

ПРОБЛЕМЫ МЕХАНИКИ И ТОЧНОСТИ В ПРИБОРОСТРОЕНИИ

УДК 621.833.15

РАСЧЕТ ПОГРЕШНОСТЕЙ ДЛЯ НОВОГО БАЗОВОГО СТАНДАРТА, НОРМИРУЮЩЕГО ТОЧНОСТЬ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС И ПЕРЕДАЧ

М.В. Абрамчук

Научный руководитель – д.т.н., профессор Б.П. Тимофеев

Введение. Главное отличие ГОСТ 1643-81 и ГОСТ 9178-81 от стандарта ГОСТ 21098-82 заключается в подходе к показателям точности зубчатых колес. Если в ГОСТ 1643-81 и ГОСТ 9178-81 представлены допуски и предельные отклонения относительно рабочих осей, т.е. тех осей, вокруг которых колеса вращаются в передаче. В ГОСТ 21098-82 считается, что указанные допуски и предельные отклонения относятся к базовым осям, указанным на чертежах колес, и, переходя к отысканию максимальных значений кинематической погрешности и мертвого хода передачи, неизменно учитываются погрешности монтажа. В свою очередь в погрешности монтажа входят монтажное радиальное биение колеса и монтажное осевое биение колеса.

В формулу расчета максимальной кинематической погрешности передачи $F'_{i0\max}$ по ГОСТ 21098-82 для цилиндрических зубчатых передач для степеней точности 7 и 8 входит так называемая суммарная приведенная погрешность монтажа $E_{\Sigma M}$, которая определяется в данном стандарте по Приложению 2.

В формулу расчета максимального мертвого хода передачи $j_{t\max}$ входит радиальный зазор в опорах вращения G_r , который принимается равным радиальному биению (в ГОСТ 21098-82 также определяется по Приложению 2).

Суммарная приведенная погрешность монтажа для цилиндрических, конических и червячных зубчатых колес вычисляется на основании зависимости от величин e_r и e_a – монтажных радиального и осевого биений зубчатого колеса соответственно (показатели точности монтажа зубчатых колес). Далее приводятся формулы для их расчета. Без каких либо дополнительных пояснений авторами ГОСТ 21098-82 предполагается, что величина G_r – равна e_r .

В общем случае возможны следующие расположения зубчатого колеса на валу: межопорное и консольное, которые содержат размеры a , b , l , служащие для приведения радиального биения колец подшипников к средней плоскости зубчатого венца.

Определим допуски на погрешности, которые создают первичные радиальные биения:

1. F_r – допуск на радиальное биение зубчатого венца колеса. Определяется по ГОСТ 1643-81 и ГОСТ 9178-81;
2. e_n – зазор в посадке колеса на вал, зависящий от конструкции соединения и используемой посадки;
3. e_B – допуск на радиальное биение посадочной ступени вала под зубчатое колесо относительно цапфы вала, причем для гладких валов $e_B=0$. Определяется по ГОСТ 24643-81 [4];
4. K_{ia} – радиальное биение внутреннего кольца собранного подшипника. Определяется по ГОСТ 520-2011 [5].

На основании приведенных составляющих можно посчитать монтажное радиальное биение зубчатого колеса.

Рассчитаем монтажное радиальное биение сначала по методу максимума-минимума, потом вероятностным методом.

Расчет по методу максимума-минимума. Данный расчет учитывает только предельные отклонения параметров. Нас интересует расчет на максимум, чтобы получить максимальный допуск на монтажное радиальное биение. Зададимся исходными данными, куда входят: схема зубчатой передачи, число зубьев, модуль и т.д. Из чертежа определяются размеры: a , b и l .

Так как расчет ведется на максимум, то из ГОСТ берем максимальные значения допусков. Получив значения для шестерни и парного с нею зубчатого колеса – найдем величину монтажного радиального биения ступени в целом.

