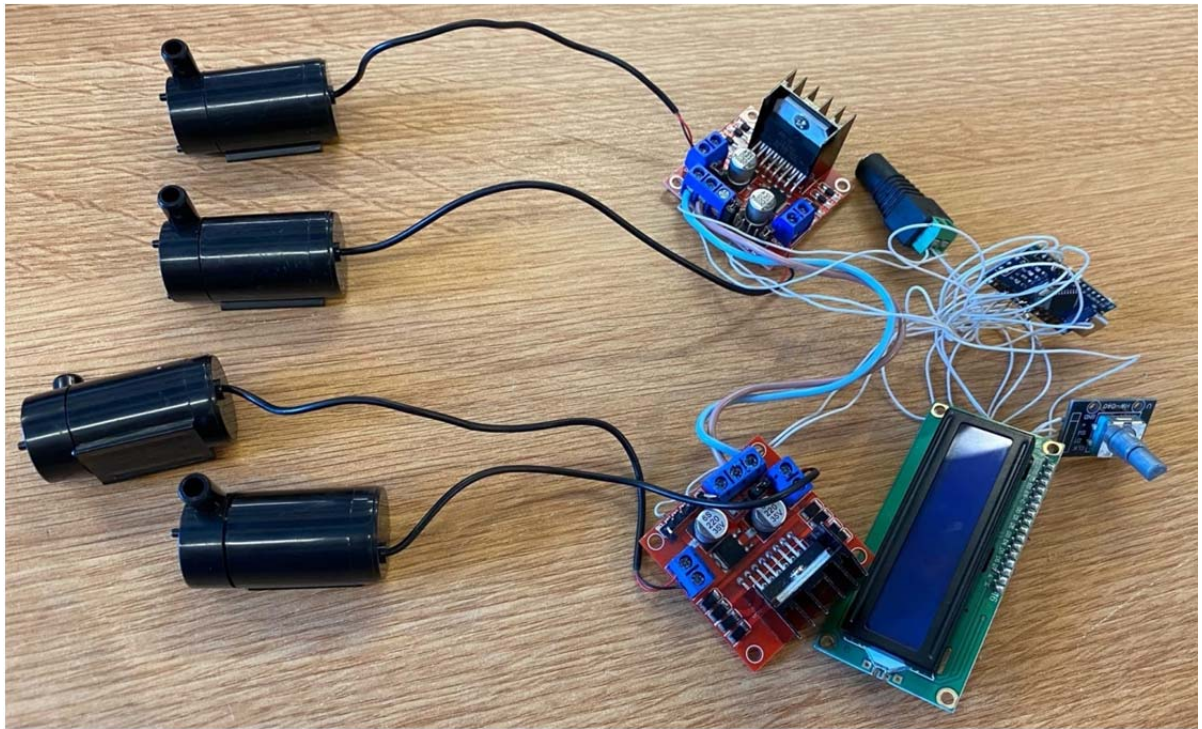


Рис. 2. Электрическая схема системы полива

Список литературы:

1. <https://www.forumhouse.ru/journal/articles/6772-sistema-avtomaticheskogo-poliva-svoimi-rukami-ot-sostavleniya-shemy-do-montazha-oborudovaniya>.
2. <https://dzen.ru/media/forumhouse/sistema-avtopoliva-svoimi-rukami-ot-sostavleniia-shemy-do-montaja-oborudovaniia-5a3147a5c5feafcf6a8a7d1c>.
3. https://housechief.ru/kak-sdelat-sistemu-avtopoliva-svoimi-rukami.html?ysclid=laqjvja_261943398224.

СИСТЕМА СВЯЗИ НЕПТУНОЛЕТА

М.Ю. Лепендин, МАОУ Гимназия № 13, г. Томск

Руководитель: А.В. Бывшенко

Автономная некоммерческая организация дополнительного образования

детский технопарк «Кванториум» г. Томск

Тел. +7(953)920-76-72

E-mail: mis_sile@mail.ru

Радиомодули необходимы для любых спутниковых систем, без них связь с Землёй была бы невозможна. Радиомодули используются для приёма и передачи данных. Например, для передачи команд с Земли к спутнику, передачи телеметрии от спутника к приемной станции или для обмена информацией с другими космическими аппаратами. В космической отрасли наиболее распространен способ передачи данных посредством радиосвязи, поэтому её состояние и стабильность имеет ключевую значимость в космических проектах.

В проекте нептунолёта система связи находится на стадии разработки. В систему связи входят: передатчик нептунолёта и приемная станция на Земле. Главной целью данной системы является приём и передача полезных данных с датчиковой аппаратуры и данных о состоянии систем спутника. Ниже приведены задачи, которые решает система связи:

1. Приём данных с нептунолёта.
2. Передача полезных данных и передача данных о состоянии нептунолёта.
3. Стабильность связи с приёмной станцией на Земле.
4. Безошибочность передачи данных.

В качестве передатчика в нептунолёте и приемника в наземной станции был выбран радиомодуль nRF24L01+. Важные преимущества и недостатки представлены ниже [1]:

Преимущества:

1. Высокая скорость передачи данных, до 2 Мб/с. Выше чем у шин I2C и UART.
2. Режим работы модулей (приёмник / передатчик) можно менять в процессе их работы.
3. Высокая помехозащищённость. Данные в пакетах принимаются с проверкой CRC (CRC является практическим приложением помехоустойчивого кодирования, основанным на определённых математических свойствах циклического кода).
4. Возможность выбора одного из 128 каналов связи. Шаг каждого канала равен 1 МГц (от 2,400 ГГц до 2,527 ГГц).
5. Возможность одновременной работы до 6 передатчиков на одном канале.

Недостатки:

1. Модули nRF24L01+ работают в радиочастотном диапазоне ISM (Industrial, Scientific, Medical) 2,4 ГГц, на котором работают WiFi, Bluetooth и другие устройства, например, радио-телефоны и даже СВЧ-печи. Эти устройства могут «глушить» некоторые каналы данного диапазона. Поэтому вблизи таких устройств дальность связи между модулями, на некоторых каналах, резко уменьшается. Увеличить дальность можно сменив канал связи на любой из 128 доступных модулям nRF24L01+.

2. Модули питаются от напряжения 3,3 В постоянного тока.

Модуль nRF24L01+, находящийся на нептунолёте, подключен к бортовому компьютеру (БК). Он выполняет роль передатчика и приемника. Радиомодуль спутника передает полезные данные с датчиков и информацию о служебных системах. Радиомодуль приемной станции подключен к плате Arduino. Он принимает данные со спутника. Схема работы системы связи нептунолёта представлена на рис. 1.

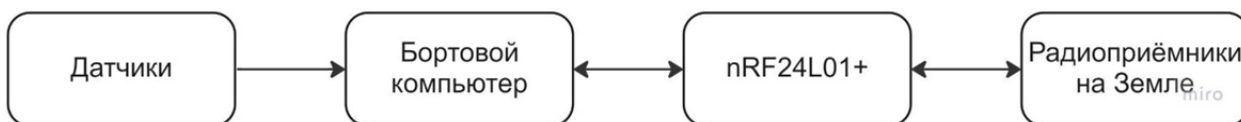


Рис. 1. Схема работы системы связи нептунолета

Блок-схемы работы программ приемника и передатчика представлены на рис. 2 и 3. Как видно из блок-схемы передатчика изначально за определённый промежуток времени собираются данные со всех датчиков. После происходит передача данных на приёмник. На блок-схеме приёмника видно, что происходит ожидание данных, а затем приём и их расшифровка. Кодирование данных создано для защиты данных от потерь, при их передаче.



Рис. 2. Блок-схема работы передатчика

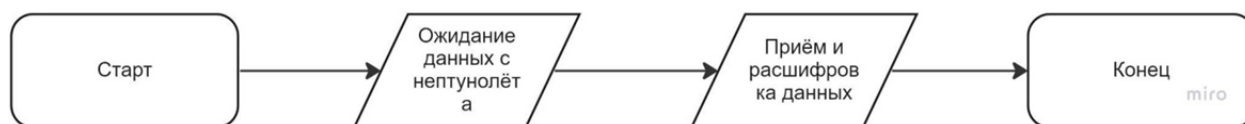


Рис. 3. Блок-схема работы приёмника

Приёмник и передатчик представлены ниже на рис. 4 и 5.

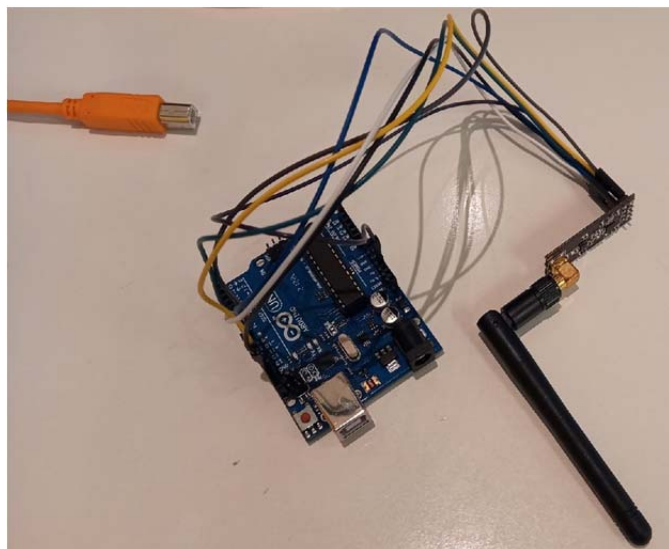


Рис. 4. Приёмник



Рис. 5. Передатчик

Список литературы:

1. Радиомодуль nRF24L01+, [Электронный ресурс]. – режим доступа: <https://lesson.iarduino.ru/page/urok-26-4-soedinyаем-dve-arduino-po-radiokanalu-cherez-nrf24l01/> (дата обращения 10.09.2022). – Текст. Изображение: электронные.

РОБОТ-ОХРАННИК; ROBOMASTER S1

С.В. Брагин, ПДО Кванториум

Ю.О. Ли, ученик гр.8-123

Томский гуманитарный лицей, г. Томск, пр. Ленина, 53

Детский технопарк «Кванториум» г. Томск, пр. Ленина, 26 (3 этаж)

тел: +7(906)955-05-73

E-mail: popyreplus@gmail.com

«RoboMaster S1» – программируемый робот на колесах с оружием и камерой. Целью проекта является: запрограммировать «RoboMaster S1» так, чтобы он смог защищать здание от недругов.

Задачи, которые были выполнены для достижения цели:

1. Пройти обучение в приложении RoboMaster;
2. Научиться программировать на Python;
3. Запрограммировать RoboMaster S1 так, чтобы он смог патрулировать и защищать здание от недругов.

«RoboMaster S1» сможет осматривать площадь здания на наличие нарушителей и сделает все возможное чтобы их выгнать. И так как программируемый робот-охранник в отличие от человека-охранника не требует ни сна, ни перерывов, ни зарплаты, то можно точно сказать, что RoboMaster является лучшим вариантом в сравнении с человеком-охранником.



Рис. 1. Конструкция RoboMaster S1

```
def start():
    global variable_StartFlag
    global variable_i
    global variable_Yaw
    global variable_Pitch
    global variable_Position
    global variable_Error_x
    global variable_Error_y
    global variable_ID
    global variable_Post
    global list_MarkerList_2
    global list_ShootList
    global list_MarkerList
    global list_n
    global pid_X
    global pid_Y
    global pid_Yaw
    global pid_Pitch

    robot_ctrl.set_mode(rm define.robot mode free)
    vision_ctrl.enable_detection(rm define.vision detection_marker)
    gimbal_ctrl.set_rotate_speed(180)
    gimbal_ctrl.rotate_with_degree(rm define.gimbal_right,90)
    user defined Save()
    gimbal_ctrl.rotate_with_degree(rm define.gimbal_left,90)
    user defined Shoot()
    vision_ctrl.disable_detection(rm define.vision detection_marker)
    led_ctrl.gun_led_on()
```

Рис. 2. Часть кода RoboMaster S1, позволяющего патрулировать территорию

Список литературы:

1. <https://clck.ru/325oVD>.
2. https://www.dji.com/robomaster_app.
3. <https://stepik.org/course/67/promo>.