Вероятностный метод. Проблема заключается в том, что в действительности параметры не равны в точности указанным в ГОСТ значениям. Метод максимума–минимума подразумевает, что все параметры «худшие». Это оценка слишком завышенная, ведь не всегда все параметры «худшие». Будем считать все параметры радиального биения равновероятными. Оценим математическое ожидание и дисперсию. Математическое ожидание покажет среднее значение, а дисперсия покажет, какие отклонения радиального биения от математического ожидания встречаются на практике.

И чтобы это сделать применим метод Монте-Карло. Метод Монте-Карло – это численный метод решения математических задач при помощи моделирования случайных чисел. Его еще называют методом статистических испытаний. Метод Монте-Карло позволяет моделировать любой процесс, на протекание которого влияют случайные факторы. Также особый интерес вызывает то, что возможен отказ от моделирования истинного случайного процесса и вместо этого использовать математическую модель.

Схема расчета очень простая: для каждого параметра «разыгрывается» его значение; затем по выведенной формуле для монтажного радиального биения вычислим его значение. Опыт повторяется 1000 раз, после чего оценивается математическое ожидание и дисперсия. Для определения закона распределения строятся гистограммы.

Заключение. Прделанная работа дала следующие результаты:

1. двумя способами получены значения монтажного радиального биения зубчатых колес, находящихся на рабочих осях;
2. изучено использование метода Монте-Карло, который позволяет оценить точность механизма на этапе его проектирования;
3. получены гистограммы распределения для первичных радиальных биений и для радиального биения зубчатых колес.

Необходимо для будущего базового стандарта привести методику расчета вероятностным методом:

- суммарной приведенной погрешности монтажа;
- монтажного осевого биения зубчатого колеса;
- и других погрешностей, влияющих на точность зубчатой передачи.

ЦЕНТРЫ ТВОРЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

А.В. Амвросьева, А.Л. Федянин

Компания ЗАО «ЮЕ-Интернейшнл» и Томский политехнический университет в 2012 начали активно сотрудничать для создания Центра творческого проектирования на базе кафедры Электромеханических комплексов и материалов.

Целью данного центра являются:

- внедрение новых разработок от ведущих мировых производителей в технологические процессы производственных предприятий;
- подготовка и переподготовка специалистов с целью существенного повышения уровня образовательного процесса на базе последних мировых достижений в области Энергетики и Электротехники;

Перед данным Центром были поставлены следующие задачи:

- обеспечение практических и лабораторных занятий для студентов направления «Электротехника и Электроэнергетика» Национального Исследовательского Томского Политехнического Университета;
- обеспечение практических занятий при подготовке и переподготовке специалистов промышленных предприятий;
- проведение научно-исследовательских работ.

На сегодняшний день идет разработка стендов, комплектация центра соответствующим оборудованием и написание лабораторных работ.

ВЛИЯНИЕ МИКРОГЕОМЕТРИИ ПОВЕРХНОСТИ НА КАЧЕСТВО СКЛЕИВАНИЯ

Ю.С. Андреев, В.В. Ананьев

Научный руководитель – д.т.н., профессор В.А. Валетов

В настоящее время перспективы мирового приборостроения во многом связаны с внедрением в производство новых материалов и технологий, обеспечивающих высокое качество продукции при минимуме материальных и трудовых затрат. Одной из таких технологий является склеивание. Технологии склеивания обеспечивают ряд преимуществ, основными из которых являются: снижение трудоемкости сборки; возможность соединения разнородных материалов; улучшение эстетических характеристик продукции; предотвращение коррозии в местах контакта; равномерное распределение напряжений в соединении. Диапазон реальных и потенциальных возможностей клеевых соединений возрастает по мере сокращения использования в приборостроительной продукции уплотнителей из резиновых и твердых материалов, а также крепежных деталей. На фоне массового использования технологии склеивания на первое место выходят проблемы сокращения затрат на подготовку производства при переходе на сборку с клеями. Основные затраты при проектировании клеевых технологий связаны с необходимостью большого числа натурных испытаний при подборе клеевых композиций и технологических режимов склеивания. Большое влияние на качество клеевых соединений оказывает также микрогеометрия поверхности.