БОРТОВОЙ КОМПЬЮТЕР МОДЕЛЬНОЙ РАКЕТЫ

Л.Ю. Мадюжина, МАОУ СОШ № 12, г. Томск
Автономная некоммерческая организация дополнительного образования
детский технопарк «Кванториум» г. Томск
тел. +7(909)548-74-83
Руководитель: Бывшенко А.В.
E-mail: liliamaduzina@gmail.com

В рамках ракетостроительного чемпионата «Реактивное движение» разрабатывается плата бортового компьютера модельной твердотопливной ракеты на основе программируемого микроконтроллера Arduino Nano V3. Бортовой компьютер предназначен для управления датчиками, радиомодулями и другими компонентами ракеты. Он должен выполнять следующие задачи:

1. Передавать данные телеметрии
2. Обеспечить срабатывание системы спасения после прохождения апогея
3. Обеспечить срабатывание системы выведения на определенной высоте
4. Обеспечить тестовое срабатывание систем
5. Измерять высоту
6. Измерять ускорение
7. Индикация включения питания
8. Индикация загрузки платы
9. Фиксировать срабатывание систем
10. Иметь систему нахождения ракеты после приземления

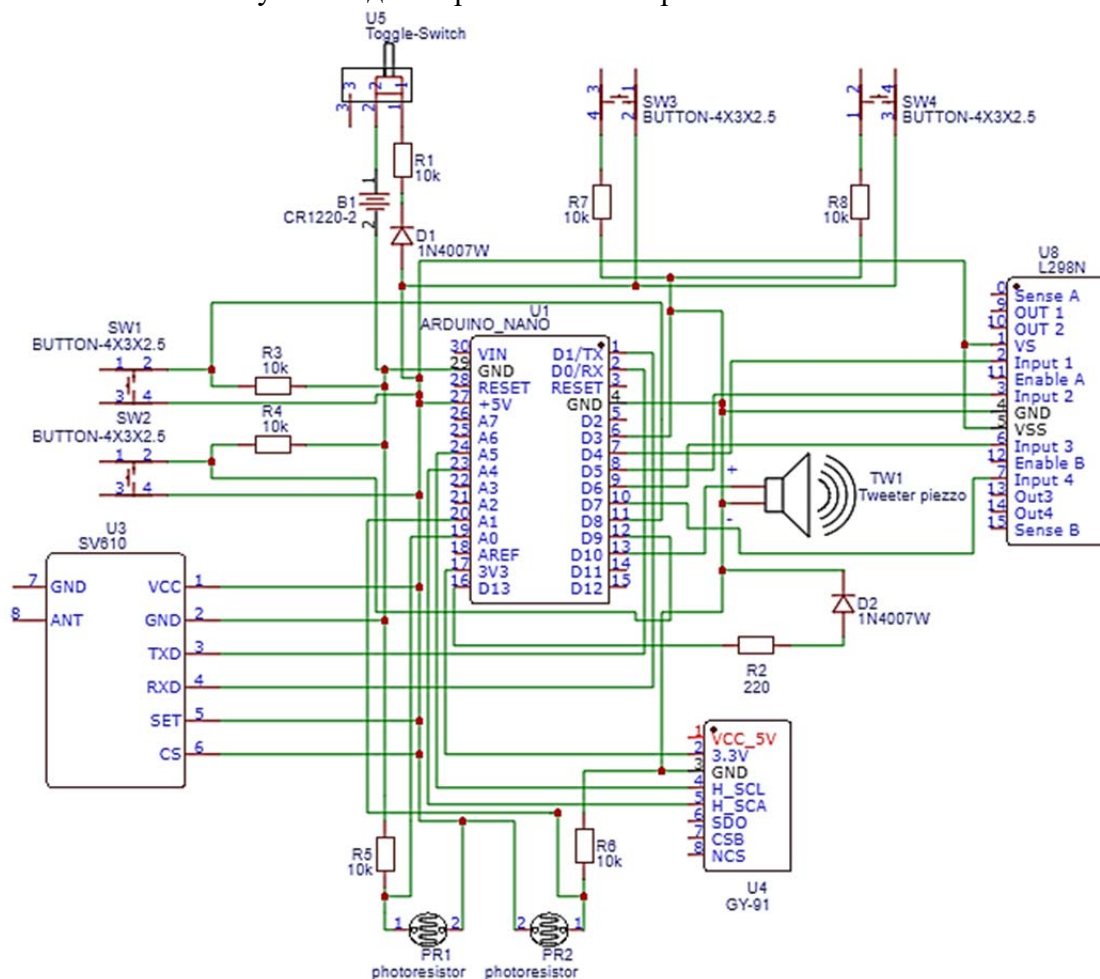


Рис. 1. Принципиальная схема бортового компьютера

Для реализации передачи телеметрии был выбран радиомодуль SV610 со спиральной антенной. Его главное преимущество компактность.

Для измерения ускорения, давления и определения положения ракеты был выбран модуль GY-91, потому что он содержит в себе и датчик MPU9250 (состоит из 3-х осевого акселерометра, 3-х осевого гироскопа и 3-х осевого магнитометра), и датчик давления BMP280.

Для управления двигателями постоянного тока системы спасения был выбран драйвер L298N, потому что к нему можно подключить сразу два двигателя и он достаточно распространен.

Для тестирования были подключены нажимные кнопки. Были выбраны резисторы на 10 кОм, для ограничения тока, потому что без резисторов с замкнутой кнопкой по цепи будет течь достаточно большой ток, который может сжечь цифровой вход.

Для индикации включения питания в цепь с кнопкой-переключателем был включен светодиод. Чтобы светодиод не сгорел последовательно был подключен резистор 220 Ом.

Все светодиоды, фоторезисторы и кнопки являются выносными элементами, так как они должны располагаться на корпусе ракеты, поэтому они подключаются через клеммы.

В результате работы в программе EasyEda была разработана принципиальная схема, изображенная на рис. 1. В дальнейшем будет произведена разводка печатной платы и изготовлена сама печатная плата.

EDUCATION PYTHON GAME

С.В. Брагин, ПДО Кванториум
В.К. Мальцев, ученик 7 класса, Зональненская СОШ,
ул. Зеленая, 40, Зональненское сельское поселение, Томская обл., 634507
Детский технопарк «Кванториум» г. Томск, пр. Ленина, 26 (3 этаж)
тел: +7(923)449-02-99
E-mail: vkmsiberia@gmail.com

В наше время актуальна сфера IT, но некоторые люди не умеют программировать. «Educational Python Game», игра, в которой игрок будет писать код, который приведет тебя к прохождению данного уровня (в каждом уровне есть несколько вариантов написания кода и его прохождения). С помощью данной игры участник сможет обучиться основе программированию на языке Python.

Эта игра поможет начинающим программистам научиться основам программирования на питоне в простой игровой форме. Множеству людей сложно обучиться IT, и данная игра сможет легко обучить программированию.

Цель данного проекта:

Создание игры, позволяющей обучиться программированию на питоне и привлечь как можно больше людей к IT.

Для достижения данной цели были поставлены следующие задачи:

1. Подробно изучить аналогичные проекты.
2. Разобраться в коде на языке Python.
3. Найти подходящий дизайн для игры.
4. Написать код для игры.



Рис. 1. Изображение игрового поля и игрока (зелёный квадрат)

```
for event in pygame.event.get():
    if event.type == pygame.QUIT:
        run = False
keys = pygame.key.get_pressed()
if keys[pygame.K_LEFT] and x > 5:
    x -= speed
if keys[pygame.K_RIGHT] and x < 500 - width - 5:
    x += speed
if not(isJump):
    if keys[pygame.K_UP] and y > 5:
        y -= speed
    if keys[pygame.K_DOWN] and y < 500 - height - 5:
        y += speed
    if keys[pygame.K_SPACE]:
        isJump = True
else:
    if jumpCount >= -10:
        if jumpCount > 0:
            y += (jumpCount ** 2) / 2
        else:
            y -= (jumpCount ** 2) / 2
        jumpCount -= 1
    else:
        isJump = False
        jumpCount = 10
```

Рис. 2. Код отвечающий за движение и прыжок игрока

Список литературы:

1. <https://itproger.com/course/pygame>.
2. <https://www.askpython.com/python/examples/easy-games-in-python>.
3. <http://pythonicway.com/python-games/19-python-arcade-games?ysclid=laqkaqd6a8368878995>.

СОЗДАНИЕ МОДЕЛИ ФРЕЗЕРНОГО СТАНКА

Д.В. Михайлов, педагог дополнительного образования

М.В. Гончаров, ученик 8 кл.

Детский технопарк «Кванториум», г. Томск,

МАОУ СОШ № 34, г. Томск

тел. +7(913)888-47-08

E-mail: Gonmaks08@gmail.com

В Детском Технопарке Кванториум разрабатывается симулятор работы фрезерного станка. При создании любого приложения-симулятора важнейшую роль играет создание окружения, взаимодействия с объектами. В симуляторах создаются необходимые 3D-модели, показывающие работу станка [2], дающие полное и объективное представление о конструкции. В любой симуляции главное передать максимально достоверную информацию об объекте, чтобы в дальнейшем пользователь мог использовать полученные в симуляторе навыки по работе со станком в реальной жизни. Одним из инструментов создания 3D-модели является программа Blender [1]. Для создания 3D-модели фрезерного станка закрытого типа (рис. 1) следует учитывать требования по эксплуатации станка. Фрезерный станок имеет сложную конфигурацию и состоит из отдельных элементов конструкции. Создание 3D-моделей корпуса и его составляющих (рис. 2) подразумевает детальную проработку 3D-модели. В состав станка [3] входят следующие элементы:

Опорная плита – стационарное чугунное основание, предназначенное для болтового монтажа станины.

Станина – один из ключевых элементов всех станков, независимо от их модели и назначения. Изготавливается из стального профиля путем его сварки или отливается из чугуна предназначенных для этого марок. Является основанием для фиксации всех подвижных и неподвижных механизмов и узлов оборудования.

Направляющие – сборные элементы из высоколегированной стали, отвечающие за линейное перемещение по осям. Нижняя часть направляющих неподвижно фиксируется на станине, а верхняя служит для крепления подвижных устройств станка.

Стол – зона для размещения заготовки. В зависимости от модели и типа станка может быть, как стационарной, так и подвижной.

Шпиндель – цилиндрический вал в прямоугольном металлическом корпусе, подсоединенный к двигателю станка и отвечающий за мощность оборудования и скорость обработки.

Фреза – не считается прямым компонентом оборудования, но служит инструментом, который, собственно, и совершает напрямую все операции с материалом, поэтому может быть причислена к составляющим оборудования.

Процесс создания 3D-модели элемента включает в себя создание основного корпуса с последующим созданием деталей внутри самого корпуса в 3D-пространстве.