Для поиска наиболее оптимальной шероховатости поверхностей склеивания необходимо иметь критерии, описывающие ее, что естественно, создаст предпосылки для более точных оценок и прогнозов будущей эксплуатации изделий. Традиционно отечественные и зарубежные исследования шероховатости проводятся с использованием

параметрического описания профиля. Однако в работах профессора В.А. Валетова обоснована ограниченность использования параметрических критериев в процессе оптимизации микрогеометрии для функциональных свойств. Более эффективными признаны непараметрические критерии оценки шероховатости.

Для оценки микрогеометрии поверхности клеевых соединений используется разработанная методика практического использования непараметрических критериев для оптимизации микрогеометрии поверхности склеивания. Главное достоинство данных критериев – в их информативности.

В работе представлены результаты исследования влияния микрогеометрии поверхности на прочность клеевых соединений при использовании различных исходных микрорельефов поверхности и клеевых композиций.

УДК 67.05

РАЗРАБОТКА ИСПЫТАТЕЛЬНОГО СТЕНДА ДЛЯ ТЕСТИРОВАНИЯ ЛИНЕЙНОГО ПРИВОДА 3D-ПРИНТЕРА

М.Я. Афанасьев, А.А. Грибовский, И.Д. Дудин

Введение. В настоящее время технологии трехмерной печати используются практически во всех сферах человеческой деятельности, начиная от медицины и биотехнологий и заканчивая строительством и архитектурой. Создание и отладка технологии производства дешевых и легковоспроизводимых установок быстрого прототипирования (к которым относятся и 3D-принтеры) является основной из задач современного приборостроения.

Цель работы. Спроектировать и разработать экспериментальный испытательный стенд для тестирования работы линейного привода 3D-принтера портального типа.

Базовые положения. Линейный привод представляет собой совокупность устройств, обеспечивающих линейное поступательное движение исполнительного механизма машины или прибора. Обычно линейный привод состоит из двигателя, трансмиссии и системы управления.

В работе реализован линейный электропривод, построенный на базе шагового двигателя, совмещенного с винтовой передачей. Управление шаговым двигателем осуществляется с помощью специализированного контроллера, соединенного с ПК по протоколу RS-232. Для испытания реальной нагрузочной способности и максимальной скорости тестируемого электропривода спроектирован подвижный стол, оснащенный системой датчиков.

Промежуточные результаты

- Разработана трехмерная модель стенда.
- Произведен комплекс виртуальных испытаний.
- Произведен сравнительный анализ возможностей современных микроконтроллеров.
- Определена основная компонентная база стенда.

Основной результат. Изготовлены и протестированы механические узлы стенда. На базе микроконтроллеров MSP430G2553, L293 и CP2102 реализован блок управления стендом, позволяющий:

1. работать с любыми униполярными или биполярными двигателями в корпусе NEMA17 (фланец 31 мм) при максимальной нагрузке до 600 мА обмотку;

2. получать информацию от основных датчиков: вращающегося инкрементального энкодера и концевых выключателей;
3. принимать команды и передавать данные на ПК по протоколу RS-232.

Дополнительно разработана управляющая программа для ПК, позволяющая получать и анализировать данные от блока управления, а также задавать режимы работы линейного электропривода.

УДК 004.915

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМЫ TeX ДЛЯ ПОДГОТОВКИ НАУЧНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ

М.Я. Афанасьев, А.А. Грибовский, И.Д. Дудин

В 1976 году всемирноизвестный математик и программист, профессор информатики Дональд Кнут закончил работу над вторым томом своей монографии «Искусство программирования» (англ. «The Art of Computer Programming»). Однако, увидев результат своего многолетнего труда, он остался недоволен. Используемые в те годы методы подготовки печатных изданий подобной направленности не смогли в полной мере передать замысел автора. Многочисленные формулы и оформление книги в целом выглядели, по словам автора, просто «ужасно».