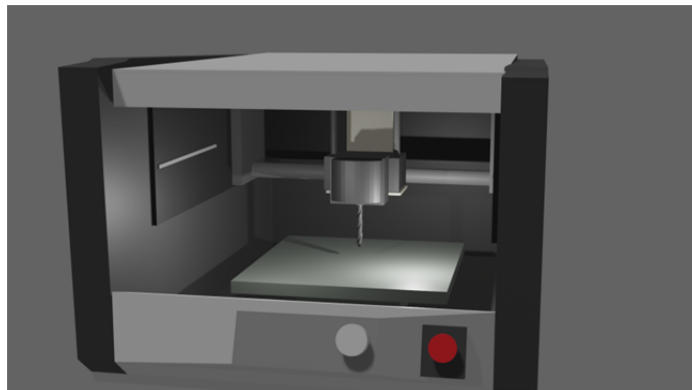


Рис. 1. 3D-модель целого фрезерного станка

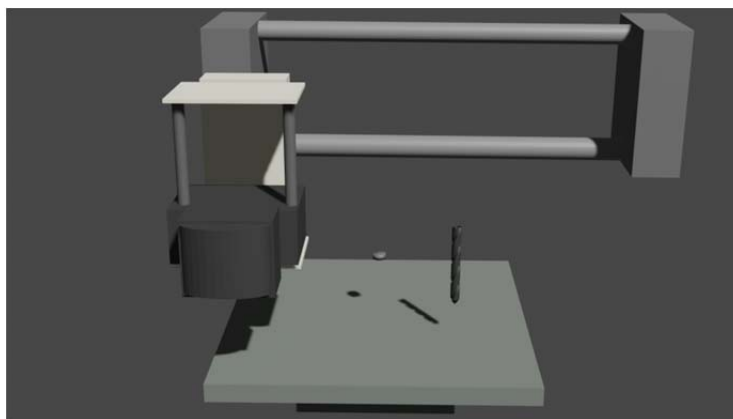


Рис. 2. 3D-модель внутренних частей фрезерного станка

3D-модель фрезерного станка позволяет увидеть внутреннюю конструкцию (рис. 2), посмотреть и изучить ее свойства, что в будущем позволит создать симулятор по его эксплуатации и соблюдению правил техники безопасности.

Список литературы:

1. Серова М. Учебник-самоучитель по графическому редактору Blender 3D. Моделирование и дизайн, 2020. – 400 с.
2. Резание конструкционных материалов, режущие инструменты и станки / Под ред. проф. П.Г. Петрухи. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1974 – 616 с.
3. Лоскутов В.В. Сверлильные и расточные станки. – Москва: Издательство Машиностроение, 1981. – Серия «Библиотека станочника» – 149 с.

EXO HELP

*В.А. Сироткин, учитель информатики и технологии,
В.В. Надькина, ученица 10 Б класса
МОУ «Центр образования «Тавла» – Средняя общеобразовательная школа № 17»,
430009, Республика Мордовия, г. Саранск, проспект Российской Армии, 7
тел. (8342) 54-61-30
E-mail: vsirotkin2022@yandex.ru*

На земле роботы подменяют людей на всевозможной сложной утомительной работе или в условиях возможного риска для здоровья человека: собирают автомобили, разминируют взрывные устройства, варят трубопроводы на морском дне и трудятся в «горячих» опасных зонах автономных электростанций. Неоспоримо преимущество роботов в космических исследованиях. Они не нуждаются в еде, воде и способны работать в крайне неблагоприятных условиях. Роботы проводят исследования планет, их спутников и других небесных тел. Луноходы и марсоходы, управляемые человеком на громадных расстояниях, ведут видео и фото-съёмку поверхности, берут пробы грунта, проводят его анализ, передают результаты на землю.

Наука и техника не стоит на месте, постоянно создаются новые, все более совершенные роботы для различных областей жизни. В том числе и создание мобильных роботизированных механизмов-экзоскелетов.

Экзоскелеты дают человеку небывалую силу и выносливость, повышают производительность труда. Эти системы дублируют работу опорно-двигательного аппарата, берут часть нагрузки на себя. Защищают пользователя от внешних воздействий, используются во многих областях: медицине, промышленности, вооружении, т. д. и т. п.

В дословном переводе с греческого экзоскелет – это внешний скелет. Автоматическая конструкция, которая восстанавливает утраченные или усиливает имеющиеся функции тела.

Он состоит из прочного каркаса и приводов, которые отвечают за перемещения. Такие системы дублируют работу опорно-двигательного аппарата, рассчитывают усилия и безопасность движений.

Экзоскелеты делают пассивными и активными. Первые не увеличивают силу и не забирают на себя физическую нагрузку, а распределяют её по телу. У активных моделей есть свой упор на земле. Они берут часть нагрузки на себя. Так пользователь поднимает больше тяжестей – получается эффект увеличения силы.

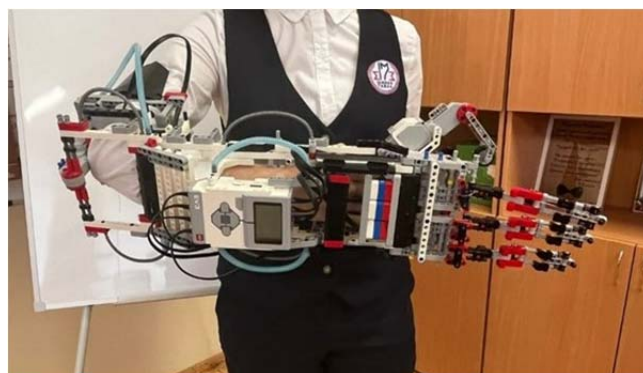
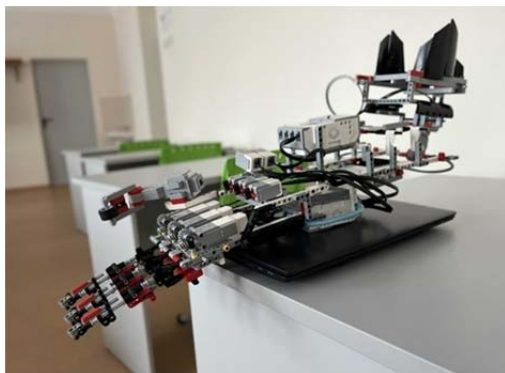


Рис. 1. «Экзоскелет Exo help»

Список литературы:

1. Ньютон С., Брага. М. Создание роботов в домашних условиях, НТ. Пресс 2007. 186 с.
2. Кашкаров А.П. 500 схем для радиолюбителей. Электронные датчики. Наука и Техника. 2008. 288 с.

3. Аношин Р. «Робот-жук». Радиодело № 3 2006. 59 с.
4. Оуэн Бишоп. Настольная книга разработчика роботов. Киев. «МК Пресс» 2010. 400 с.
5. Аксененко М.Д. Приемники оптического излучения. Справочник. 167 с.
6. Вильяме Д. Программируемый робот, управляемый с КПК.; пер. с англ. А.Ю. Карцева. – М.: ИТ Пресс, 2006. 224 с.
7. Белов А.В. Самоучитель разработчика устройств на микроконтроллерах AVR. Наука и техника, Санкт-Петербург, 2008. 532 с.
8. Васильева Е.С. канд. экон. наук, доц. РЭА им. Г.В. Плеханова «Справочник экономиста» № 1, 2004. «Понятие производственной структуры и ее составные элементы» 870 с.
9. Сапин М.Р. «Анатомия человека. Учение о костях, соединениях костей и мышцах», 2017, 424 стр.
10. <http://www.furfur.me/furfur/culture/culture/175815-ekzo?ysclid=I9wu0gmj1715317549>
Что собой представляет экзоскелет – костюм «железного человека» будущего.

УПРАВЛЕНИЕ СИСТЕМОЙ ПЕРЕДВИЖЕНИЯ НАПЛАНЕТНОГО АППАРАТА

А.В. Остапенко, МБОУ СОШ № 88

Автономная некоммерческая организация дополнительного образования
детский технопарк «Кванториум» г. Томск

Руководитель: А.В. Бывшенко

тел. +7(960)969-20-95

E-mail: klackas47@gmail.com

Система передвижения является служебной системой спутника. Благодаря ей спутник имеет возможность перемещаться в космосе и маневрировать в космическом пространстве. В данном проекте система передвижения предназначена для передвижения в атмосфере Нептуна.

Система передвижения нептунолета состоит из двух дроновых моторов BR2207S и лопастей диаметром 30 см. Моторы управляются через блок управления системами ориентации и стабилизации (БУСОС) и по протоколу I2C. Система электропитания (СЭП) дает электропитание моторам.

Получение информации для ориентации производится с платы БУСОС, на которой датчик IMU 9 DOF. Данный датчик дает данные о линейных и угловых ускорениях по трем осям и параметрах магнитного поля. Обмен информацией от датчика к плате производится также по протоколу I2C.

Протокол I2C позволяет управлять платой прямо из программы Arduino IDE через окно монитора. То есть при наличии полного набора подключенных плат можно задавать команды и обмениваться данными с каждой платой.

На рис. 1 представлена блок схема работы кода. Включение моторчиков осуществляется посредством команды «i2c(3,0,0,1,1,1,1,0,0)», а выключение посредством «i2c(3,0,0,0,0,0,0,0,0)». Получение данных же осуществляется по запросу «req(3,4)».

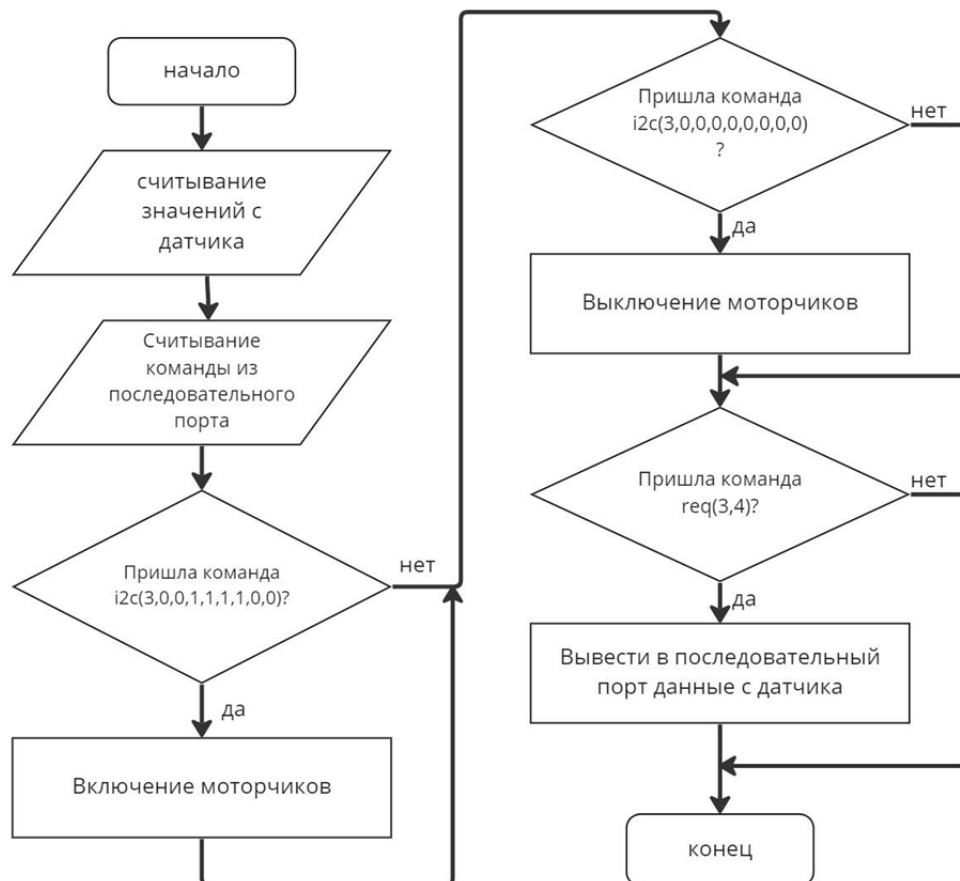


Рис. 1. Блок схема работы кода системы передвижения

Моторчики и платы БУСОС и СЭП представлены ниже на рис. 2, 3, 4.