Как и подобает истинному гению, Кнут начал разбираться в этом в вопросе и пришел к выводу, что тогдашние типографии практически повсеместно уже отказались от т.н. монотипии – технологии высококачественной печати, которая использовалась с конца XIX столетия. На тот момент полиграфическое оборудование данного типа было вытеснено фотонаборными автоматами, которые уже не могли обеспечить такого высокого качества печати, особенно при наборе формул. В то же самое время технологии цифровой печати были еще слишком слабо развиты. Для Кнута это стало настоящим вызовом. Он начал разработку своей собственной цифровой типографии, которую он назвал греческим словом TeX (τέχνη – «искусство», «мастерство», произносится как «тех»). Данная система по его замыслу должна была быть ориентирована на подготовку и верстку специализированных научных текстов и иметь возможности для секционирования документов, для работы с перекрестными ссылками, библиографиями, формулами и т.п. Параллельно Кнут начал разработку шрифтового пакета METAFONT, в котором шрифты описывались программами на специализированном языке META. В 1979 году была закончена первая версия программы.

Труд Кнута был очень тепло принят американским, а впоследствии и мировым научным сообществом. На сегодняшний день TeX, совместно с разработанным в 1984 году Лесли Лампортом набором специализированных шаблонов, именуемых LaTeX, являются эталоном при подготовке научных публикаций, особенно по математике, физике и техническим наукам. Большинство известнейших издательств таких, как Springer, AMS, Elsevier, Nature и др. используют его при подготовке своих публикаций.

В работе освещены:

1. возможности системы TeX и набора шаблонов LaTeX;
2. особенности использования данных систем совместно с отечественными ГОСТами и общепринятыми типографскими нормами;
3. преимущества использования TeX при подготовке научных публикаций технического направления перед традиционно используемыми офисными пакетами.

Литература

1. Кнут Д.Э. Все про TEX = The TEXbook / Пер. с англ. М.В. Лисиной. – Протвино: АО RDTEX, 1993. – 592 с.

2. Дональд Кнут. Все про TEX = The TEXBook. – М.: Вильямс, 2003. – 560 с.
3. Дональд Кнут. Все про METAFONT = The METAFONTbook. – М.: Вильямс, 2003. – 384 с.

УДК 608.1

ОТКРЫТЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СОВРЕМЕННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

М.Я. Афанасьев, А.А. Грибовский, И.Д. Дудин

В последние годы все четче прослеживается тенденция к отказу от патентования и переходу к открытым технологиям. Уже более двадцати лет данный принцип применяется к разработке программного обеспечения, а с недавних пор стали появляться открытые проекты по созданию аппаратного обеспечения. Первые проекты были связаны с разработкой микроэлектронных устройств и компьютерных комплектующих.

Однако, сейчас свободные технологии и свободное аппаратное обеспечение получило более широкое распространения и охватывает уже практически все области промышленного производства, включая промышленное оборудование, средства производства (например, широко известные проекты по созданию открытых установок быстрого прототипирования RepRap и Fab@Home или проект по созданию универсального модульного обрабатывающего центра Multimachine) и даже автомобильный транспорт, возобновляемые источники энергии и робототехнику.

В работе освещены следующие вопросы:

1. существующая система патентования изделий промышленного производства и проблемы, связанные с ней;
2. открытые технологии в различных отраслях промышленности, обзор наиболее интересных свободных проектов по созданию изделий и программно-аппаратных комплексов;
3. преимущества и недостатки рассматриваемого подхода к проектированию и производству;
4. перспективы развития открытых технологий в промышленности и производстве.

УДК 004.4; 004.415.2; 004.94

OPEN SOURCE ПОДХОД К ПРОГРАММНОМУ ОБЕСПЕЧЕНИЮ В ПРИБОРОСТРОЕНИИ

А.А. Грибовский, И.Д. Дудин, М.Я. Афанасьев

История развития науки наглядно демонстрирует, что множество открытий, нововведений и фундаментальных основ было сформировано «энтузиастами», т.е. учеными, которые не сковывали свой разум, теории и учения традиционно принятыми уставами. Они не ограничивали себя искусственно сформированными законами, что позволяло заглянуть в будущее и развить науку на несколько шагов вперед. Также и в современности компьютерные «энтузиасты», именуемые «компьютерными гиками» не ограничивают развитие технологий искусственно сформированными законами рынка, а ориентируются на потребности развивающихся областей науки и производства.