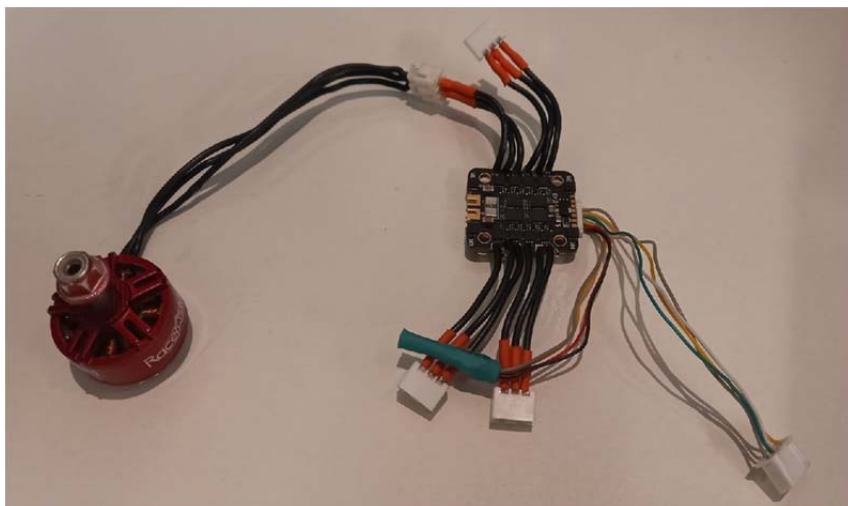


Рис. 2. Моторчик BR2207S

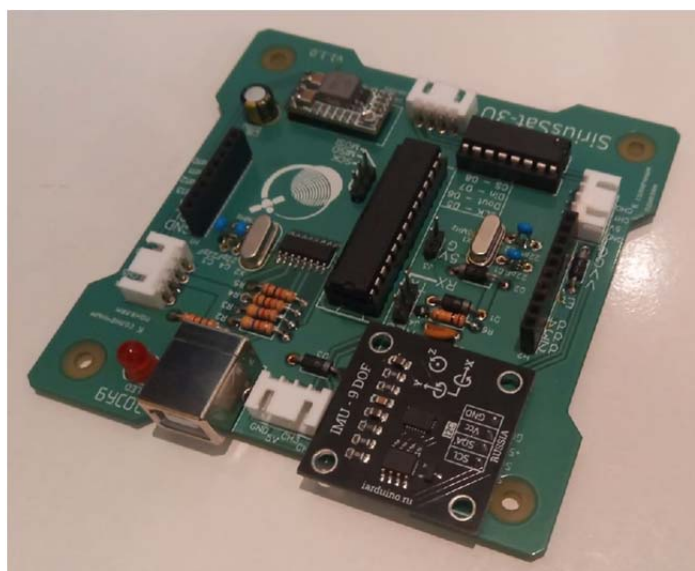


Рис. 3. Плата БУСОС

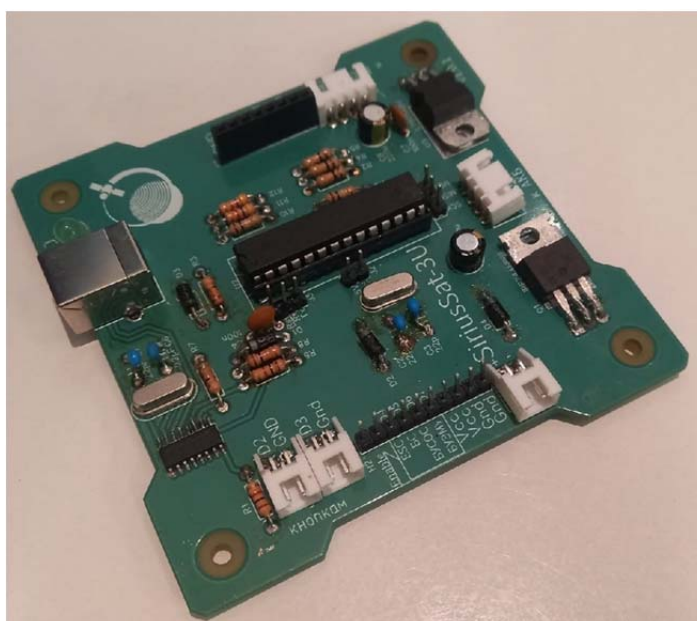


Рис. 4. Плата СЭП

СЕКРЕТЫ ЛАЗЕРНОГО СТАНКА

*В.А. Сироткин, учитель информатики и технологии,
А.М. Парфёнов, ученик 9А класса
МОУ «Центр образования "Тавла" – Средняя общеобразовательная школа № 17»,
430009, Республика Мордовия, г. Саранск, проспект Российской Армии, 7
тел. (8342) 54-61-30
E-mail: vsirotkin2022@yandex.ru*

Лазерный гравер (Лазерно-гравировальный станок с ЧПУ) – уникальное и многофункциональное оборудование. Его основными задачами являются раскрой и гравировка (маркировка) материала. ЧПУ – числовое программное управление. Достаточно задать программу, и машина сделает все сама. В большинстве случаев лазерный станок включает в себя два способа управления (ручной и механический).

Изделия создаются из фанеры. Фанера – древесный строительный материал, состоящий из склеенных между собой нескольких листов лущеного шпона. Для склеивания листов используется карбидный и альбуминоказеиновый клеи, в которых отсутствуют вредные вещества. Как следствие, фанера используется в изготовлении мебели, в отделке зданий, даже детских садов. Это экологически чистый материал, а значит, изготовленные из фанеры изделия не принесут вреда окружающей среде и здоровью человека.

Лазерная гравировка и резка является одним из популярных видов декорирования сувенирной продукции. Благодаря бесконтактному и высокоскоростному воздействию на обрабатываемый материал, на выходе получается изображение высокой четкости, которое не стирается и не видоизменяется с течением времени.



Рис. 1. «Работы, сделанные с помощью Makeblock LaserBox Pro»

Мы уверенно заявляем, что эффективность и рентабельность такого проекта имеет свои основания, а это:

1. Безрасходное оборудование.

2. Быстрая окупаемость.
3. Короткие сроки и качественный результат.

При полном освоении лазерного станка можно производить серийные продукции, такие как сувениры, брелоки, таблички, бирки, жетоны, декоративные элементы, игрушки, обложки для книг и блокнотов и т. д.

Кроме этого в зависимости от настроек (прежде всего, мощности) лазерный станок с ЧПУ может прорезать заготовки насквозь (в том числе осуществляя фигурную резку), или гравировать поверхность заготовки – в этом случае лазер погружается в материал на незначительную глубину. Последовательно проходя над заготовкой, лазер «строка за строкой» осуществляет нужное воздействие, благодаря чему заготовка превращается в готовое изделие. Микроконтроллер ЧПУ считывает коды управляющей программы (построенной на базе компьютерной графической модели готового изделия) и формирует импульсы для исполнительных элементов – шаговых электродвигателей.

Список литературы:

1. Александров, Е.Б. Лазерная магнитная спектроскопия / Е.Б. Александров, В.С. Запасский. – М.: Наука, 1986. – 279 с.
2. Александров, М. Лазерная клиническая биофотометрия. Теория, эксперимент, практика / М. Александров. – М.: Техносфера, 2008. – 584 с.
3. Арутюнян, Р.В. Воздействие лазерного излучения на материалы / Р.В. Арутюнян, В.Ю. Баранов, Л.А. Большов, и др.. – М.: Наука, 1989. – 367 с.
4. Виноградов, Б.А. Действие лазерного излучения на полимерные материалы. Научные основы и прикладные задачи. В 2 книгах. Книга 1. Полимерные материалы. Научные основы лазерного воздействия на полимерные диэлектрики / Б.А. Виноградов, К.Е. Перепелкин, Г.П. Мещерякова. – М.: Наука. Ленинградское Отделение, 2006. – 384 с.
5. Виноградов, Б.А. Действие лазерного излучения на полимерные материалы. Научные основы и прикладные задачи. В 2 книгах. Книга 2. Полимерные материалы. Практическое применение лазерных методов в изучении и обработке / Б.А. Виноградов, К.Е. Перепелкин, Г.П. Мещерякова. – М.: Наука. Ленинградское Отделение, 2007. – 448 с.

СОЗДАНИЕ ПОЛНОПРИВОДНОЙ ПРИВОДНОЙ ПЛАТФОРМЫ НА БАЗЕ АРДУИНО С BLUETOOTH УПРАВЛЕНИЕМ

И.Ф. Пинаев, М.А. Силантьев

*Научный руководитель: П.В. Александров, кружок дополнительного образования Craft Master в г. Сызрани,
446019, г. Сызрань, ул. Парижской-коммуны 68,
тел. +7(927)611-67-79 +7(961)388-79-62
E-mail: Oksana706@bk.ru, alindel@mail.ru*

В связи с интенсивностью развития робототехники изучение принципов работы электронных компонентов становится всё более ощутимой потребностью. Умение программировать и конструировать мобильных роботов – одна из главных областей робототехники.

На данный момент существует большое количество платформ для построения мобильных роботов, в том числе, без использования знаний в области программирования и с минимальными навыками конструирования. Следовательно, для развития навыков и получения опыта требуется выбрать базу с минимальными заготовками и обеспечением. Одной из таких платформ является arduino. Это программируемый микроконтроллер, способный управлять своими контактами. К его выводам можно подключать различные устройства и программировать их любым образом, ограничиваясь лишь физическими параметрами микроконтроллера.

Так же на рынке присутствуют готовые модели мобильных платформ на базе ардуино. От их использования так же было решено отказаться для получения опыта работы с различными материалами, применяемыми в конструировании корпуса платформы.

Чтобы создать полноприводную мобильную платформу было решено использовать 4 мотора постоянного тока с редуктором, плату arduino nano, драйвер для управления двигателями L9110, а так же bluetooth модуль HC-05/HC-06.

В ходе конструирования платформы были изучены особенности крепления двигателей, а так же их электромеханические особенности – при креплении к корпусу робота нельзя использовать чрезвычайно сильную затяжку винтов, это создаёт помехи для вращения шестерней редуктора. Помимо этого к двигателю обязательно требуется подключать конденсатор, для подавления помех, которые могут вызвать сбой в работе остальных элементов робота.

Рассмотрен принцип работы монитора порта платы ардуино: монитор порта, простыми словами, это способность платы принимать и отправлять данные, стандартно, это контакты 0 и 1, но при использовании дополнительных команд можно создать дополнительные мониторы и переназначить контакты.

Изучен принцип работы Bluetooth модуля, поскольку он является самостоятельным устройством, то не нуждается в дополнительных настройках и с ним можно работать напрямую. Однако, он позволяет осуществлять беспроводную связь с монитором порта ардуино.

А так же рассмотрено использование конденсаторов высокой ёмкости в цепи постоянного тока для стабилизации напряжения.

Мобильная платформа (рис. 1) работает следующим образом: при подаче тока в цепь, включаются ардуино, драйвер двигателей и блютуз модуль. Ардуино ожидает сообщение от блютуз модуля. Сигнал на блютуз модуль посылается с мобильного устройства, использующее приложение Arduino Bluetooth Joystick. Приложение отправляет угол наклона джостика на экране мобильного устройства. Ардуино принимает сигнал, и это число проходит проверку на 4 условия: наклонен ли джостик влево, вправо, вверх или вниз. Вследствие срабатывания одного из условий – ардуино подаёт сигналы на выходы, подключенные к драйверу. При подаче сигналов на контакты драйвера моторы начинают вращаться в течении 0,1 секунды. Если сообщения на ардуино не приходят – контакты ардуино-драйвер отключаются.

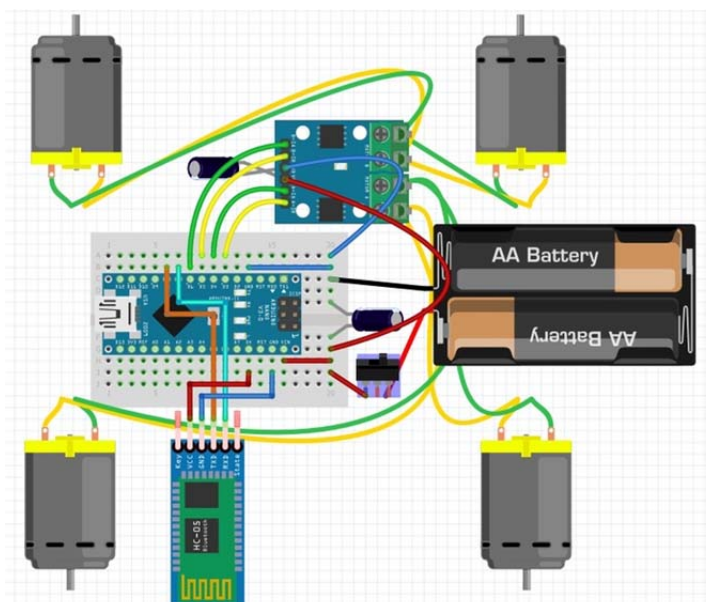


Рис. 1. Схема мобильной платформы

Так же при создании корпуса мобильной платформы (рис. 2) затронут вопрос о технической эстетики. По возможности, все электронные компоненты располагались внутри корпуса, закрывались от прямого визуального контакта, при этом важно было оставлять их доступными для редактирования или замены в случае поломки или выхода из строя.

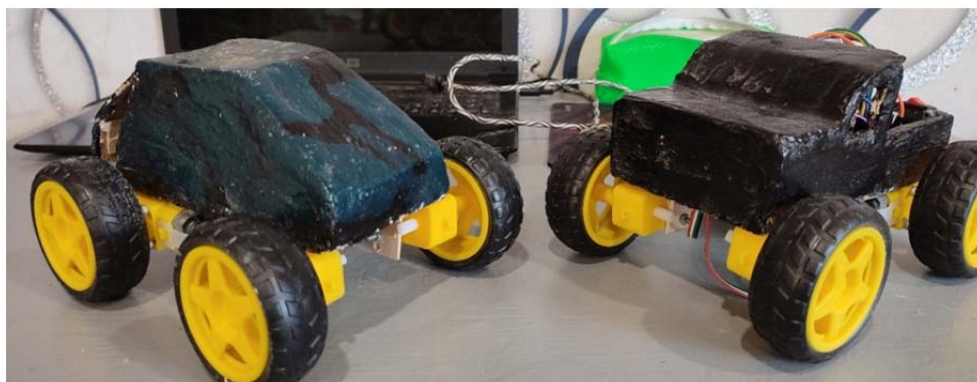


Рис. 2. Мобильные платформы в сборке

Список литературы:

1. Устройство щёточного двигателя и особенности его подключения к ардуино <https://alexgyver.ru/lessons/dc-motors/>.
2. Использование Bluetooth модуля <https://arduino-master.ru/datchiki-arduino/arduino-bluetooth-hc05-hc06/>.
3. Принцип работы драйвера двигателя L9110s <https://arduinka.biz.ua/ru/plata-drayvera-shagovogo-dvigatelya-l9110s-p337c76.html>.

СИСТЕМА ГИБРИДНОГО БПЛА ФОРМАТА ДРОН-ВЕРТОЛЁТ

К. Раухвергер, студент

Томский техникум информационных технологий, г. Томск, 1 курс

*Руководитель: Мотовилов Марк Александрович, АНО ДО ДТ «Кванториум»,
Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники*

Одним из основных отличий дронов и вертолётов является принцип работы двигателя. Принцип работы летательных дронов заключается в следующем: два из четырех пропеллеров вращаются по часовой стрелке, а два других – в противоположном направлении. За счет этой особенности аппарат использует осевое вращение влево/вправо, путем увеличения скорости одной пары двигателей и снижением скорости другой. Двигатель вертолетов оснащен таким устройством, как автомат перекоса. Он изменяет угол установки лопастей несущего винта (шаг винта), вращая их в осевых шарнирах посредством присоединённых к ним тяг. Обычно всегда присутствуют два канала управления: по X и по Z-координатам, а также канал изменения общего шага несущего винта.

Принципиальная проблема автомата перекоса заключается в сложной реализации на миниатюрных моделях вертолетов. Это усложняет обслуживание вертолета и повышает стоимость конструкции. Задача состоит в том, чтобы управлять двигателем вертолета с помощью изменения скорости вращения двигателя.

Проект гибридного БПЛА формата представляет собой технологию электронного автомата-перекоса. Магнитный энкодер установленный под бесколлекторным двигателем и считывающий количество оборотов предназначен для управления скоростью вращения с помощью программного кода на языке Arduino. Так же энкодер выполняет функцию гироскопа и позволяет определить положение вертолета по координатам. При взлёте происходит равноускоренное вращение двигателя, при посадке вращение замедляется. Полеты вдоль X и по Z-координат производятся за счёт наклонов корпуса при резком ускорении вращения.

Цель:

Создать систему управления гибридным БПЛА формата дрон-вертолет с помощью магнитного энкодера, изменяя скорость его вращения.

Задачи:

1. Смоделировать подвижные крепления двигателя.
2. Смоделировать надежное крепление магнитного энкодера.
3. Поместить и подключить полетный магнитный энкодер для считывания количества оборотов.
4. Запрограммировать плату Arduino на сбор данных с магнитного энкодера и управления скоростью вращения двигателя.

Обзор аналогов:

Из прямых аналогов такой системы стоит выделить Drone Helicopter Hybrid, разработанный Томом Стэнтоном в 2020-м году. Однако данный прототип можно доработать для конкретных технических задач. Одной из таких задач является фото- и видеосъемка с воздуха при максимальной манёвренности вертолёта.

На данный момент полностью спроектирован и собран корпус гибридного вертолета, подключена плата распределения питания, приёмное устройство, регулятор для управления основным двигателем установлен двигатель стабилизации. Так же были спроектированы и напечатаны подвижные детали винта. Были использованы следующие материалы и комплектующие:

1. Arduino Nano.
2. Микроконтроллер Beta.
3. Плата распределения питания Matek PDB-XT60.

4. Магнитный энкодер MPU GY-273.
5. ESC Регуляторы DYS XSD 20A.
6. Аккумулятор Ministar 14,8 V.
7. Двигатели DJI 2312.
8. Провода типа «папа-мама».

На рис. 1 представлен полностью собранный и укомплектованный базовым полётным оборудованием:

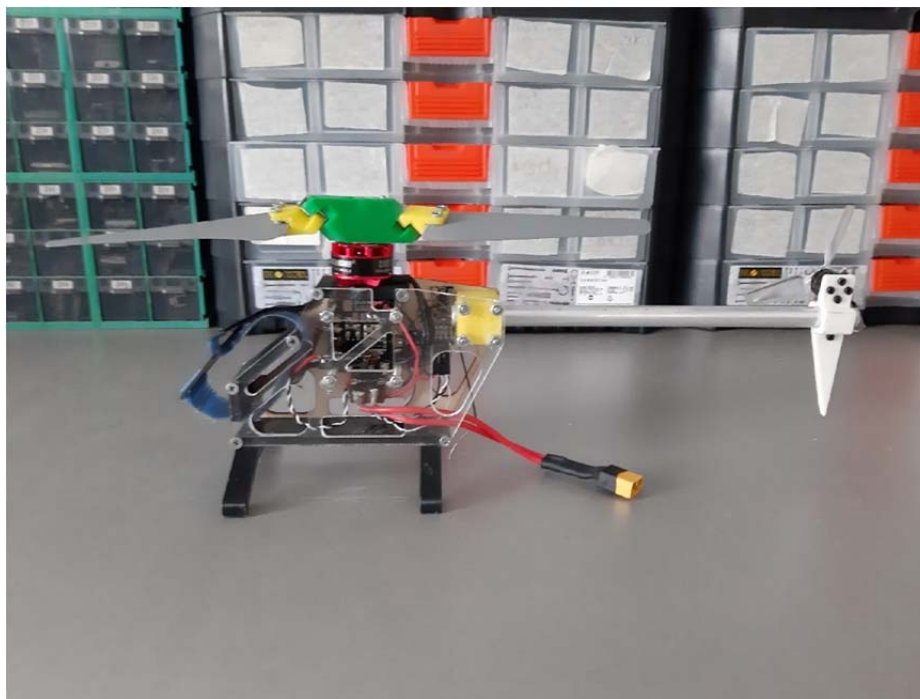


Рис. 1. Полностью собранная модель вертолёта

Заключение и итоги работы:

На данный момент спроектирована, распечатана и собрана макет корпуса вертолета, установлен полётный контроллер, регулятор полета, плата распределения питания, приёмное устройство, собраны подвижные детали для управления винта. В процессе происходит разбор и написание кода для работы магнитного энкодера.

Список литературы:

1. Статья об автомате перекоса. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%B2%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D1%82_%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BA%D0%BE%D1%81%D0%B0.
2. Что лучше выбрать: вертолёт или квадрокоптер? Статья о различии основных типов дронов. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://dronnews.ru/o-dronakh/kvadrokofter-ili-vertolet-na-radioupravlenii.html>.
3. Демонстрация аналога: <https://www.youtube.com/watch?v=d80oXSCcHTk>.
4. Работа с гироскопом GY-521[Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://3d-diy.ru/wiki/arduino-datchiki/giroskop-i-akselerometr-gy521-mpu6050/>.

ВЫХОД МОДЕЛЕЙ 3D-ПРИНТЕРА В СЕРИЙНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

*Д.З. Ахмедзянов, преподаватель ДО
Р.И. Саетгалин, ученик 10 класса, МАОУ «СОШ» № 24
Дом юношеского технического творчества,
г. Челябинск, ул. Черкаская, 1А
Тел. +7(900)029-50-10
E-mail: saetgalin2006@gmail.com*

Технология 3D-печати актуальна благодаря простоте ее использования и экономии времени, затрачиваемого на производство различных видов изделий. При этом ручной труд практически сведен к нулю, а это значит, что затраты на оператора и обслуживание 3D-принтера будут минимальными. Впоследствии это позволит снизить себестоимость готового изделия.

Вывод продукта в серийное производство проходит поэтапно. Всё начинается с постановки на производство – это подготовительный этап, который предполагает отработку и проверку технологического процесса. Чтобы понять, готов ли продукт к производству, проводят испытание образцов. Это необходимо, чтобы выявить и устранить недостатки. После успешного прохождения испытаний изделие поступает в серийное производство. Снятие с производства требуется, если продукт перестал соответствовать требованиям, был заменен усовершенствованной версией, в процессе эксплуатации оказывает негативное влияние на здоровье человека или экологию, не пользуется покупательским спросом в течение длительного времени.

Перед тем как определиться, какой продукт мы хотим выпускать в серийное производство для начала нам нужно выбрать тип пластика, который будет выделяться положительными качествами на фоне остальных видов и иметь не большую цену.

Материал	Прочность	Долговечность	Гибкость	Цена
PLA	Удовлетвор.	Удовлетвор.	Низкая	Низкая
PC	Высокая	Высокая	Удовлетвор.	Средняя
ABS	Удовлетвор.	Средняя	Удовлетвор.	Низкая
TPE (TPU, TPC)	Низкая	Средняя	Высокая	Средняя
Nylon	Средняя	Высокая	Средняя	Высокая
PETG	Удовлетвор.	Средняя	Удовлетвор.	Низкая

[1][2][5]

Из приведенных в вышеуказанной таблице выберем самый универсальный тип материала для серийного производства, как раз таки он получит популярность на мировом рынке. Это будет поликарбонатный (PC) пластик. PC очень прочный и самый жесткий из всех термопластов и это вторая его важная особенность. Особенно впечатляет несравнимая ударопрочность поликарбоната [6]. Если ваша деталь должна выдерживать большие нагрузки при минимальных размерах, PC может очень пригодиться [7]. PC – незаменимый для некоторых случаев материал благодаря своим уникальным характеристикам. Прочный, жесткий, термо и морозостойкий, долговечный, с неплохой химической защитой, хорошо обрабатывается механически [8]. Из него можно делать посуду, предметы медицинского назначения, лампы, плафоны и прочие светильники.

Вывод: из самых распространенных пластиков, которые используют обычные пользователи, поликарбонатный будет лучше своих конкурентов во многом.