Так стало развиваться направление Open Source в котором пропагандирует открытость разработок в различных областях. Именно данное направление меняет устоявшиеся законы, вводит новые принципы конкуренции и открывает все проблемы существующих средств, ориентированных на коммерцию.

Разработка ПО всегда представляет собой ряд компромиссов. При этом ПО проходящее традиционный путь разработки, имеет компромиссы с точки зрения коммерческого применения и маркетинговых лозунгов. В открытом ПО, по определению не имеющем таких атрибутов, основные ограничения связаны с ресурсами команды разработчиков. Однако, социальная инженерия, положенная в основу проектов Open Source компенсирует такие ограничения за счет наличия «расширенной команды разработчиков» в виде сотен и тысяч людей, которые участвуют в развитии проекта в связи с личной заинтересованностью в его использовании. При этом отсутствие тех или иных возможностей в одной программе, связанных с недостатком времени или особенностями ПО, компенсируется наличием данного функционала в другой. Возможность тесной интеграции отдельного Open Source ПО позволяет создавать комплексы, решающие широкий круг задач, что, в свою очередь, недоступно или крайне затруднено для коммерческого ПО в связи с его природой.

Наглядным примером является Linux-платформа, операционные системы на основе которой используются в большем количестве устройств, нежели чем другие коммерческие операционные системы вместе взятые. С другой стороны, развитие открытого ПО для работы с документами, такого как OpenOffice, LibreOffice и т.п. не только потеснили коммерческие продукты, но и привело к введению универсальных стандартов документов, которые на законодательном уровне должны использоваться в том числе в России.

В работе освещены:

1. возможности системы OpenERP;
2. современный подход к построению АСТПП. Основа создания и функционирования TAPS;
3. базовые аспекты применения Open Source-подхода в приборостроении.

Литература

1. Торвальдс Л., Даймонд Д. Ради удовольствия. – М.: ЭКСМО-Пресс, 2002. – 120 с.
2. Raymond Eric S. The Cathedral & the Bazaar. – O'Reilly, 1999. – P. I-XI, 1-268.

УДК 68.01, 519.765

МЕТОДИКА СОЗДАНИЯ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ XML-МОДЕЛИ ДЕТАЛИ

В.С. Бабанин

Научный руководитель – д.т.н., профессор Д.Д. Куликов

Введение. В условиях современного рынка предприятия для повышения своей конкурентоспособности стремятся выпускать продукцию более высокого качества, меньшей себестоимости и за меньшее время, чем конкуренты. Это приводит к усложнению технологической подготовки производства, которая занимает все больше и больше времени. В настоящее время уровень автоматизации проектирования технологических процессов не достаточно высок. Это связано с тем, что существует некоторый информационный «разрыв» между САД-системами, в которых работают конструктора, и системами автоматизированного проектирования технологических процессов (САПР ТП), в которых работают технологи. Сложность задачи вызвана сложностью распознавания конструктивных элементов, к которым привык технолог (канавки, пазы, уступы, отверстия и т.д.), причем использование нейтральных форматов типа STEP и IGES практически не облегчают задачу распознавания КЭ. Ввод в САПР ТП информации о конструктивных элементах детали позволяет использовать типовые планы обработки для этих элементов и, следовательно, автоматически определять содержание технологических переходов.

Целью работы является:

- разработка методики проектирования моделей деталей с использованием параметрических конструктивных элементов в среде системы САПР CATIAV5;
- разработка модуля, встроенного в систему САПР CATIAV5, позволяющий создавать параметрическую модель детали (ПМД) в виде XML-документа, необходимую для дальнейшего использования в САПР ТП.

Базовые положения исследования. Один из возможных подходов повышения уровня автоматизации заключается в параметрическом моделировании деталей с использованием конструктивных элементов. В этом случае в среде системы САПР CATIAV5 должна быть разработана открытая библиотека 3D-моделей конструктивных элементов. При этом проектирование деталей ведется с использованием моделей из библиотеки, одновременно с этим создается ПМД, содержащая ее описание и описание ее конструктивных элементов. Синтаксически ПМД представляет собой XML-документ, в котором описание детали выражается в виде иерархии фреймов, позволяющих создавать ПМД с любой степенью детализации. Кроме того, в ПМД вводится информация об общих характеристиках детали, о заготовке, о наличии покрытий, термообработке и т.д. Однако трудоемкость создания ПМД остается достаточно высокой, особенно для сложных деталей.

Промежуточные результаты. На данном этапе разработки модуля, встроенного в систему САПР CATIAV5, решены и реализованы следующие задачи и функции:

- разработана открытая библиотека конструктивных элементов;
- возможность работы с комплексными элементами;
- редактирование параметров конструктивных элементов;
- формирование XML-фрагмент с описанием конструктивного элемента.

Основной результат. Разработка методики автоматизированного переноса информации о конструктивных элементах из среды САД-системы в САПР ТП позволяет использовать типовые планы обработки и, следовательно, автоматически определять содержание технологических переходов. Использование ТПО позволяет на 30–40% уменьшить трудоемкость проектирования технологии изготовления деталей приборов и машин.

УДК 658.5

НОРМИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ БЫСТРОГО ПРОИЗВОДСТВА

Н.С. Бабич, А.А. Грибовский

Научный руководитель – к.т.н., доцент А.А. Саломатина

Технологическая подготовка производства (ТПП) является одним из основных и трудоемких этапов жизненного цикла изделия. Необходимость решения задачи нормирования, как одной из задач ТПП, определяется потребностью в организации и планировании материально-технического снабжения и использовании материально-технических ресурсов.

Установление прогрессивных норм расхода материалов и методов оценки трудовых ресурсов играет важную роль в процессе организации и планирования материально-технического обеспечения промышленного предприятия. Техничко-экономические нормы расхода материалов – это планомерно-установленные величины, определяющие максимально допустимые затраты соответствующих материальных ресурсов на производство единицы конкретного вида продукции при определенном уровне техники и организации производства.

В настоящий момент задачи нормирования решаются с помощью различных методов,

которые включают в себя использование справочников, статистические данные, экспертную оценку. Но в сфере новых технологий, таких как, например, трехмерное сканирование или быстрое прототипирование, используется в основном метод экспертной оценки. Следовательно, для таких технологий существует необходимость в разработке методик и норм для решения задач трудового и материального нормирования. В основе таких норм должен лежать аналитическо-расчетный метод.

Новые технологии играют немаловажную роль в ТПП. Существенно ускорить прохождение этапов ТПП и значительно сократить затраты времени и средств на разработку и конструирование новых изделий помогают внедряющиеся во всем мире технологии, основанные на методах трехмерного компьютерного моделирования. К ним можно отнести RP-технологии (быстрое прототипирование) и трехмерное сканирование.

Быстрое прототипирование (RapidPrototyping) – уникальная технология, которая позволяет в кратчайшие сроки получить точный макет различных деталей и изделий или опытный образец для демонстрации полезных свойств предмета. Для RP-установок, как правило, уже существуют свои системы расчета затрат времени и материала. Ограниченность данных методик заключается в том, что требуется дополнительный временной ресурс на подготовку модели. Предлагаемые авторами методики позволяют выполнять расчет материалов в PDM-системе в автоматизированном режиме за счет получения данных о размерах модели из CAD-системы.

Временное нормирование продемонстрировано на примере другой современной и востребованной технологии – трехмерное сканирование. В настоящий момент для трудового нормирования технологий трехмерного сканирования используется метод экспертной оценки. Для последующей автоматизации требуется новый метод расчета временных затрат. В связи с этим были выявлены критерии оценки времени выполнения операции на установке, определены взаимосвязи между параметрами и предложен новый метод расчета трудовых норм.