Однако есть композитные пластмассы и другие виды материалов (полиамид, полистирол фотополимеры, металлические сплавы, песок, воск и гипс) обладающие более лучшими качествами, как раз так и их лучше всего рассмотреть в кандидаты как материал для 3D-принтера.

Основные материалы для профессиональной и промышленной 3D-печати – это пластики в виде нитей/гранул или порошка, фотополимерные смолы, металлические порошки, воск и гипс. Обладая исключительно высокими качественными характеристиками, они с успехом используются в различных отраслях для прототипирования и изготовления функциональных деталей, и с развитием аддитивного производства их становится все больше [9].

Например, из металлического порошка производят разные инструменты: резцы, измерительные штампы, оснастки протезов [3] [4]. Воск для ювелирных украшения высокого качества, стоматологических изделий для протезирования и прототипы металлических деталей различной техники. Песок получил своё место в сфере 3D-принтеров за возможность изготавливать высокоточные формы для литья металлов, 3D-прототипирование и печать полноцветных декоративных объектов.

Существует большое количество порошков на основе металлических сплавов. Все они решают те или иные задачи. Нужно подбирать материал, исходя из физических, механических и химических свойств конечного изделия, для каждой модели должен быть свой подход.

Список литературы:

1. Кромптон Т. Анализ пластиков. – М., Мир, 1988. – 679 с.
2. Манин В.Н., Громов А.Н. Физико-химическая стойкость полимерных материалов в условиях эксплуатации. – Л., Химия, 1980.
3. Шалкаускас М.И. Металлизация пластмасс. – М., Знание, 1983. – 64 с.
4. Шерстнев П.П. Полимеры в медицинской технике. – М., Медицина, 1980. – 368 с.
5. Усталостная прочность и выносливость пластмасс / Бугло С.Т., Ратнер С.Б. 1989. – 84 с.
6. Поликарбонаты. Каталог. 1981, 23 с.
7. Поликарбонаты. Каталог. 1986, 32 с.
8. Справочник по композиционным материалам. Под ред. Дж. Любина. М., Машиностроение, 1988, кн. 1, 448 с.; кн. 2, 584 с.
9. Кулезнев В.Н. Смеси полимеров. – М., Химия, 1980. – 304 с.

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО РАСПОЗНАВАНИЯ ДОРОЖНОЙ РАЗМЕТКИ

Н. Сальников

*ГБУДО «ЦМИНК» «Кванториум»,
г. Нижний Новгород, ул. Ульянова, 10Б*

тел. +7(831)214-03-55

E-mail: rutub95@mail.ru

*Руководитель: М.А. Гришин,
педагог дополнительного образования*

Автомобильная индустрия претерпевает существенную трансформацию: крупнейшие производители машин совместно с ИТ и телеком разработчиками идут к созданию транспортных средств с возможностью полностью автономного вождения. Тренд уже очевиден – в будущем беспилотный транспорт станет массовым явлением, но на пути к эпохе полностью автономных автомобилей еще предстоит решить массу задач.

Беспилотный автомобиль – транспортное средство, оборудованное системой автоматического управления, которое может передвигаться без участия человека. Автопилот – устройство или программно-аппаратный комплекс, ведущий транспортное средство по определённой, заданной ему траектории.

Распознавание дорожной разметки – это задача, которую выполняет каждый человек, чтобы убедиться, что его транспортное средство находится в пределах полосы движения. Это очень важная задача для автопилота автомобиля.

Цель: Изучить и создать систему автоматического распознавания дорожной разметки под соревнования AutoNET 14+.

Задачи:

1. Изучить основы работы с OpenCV.
2. Разработать алгоритм обработки изображения для распознавания дорожной разметки.
3. Разработка ПО.

Обзор аналогов: Самый известный аналог конечно же находится в автомобилях компании Tesla, но опытные образцы есть и у других ведущих компаний. На просторах интернета находится множество подобных проектов.

Описание алгоритма

С камеры захватывается изображение. Далее алгоритм вертикально делит входное изображение пополам, и обрабатывает каждую полосу отдельно. С помощью функции `findContours` из данных, которые выдаёт эта функция берутся левые верхние точки из правой и левой полосы, левые верхние точки являются первыми точками массива. Далее находится координата середины отрезка, проведённого от одной точки к другой. Потом с помощью метода координат высчитывается угол наклона отрезка, проведённого из найденной середины в точку, координаты которой: $x =$ половине ширины изображения, а $y =$ высоте изображения, потому что в программе начало координат изображения – левый верхний угол, а потому пиксели с координатой $y = 0$ будут в самом верху изображения, а пиксели в самом низу изображения будут иметь координату $y =$ высоте изображения. Реализован алгоритм на C++. В дальнейшем ПО будет применяться для соревнования AutoNET 14+.

Листинг кода

```
1  #include <opencv2/opencv.hpp>
2  #include <iostream>
3  #include <cmath>
4
5  using namespace cv;
6  using namespace std;
7
8  void Print(string WindowName, Mat img)
9  {
10     String windowName = WindowName; //Name of the window
11     namedWindow(windowName, WINDOW_NORMAL); // Create a window
12     imshow(windowName, img); // Show our image inside the created window.
13 }
14
15 int main(int argc, char** argv)
16 {
17     Mat imgOrig = imread("/home/promrobokvant/Изображения/1626795906_5-kartinkin-cc
18
19     int iLowH = 0;
20     int iHighH = 255;
21
22     int iLowS = 0;
23     int iHighS = 63;
24
25     int iLowV = 191;
26     int iHighV = 255;
27
28     if(imgOrig.empty())
29     {
30         cout << "Image isn't opened";
31         cin.get();
32         return -1;
33     }
34
35     Rect a(900, 50, 850, 1000); // Создание региона
36     Mat img;
37     // Копирование региона в отдельное изображение
38     imgOrig(a).copyTo(img);
39
40     int width = img.cols;
41     int height = img.rows;
42
43     Mat imgHSV;
44     cvtColor(img, imgHSV, COLOR_BGR2HSV); //Convert the captured frame from BGR to
45
46     Rect l(0, 0, width/2, height); // Создание региона l
47     Rect r(width/2, 0, width/2, height); // Создание региона r
48
49     Mat imgBin;
50     inRange(imgHSV, Scalar(iLowH, iLowS, iLowV), Scalar(iHighH, iHighS, iHighV), imgBin); //Th
51
52     //morphological opening (remove small objects from the foreground)
53     erode(imgBin, imgBin, getStructuringElement(MORPH_ELLIPSE, Size(3, 3)) );
54     dilate(imgBin, imgBin, getStructuringElement(MORPH_ELLIPSE, Size(3, 3)) );
55
56     //morphological closing (fill small holes in the foreground)
57     dilate(imgBin, imgBin, getStructuringElement(MORPH_ELLIPSE, Size(3, 3)) );
58     erode(imgBin, imgBin, getStructuringElement(MORPH_ELLIPSE, Size(3, 3)) );
59
60     vector<vector<Point>> contours[3];
61     vector<Vec4i> hierarchy[3];
62     findContours(imgBin(l), contours[0], hierarchy[0], RETR_EXTERNAL, CHAIN_APPROX_NONE);
63     findContours(imgBin(r), contours[1], hierarchy[1], RETR_EXTERNAL, CHAIN_APPROX_NONE);
64     findContours(imgBin, contours[2], hierarchy[2], RETR_EXTERNAL, CHAIN_APPROX_NONE);
```

```

108 Mat image_copyL = img(l).clone();
109 Mat image_copyR = img(r).clone();
110 Mat image_copy = img.clone();
111 drawContours(image_copyL, contours[0], -1, Scalar(0, 255, 0), 1);
112 drawContours(image_copyR, contours[1], -1, Scalar(0, 255, 0), 1);
113 drawContours(image_copy, contours[2], -1, Scalar(0, 255, 0), 1);
114
115 Point A;
116 A.x = (contours[1][0][0].x + width/2 + contours[0][1][0].x)/2;
117 A.y = (contours[1][0][0].y + contours[0][1][0].y)/2;
118 cout << "[" << A.x << ", " << A.y << "]" << endl;
119 for(int i = -1; i < 2; i++)
120 {
121     for(int j = -1; j < 2; j++)
122     {
123         image_copy.at<Vec3b>(A.y + i, A.x + j)[0] = 0;
124         image_copy.at<Vec3b>(A.y + j, A.x + i)[1] = 0;
125         image_copy.at<Vec3b>(A.y + j, A.x + i)[2] = 255;
126     }
127 }
128
129 int hipotenuse = sqrt((A.x - width/2) * (height - A.y));|
130
131 Print("Contour image", image_copy);
132 /*Print("Bin image left", imgBin(l));
133 Print("Bin image right", imgBin(r));
134 Print("Contur image left", image_copyL);
135 Print("Contur image right", image_copyR);*/
136 waitKey(0);
137 destroyAllWindows();
138
139 return 0;
140 }

```

Заключение и итоги работы: На данный момент программа выдаёт угол, эти данные передаются на работа, в следствие чего, система позволяет корректировать курс в автономном режиме, если во входном изображении присутствуют 2 вертикальные полосы дорожной разметки. Также планируется разработать систему по распознаванию дорожных знаков и светофора.

Список литературы:

1. Кэлер А., Брэдки Г. Изучаем OpenCV 3 = Learning OpenCV 3. М.: ДМК-Пресс, 2017. – 826 с. – ISBN 978-5-97060-471-7.
2. Буэно, Суарес, Эспиноса. Обработка изображений с помощью OpenCV = Learning Image Processing with OpenCV. – М 2016. 210 с. – ISBN 978-5-97060-387-1.
3. Прохоренок Н. OpenCV и Java. Обработка изображений и компьютерное зрение. – СПб.:БХВ-Петербург, 2018. – 978-5-9775-3955-5.

ШАБЛОН ИНТЕРФЕЙСА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕННОЙ КАТЕГОРИИ ОБОРУДОВАНИЯ

*Р.Д. Герасимов, аспирант группы А1-36
Томский политехнический университет
А.Д. Стариков, ученик 142 группы
Лицей при ТПУ
тел: +7(923)416-86-80
E-mail: qwekinaft@list.ru*

Во многих малых научных лабораториях, различные лабораторные и экспериментальные стенды зачастую сделаны с ручным управлением. В свою очередь, ручное управление снижает повторяемость экспериментов и увеличивает риск получения травмы лаборанта. В данной работе был разработан компьютерный интерфейс для управления плазмохимическими реакторами, который очень легко адаптировать под другие реакторы схожего применения.

Программа разработана на языке программирования C# в интегрированной среде разработки Visual Studio 2022. Она представляет собой графическое приложение для операционной системы Windows. Передача данных с плазмохимическим реактором происходит по последовательному порту.

На рис. 1 и 2 изображено главное меню управления. Именно в этом меню можно задать параметры работы реактора, запустить и остановить его в случае непредвиденных обстоятельств. Также присутствует управление положением анода с помощью кнопок. В меню «Настройки» можно выбрать последовательный порт, скорость общения и перейти в меню настройки формата команд. Программа автоматически сохраняет используемый порт и скорость в реестр Windows для удобства оператора.