В работе описывается методика выполнения временного и материального нормирования для технологий быстрого прототипирования и трехмерного сканирования, основанная на экспертной оценке, выявлении критериев оценивания и их взаимосвязи.

УДК 621.793.18

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ МНОГОПОЗИЦИОННОГО МАГНЕТРОННОГО НАПЫЛЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ НА СФЕРИЧЕСКИЕ ПОВЕРХНОСТИ ПРЕЦИЗИОННЫХ УЗЛОВ ГИРОСКОПИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ

С.Н. Беляев

(ОАО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор»)

Научный руководитель – д.т.н. А.Г. Щербак

(ОАО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор»)

В технологии изготовления узлов гироскопических приборов важной операцией является формирование на выполненных с точностью в десятые доли микрометра прецизионных поверхностях различного рода функциональных покрытий, например, выполнение на деталях газодинамического подшипника поплавкового гироскопа износостойкого покрытия нитрида титана (TiN), наиболее эффективным методом получения которого является магнетронное напыление. Точность гироскопа и стабильность его технических характеристик напрямую зависят от геометрии и качества рабочих поверхностей деталей подшипников, что определяет актуальность создания технологии получения покрытия TiN с идентичными свойствами и размерными параметрами на уровне десятых и сотых долей микрометра на рабочих поверхностях всего комплекта деталей

подшипников, используемых в одном изделии.

Целью работы было создание средств технологического обеспечения, позволяющих комплексно решить проблемы формирования покрытия TiN на прецизионных узлах гиросприборов с обеспечением максимально равнозначных условий напыления для всех деталей комплекта за один технологический цикл многопозиционного напыления.

Приведены технологические схемы и параметры процесса магнетронного напыления, и конструктивные особенности разработанного многопозиционного устройства установки магнетронного напыления.

Представлены математическая модель и методика расчета процесса позиционирования и ориентации напыляемых деталей.

Определены условия преобразования эллиптической траектории перемещения деталей относительно плоскости, перпендикулярной оси симметрии потока напыляемого материала в круговую траекторию, лежащую в пределах кольцевой зоны этого потока, и взаимосвязь значимых факторов технологии многопозиционного напыления, включая направление и соотношение угловых скоростей вращения блока редукации и напыляемых деталей, а также углы наклона осей вращения.

Представлены результаты практического применения технологии для реальных узлов гироскопических приборов.

УДК 681.5.08

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ КОНТРОЛЯ ГЕОМЕТРИИ ДЕТАЛЕЙ С УЧЕТОМ ТОЧНОСТИ РАЗМЕРНЫХ ПАРАМЕТРОВ

Е.Ю. Васильев

Научный руководитель – к.т.н., доцент К.П. Помпеев

Краткое введение, решаемая проблема. Современное производство требует новых способов контроля сложных поверхностей, позволяющих показать в каждой точке измерения конкретные отклонения детали от предполагаемой формы, с точным указанием места и вида отклонения.

Данная работа рассматривает представление результатов измерений, измеренных на координатно-измерительной машине (КИМ), с последующим отображением их на модели контролируемой детали.

Цель работы. Определить способы представления результатов измерений сложных поверхностей с указанием конкретных отклонений формы поверхности.

Положения исследования. При изготовлении и контроле литьевых форм со сложными поверхностями необходимо получить адекватное представление результатов измерений на КИМ. Если будут известны отклонения в конкретных точках (сечениях), то это позволит, при необходимости, скорректировать обработку детали. Используя фильтрацию результатов измерений и совмещение измеренных значений с трехмерной моделью детали можно отобразить график отклонений относительно заданной в модели поверхности.

Промежуточные результаты. Примеры отображения результатов измерений в виде графиков, диаграмм и сечений поверхности с указанием точек измерений и их значением.

Основной результат. Визуализация результатов измерений, произведенных на координатно-измерительной машине, с указанием отклонений в конкретных зонах измерения и расположения точек измерения внутри или вне поля допуска.