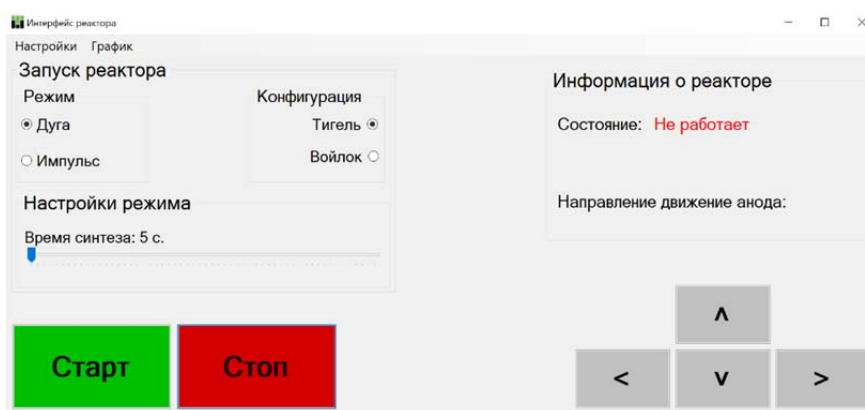


Рис. 1. Главное меню в режиме «дуга»

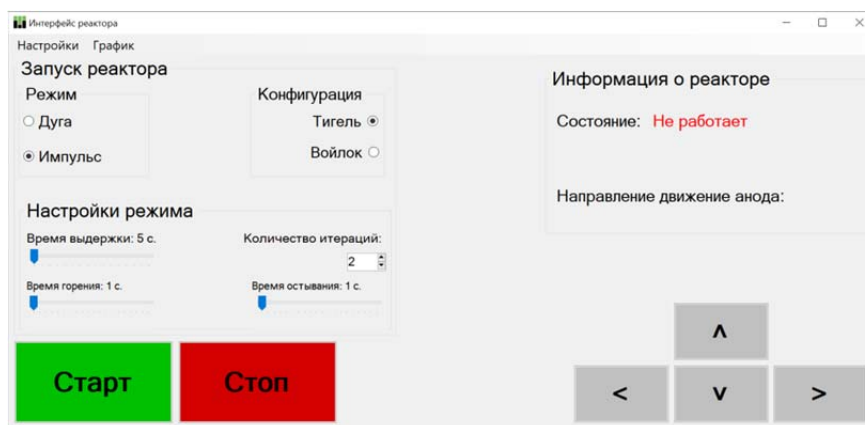


Рис. 2. Главное меню в режиме «импульс»

В целях более простой адаптации интерфейса было создано меню настройки формата команд (рис. 3). Здесь показаны только основные форматы, которых в большинстве случаев будет достаточно для каждого оборудования.

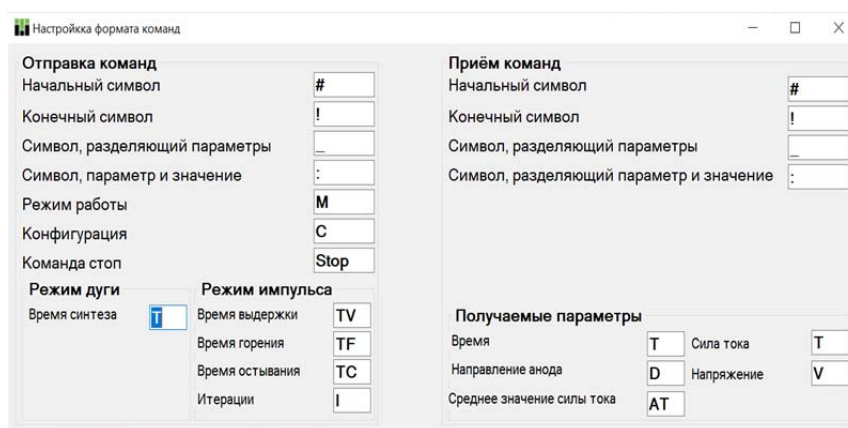


Рис. 3. Меню настройки формата команд

Графическая визуализация данных позволяет лучше понять, как протекал процесс работы реактора, поэтому было создано меню «Графики» (рис. 4). В этом окне оператор может наблюдать полученные данные в графическом представлении. Для удобного анализа, есть возможность сохранить графики в картинку формата PNG.

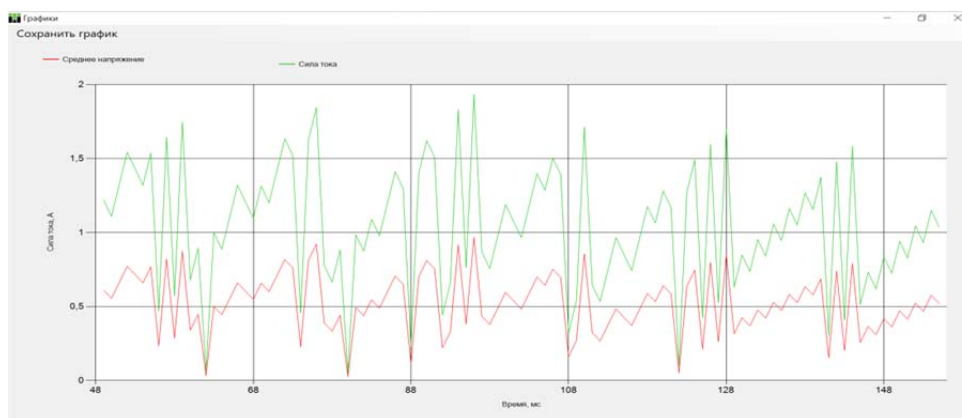


Рис. 4. Окно с отображением трендов по току

В результате проделанной работы был разработан удобный и адаптируемый графический интерфейс для операционной системы Windows, работающий с несколькими режимами и имеющий функционал представления полученных данных в виде графиков, а также их сохранение в виде PNG файлов, для взаимодействия с лабораторными плазменно-химическими реакторами посредством передачи данных через последовательный порт.

СИМУЛЯТОР ОБУЧЕНИЯ РАБОТЫ НА ФРЕЗЕРОВОЧНОМ СТАНКЕ С ЧПУ В ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ

Н.О. Тюрин, ученик 9 класса МБОУ лицей № 7, г. Томск

И.В. Железняк, ученик 8.3 класса МАОУ Школа «Перспектива», г. Томск

Л.О. Ли, ученик 10 класса МАОУ Русская Классическая гимназия № 2, г. Томск

Детский технопарк «Кванториум», 634034, г. Томск, пр. Ленина, 26

тел. 8(923)406-25-80

E-mail: lisantov@yandex.ru

Одна из важнейших задач для фрезерного станка с ЧПУ – обработка заготовок. Тренажер виртуальной реальности поможет не только подготовить будущих операторов фрезерного станка, чтобы они на виртуальном опыте получали необходимые знания по управлению станком и действиям в различных ситуациях, которые могут произойти во время выполнения задания, но и погрузить за счет специально смоделированного окружения пользователя в атмосферу работы операторов, даже с учетом опасных ситуаций на самом производстве.

Мы решили разработать приложение с использованием технологии виртуальной реальности, которое бы симулировало процесс управления фрезерным станком с ЧПУ и выполнение определенного задания на станке.

Мы изучили инструкции по работе с фрезерным станком с ЧПУ, а также посетили мастер-класс, на котором мы научились обрабатывать деталь на фрезерном станке с ЧПУ. Мастер-класс нам провёл Денис Зверещук – работник цеха в детском технопарке «Кванториум». И на основе полученных знаний мы сформулировали порядок действий, которые должен выполнить пользователь для использования фрезеровочного станка.

Наша команда реализовала Alpha версию приложения для обучения работы с фрезерным станком. В котором мы оказываемся на локации «Завод», где нас сопровождают звуковые эффекты, помогающие погрузить пользователя в рабочую атмосферу в цехе. Рядом с рабочей зоной мы видим зеркало, спецодежду. Зеркало нам понадобится, чтобы убедиться, что мы надели всю спецодежду. В список спецодежды входит, берет, халат и очки. Её нужно надеть для обеспечения безопасности сотрудника при работе со станком.

Мы реализовали интерактивную инструкцию, следуя которой вы сможете обучиться базовым навыкам работы со станком. Выполняя задания, вы можете наблюдать за своим прогрессом и корректностью выполняемых действий.

Таблица 1

Порядок действий при работе с фрезерным станком с ЧПУ

1	Наденьте спецодежду
2	Установите заготовку в специальную зону внутри фрезерного станка
3	Выберите изображение, которое хотите вырезать из заготовки и экспортируйте его в ArtCam
4	Выберите тип вырезки и сконвертируйте его в G-code
5	С помощью программы “Mach3” выставьте нулевые координаты
6	Запустить проверку выставленных нулевых координат
7	Запустите фрезерный станок с помощью кнопку “Start Cycle”
8	Заберите заготовку
9	Привести в порядок рабочую зону

После компиляции нашего приложения мы провели опрос среди учеников Кванториума на тему, знают ли они что такое фрезеровочный станок и как им пользоваться. Из результатов опроса мы поняли, что практически никто из опрошенных учеников не знал, что такое фрезеровочный станок и для чего он нужен. После прохождения этого опроса и записи его результатов, мы попросили этих же людей сыграть в нашу игру. После про-

хождения нашей игры, попросили снова пройти опрос, более 90 процентов опрошенных успешно усвоили материал и знали принципы работы на фрезеровочном станке.

Исходя из этого, мы сделали вывод:

Симуляторы в виртуальной реальности положительно влияют на усваивание информации, а так же могут максимально погрузить пользователя в нужную атмосферу.

Во время прохождения нашей игры пользователи не боялись совершать ошибки, ведь их можно было исправить безболезненно, они понимали, что это лишь игра. В процессе игры материал подкреплялся положительными эмоциями, которые благоприятно влияли на запоминание информации. В процессе прохождения обучения пользователям получилось примерить на себя роль оператора фрезеровочного станка и получить опыт и знания в безопасных психологических и физических условиях.

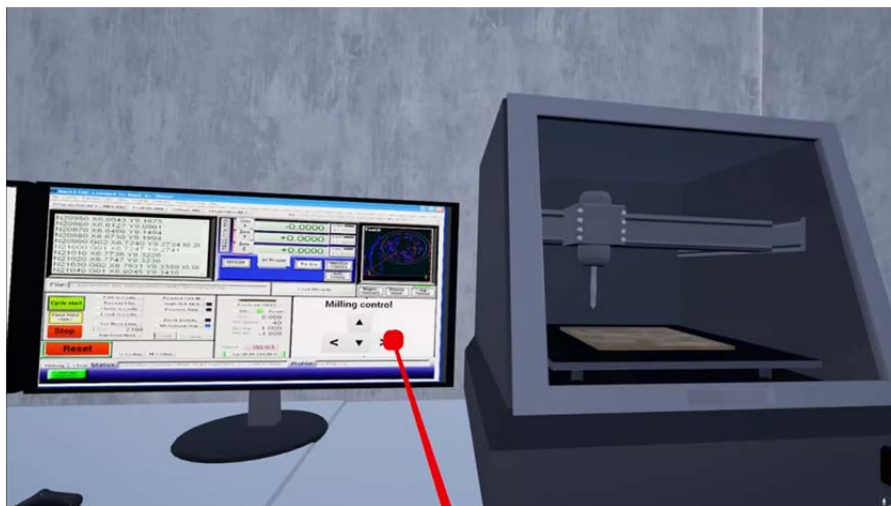


Рис. 1. Скриншот с фрезерным станком и монитором во время работы

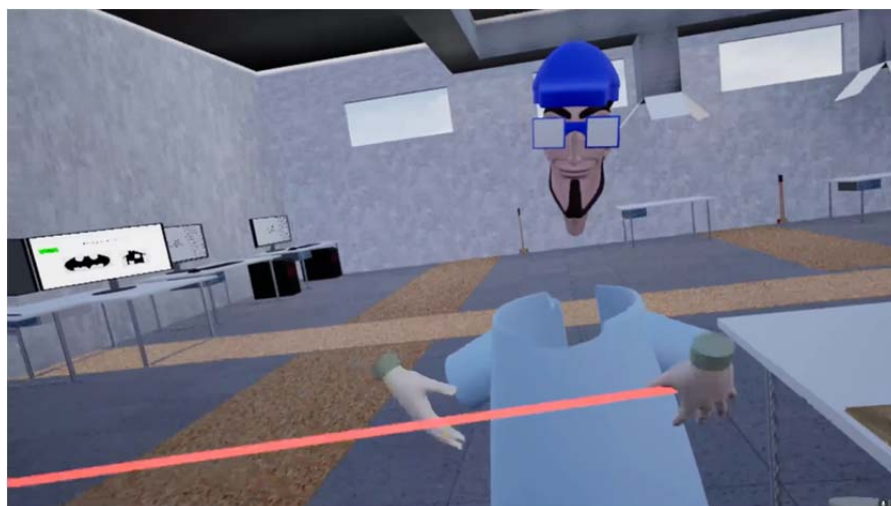


Рис. 2. Скриншот с персонажем в спецодежде

Список литературы:

1. Глебов И.Т., Учимся работать на фрезерном станке с ЧПУ: Екатеринбург: УГЛТУ, 2015. – 115 с.
2. Сборник уроков по Unreal Engine 4, <https://www.youtube.com/@Unreal-engine4Ru>.
3. Сборник уроков по Blender 3D для новичков, https://www.youtube.com/playlist?list=PL0lO_mIqDDFW5h4vGzizQDcsqK3nxjvy_.
4. Инструкции и руководства к фрезерным станкам и обрабатывающим центрам с ЧПУ, <https://www.abamet.ru/press/manuals/instruktsii-frezernye-stanki/>.

БЕСПИЛОТНОЕ ЛЕТАТЕЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

В.А. Сироткин, учитель информатики и технологии,

А.А. Хохлов, ученик 9А класса

*МОУ «Центр образования "Тавла" – Средняя общеобразовательная школа № 17»,
430009, Республика Мордовия, г. Саранск, проспект Российской Армии, 7
тел. (8342) 54-61-30*

E-mail: vsirotkin2022@yandex.ru

Проблема формирования инженерной компетентности специалиста актуальна в последние годы в связи с выходом отечественной промышленности из кризисной ситуации, созданной переходом на рыночную экономику. Интеллектуальный капитал инженерной компетентности специалиста стал основой реализации Программы социально-экономического развития России, нацеленной на вхождение нашей страны в мировое экономическое пространство на основе приоритетного внедрения инновационных прорывных технологий, новой информационной, экономической, управленческой среды и корпоративной культуры высокоэффективных гибких производств. Определились новые профессиональные приоритеты инженерного образования: идеалом инженерной компетентности стал успешный и уверенный в собственных силах молодой специалист, готовый принять социально-ответственные решения в производственных и жизненных задачах.

Актуальность проблемы контроля сельхозугодий не вызывает сомнений. Фитосанитарный мониторинг, ошибки при посеве, гибель посевов после засухи, заморозков, затопления и других факторов, требуют оперативного контроля. Оценка, производимая в таких случаях, делается наземным путем при помощи выезда на поле, что дает невозможности оценить весь масштаб происшествия. Поэтому для ускорения этого процесса необходимо использовать беспилотные летательные аппараты. Сегодня все чаще российские сельхозпроизводители на собственном опыте убеждаются, что технологии точного земледелия, действительно работают и приносят немалую выгоду.

Использование трехмерных моделей позволяет:

- точно определять пространственные, географические координаты объектов;
- получать информацию о высоте строения;
- комбинировать тематические слои цифровой карты, а также данные снимка с внедренными 3D-объектами;
- осуществлять реалистичное отображение территории и виртуальное передвижение по модели;
- проводить анализ зон видимости и определение линии взгляда;
- проводить интерполяцию по точкам высот.

Кроме того, по таким моделям легко можно производить расчеты площадных и объемных характеристик поверхностей и уклонов, экспозиций и отмывки рельефа, а также выполнять построение профилей и изолиний рельефной поверхности.

Это очень удобно для тех, кому важно наиболее полное представление о пространственном распределении векторных и растровых данных. 3D-моделирование ситуаций дает возможность визуальной оценки взаимного влияния различных факторов друг на друга и составления последующего прогноза развития ситуации. Совместное использование функций растрово-векторного и интерактивного трехмерного анализа, и визуализации, позволяет получать актуальную и полезную информацию: от анализа трехмерных поверхностей загрязнения воздуха до выявления демографических закономерностей на определенной территории.

Можно сделать следующие выводы:

- беспилотники позволяют не только повысить качество и объем выпускаемой продукции, но и более точно запланировать объемы работ, выявить недосев и рассчитать необходимое количество удобрений и подкормки;

- Республика Мордовия является одним из аграрных регионов Российской Федерации;
- фермеры с помощью нашего беспилотника смогут оперативно осуществлять контроль площади посевных полей;
- использование аэрофотосъемки, позволит контролировать выброс пестицидов и фунгицидов только там, где это действительно необходимо, и в меньших количествах; таким образом, будет предотвращено заражение пищи и окружающей среды химикатами, и к тому же будут сэкономлены деньги.



Рис. 1. Беспилотное летательное устройство в сельском хозяйстве

Список литературы:

1. 3D Studio MAX Искусство трехмерной анимации Platinum Edition (+CD) / Ким Ли: Диасофт-ЮП, 2015. – 887 с.
2. 3D Studio VIZ для дизайнера. / Хаббелл Д., Бордмэн Т.: ДиаСофт, 2014. – 663 с.
3. Билл Флеминг. Создание трехмерных персонажей. Уроки мастерства: пер. с англ. / М.: ДМК, 2015. – 448 с.
4. Бондаренко С.В., Бондаренко М. Ю.3ds Max 2008. Библиотека пользователя (+CD). – Диалектика, 2016. – 560 с.
5. Бондаренко С.В., Бондаренко М.Ю.3ds Max. Библиотека пользователя (+CD). – СПб.: Питер, 2016. – 608 с.
6. Бондаренко С.В., Бондаренко М.Ю. 3ds max. Легкий старт. – СПб.: Питер, 2015. – 128 с.
7. Бондаренко С.В., Бондаренко М.Ю. Autodesk 3ds Max за 26 уроков.3D Studio max 2008 (+CD). – Диалектика, 2017. – 576 с.
8. Бондаренко С.В., Бондаренко М.Ю. Autodesk 3ds Max. 3D Studio MAX. Краткое руководство. – Диалектика, 2016. – 144 с.
9. Бурлаков М.В. Autodesk 3ds Max. Самоучитель 3D Studio MAX 2008 с электронным справочником (+CD). – Диалектика, 2015. – 512 с.
10. Верстак В.А.3ds Max 8. Секреты мастерства (+CD). – СПб.: Питер, 2006. – 672 с.
11. Шумилов Ю.В., Данилов Р.Ю., Костенко И.А., Данилова А.В., Семочкин К.В., Пачкин А.А. Применение беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в технологии точного земледелия // Молодой ученый. – 2015. – №9.2. – С. 146-147.
12. <http://съемкавоздуха.рф/otrasli/bpla-v-selskom-khozyajstve>.
13. <http://robotrends.ru/robopedia/selskoe-hozyaystvo-i-bespilotniki>.

РАЗРАБОТКА И РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОГРАММЫ ПО ТЕСТИРОВАНИЮ СКОРОСТИ НАБОРА ТЕКСТА НА ЯЗЫКЕ PYTHON

М.Д. Языков, ГБОУ СОШ № 2 г. Сызрань
Научный руководитель: А.А. Панова, преподаватель СПО
Самарский Государственный Технический университет, филиал в г. Сызрани,
446001, г. Сызрань, ул. Советская, 45
тел. +7(937)211-36-95
E-mail: yazykov_m@inbox.ru, anastasyapanova7549@gmail.com

Информатика является самой перспективной и быстроразвивающейся областью в современном мире. Умение и навыки работы с информационными средствами являются необходимым условием для успешного овладения программ среднего и высшего образования, а также для приобретения перспективной и востребованной профессией. В связи с этим, увеличивается значимость умения работы с электронным текстом и таким устройством ввода, как клавиатура.

Навык быстрой печати необходим каждому человеку, особенно ученику и студенту, так как именно у них возникает необходимость в наборе рефератов, докладов и научных работ. Для повышения производительности и ускорения работы необходимо тренировать скорость набора текста. Одним из самых эффективных способов овладения навыком является постоянная практика. Для данной цели рекомендуется использовать программы по набору текстов.

На данный момент существует достаточно большое количество программ, направленных на выполнение данной задачи. В ходе анализа существующих программных продуктов по набору текста выявлены следующие недостатки:

1. Перед выполнением авторами зачастую рекомендуется прочитка специальных текстов, которые предшествуют упражнениям. Данный факт не нравится многим пользователям, так как тормозит выполнение практических заданий
2. Задания можно выполнять исключительно по порядку

На основании данного анализа был сделан вывод о целесообразности создания собственной программы. Целью данной научной работы является разработка и реализация программы по тестированию скорости набора текста на языке Python.

Для разработки программы был выбран объектно-ориентированный подход так как он поддерживает принцип модульности.

Алгоритм работы программы подразделяется на три этапа:

1. Начальный. Подготовка к работе программы, загрузка из файлов текста для набора.
2. Основной. Пользователь набирает слова.
3. Заключительный. Производится запись данных в файл рекордов в случае, если пользователь показал один из трех лучших результатов за все время работы с данной программой. В этом случае производится запись имени с клавиатуры в файл рекордов.

В ходе разработки была создана блок-схема с описанием основных этапов работы программы (см. рис. 1).

В начале происходит импорт всех необходимых для работы модулей. Для создания графического интерфейса используется библиотека `pygame`, которую используют для работы с графикой [1]. При помощи данной библиотеки текст и изображение отображаются на экране. Далее идет создание окна программы, этот этап реализован при помощи функции. В рамках подготовительного этапа идет загрузка изображений при помощи модуля `pygame`. Для создания текста, который служит в качестве образца, используют текстовый файл, из которого случайным образом при помощи модуля `random` забирается любое предложение. Данный файл можно редактировать, чтобы была возможность тренировки набора различных текстов.

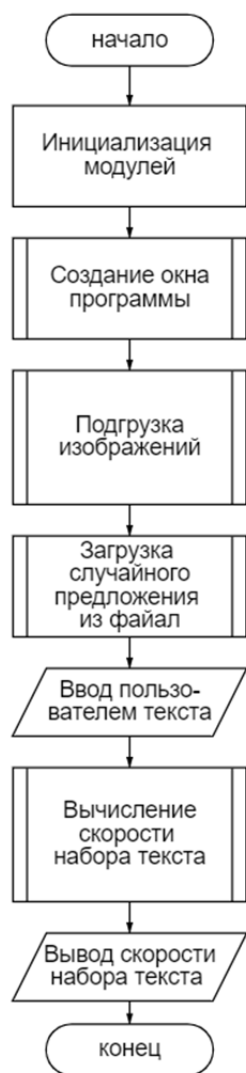


Рис. 1. Блок-схема программы

После отображения на экране образца текста, пользователю предоставляется возможность самому напечатать текст. Далее происходит расчет скорости набора текста при помощи функции. В данной функции фиксируется время начала ввода текста и время его окончания, рассчитывается общее время расчета текста, а также среднее количество слов в минуту (за среднее значение символов в слове выбрана 5). Более того, текст проверяется на ошибки путем сравнения введенного пользователем текста и эталона предложения и вычисляется значение точности набора текста. На заключительном этапе происходит вывод результатов работы программы на экран. Так же в программе имеется возможность сброса данных и ее повторного запуска при помощи кнопки Reset.

Программа была протестирована, в конечной версии программы не обнаружены ошибки, в последствии планируется усовершенствование данной программы путем подсвечивания мест, где были допущены ошибки, а также добавления советов по усовершенствованию показателей скорости и точности набора текста.

Список литературы:

1. Щерба А.В. Программирование на Python®: первые шаги / А.В. Щерба. – Москва: Лаборатория знаний, 2022. – 251 с. – ISBN 978-5-93208-578-3. – Текст : электронный // IPR SMART : [сайт]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/120878.html> (дата обращения: 11.11.2022). – Режим доступа: для авторизир. Пользователей.

Научное издание

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Сборник статей
XV Международной научно-технической конференции

Издано в авторской редакции

Компьютерная верстка *Д.В. Сотникова*

Зарегистрировано в Издательстве ТПУ
Размещено на корпоративном портале ТПУ



ИЗДАТЕЛЬСТВО
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