ОПТИМИЗАЦИЯ МИКРОФРЕЗЕРОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ САМ-СИСТЕМЫ VERICUT

Н.С. Васильев

Научный руководитель – к.т.н., доцент К.П. Помпеев

Краткое вступление, постановка проблемы. В современных условиях при обработке заготовок на станках с числовым программным управлением возникают различные проблемы, связанные с проверкой и оптимизацией управляющих программ. Данная проблема возникает в виду того, что количество кадров в программе достаточно велико, несколько десятков-сотен тысяч и более, и как следствие, человек уже физически не может отследить все ошибки, а тем более, как-либо оптимизировать управляющую программу. Однако оптимизация программы необходима, так это напрямую влияет на машинное время, которое надо стремиться сводить к возможному минимуму.

Цель работы. На данный момент создана кинематическая модель станка Primacon PFM 24 NGD, средствами CGTech, САМ-системы VERICUT. Этот станок пятикоординатный, и используется при микрофрезеровании малогабаритных деталей. Необходимо оценить эффективность применения внутреннего модуля AUTODIFF для оптимизации управляющей программы с точки зрения минимизации машинного времени.

Базовые положения исследования. Одним из способов оптимизации, является оптимизация управляющей программы при помощи изменения режимов резания. Например, оптимизация «по воздуху», так как большинство технологов-программистов заранее перестраховываются, потому что не могут увидеть картину обработки целиком. Другой способ оптимизации это возможность оптимизировать подходы, отходы режущего инструмента от заготовки. Третий способ это оптимизация управляющей программы с учетом режущего инструмента и обрабатываемого материала. Дело в том, что технолог-программист задает минимальную подачу, чтобы не сломать инструмент. Но при различном снимаемом материале должны быть и разные подачи. Модуль AUTODIFF в САМ-системе VERICUT позволяет провести данную оптимизацию управляющей программы.

Основной результат. Была получена управляющая программа, результат которой отвечал всем требованиям качества детали, сохранности и целостности инструмента, в виду того, что на инструмент действовала постоянная режущая сила, так как оптимизация проводилась по объему снимаемой стружки. При этом машинное время было снижено примерно на 10–15%.

Вывод. Таким образом, использование САМ-системы VERICUT позволяет для любого станка с ЧПУ, в том числе и для Primacon PFM 24 NGD, оптимизировать управляющую программу, и, как следствие, снизить машинное время производства детали.

ФРАКТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНЫХ ТОМОГРАММ СПИННОГО МОЗГА

А.А. Виноградова, У.С. Мазурова

Научный руководитель – д.т.н., профессор В.М. Мусалимов

Введение. Актуальной задачей в области обработки цифровых изображений является выбор адекватных критериев оценки качества. Решение такой задачи основывается на использовании количественных оценок, учитывающих фрактальные свойства изображений. Фрактальные характеристики отмечаются на изображениях, полученных с рентгеновских комплексов, компьютерных и магнитно-резонансных томографов. Расчет фрактальной размерности позволяет получить новую информацию о заболеваниях и характере структурных изменений. При анализе количественной оценки используется фрактальная размерность D , оценивающая сохраняемость геометрии или статистических характеристик в различных масштабах. Для сравнения фрактальных свойств используется показатель Херста H , связанный с фрактальной размерностью.

Цель работы – исследование фрактальной размерности магнитно-резонансных томограмм спинного мозга пациента при наличии опухоли и сравнение с фрактальными оценками, рассчитанными после ее удаления.

Базовые положения исследования. Расчет показателей проводился для томограмм пациента до и после удаления новообразования. Анализируемые МР-томограммы были получены с разных томографов, экспериментальные данные выведены в формате DICOM 3.0. Для сохранения полного объема информации конвертация форматов не выполнялась. Расчеты показателей Херста выполнялись для исходных матриц томограмм, включающих, как и полезный сигнал, так и шум объекта исследования.

Первая анализируемая томограмма спинного мозга пациента с выявлением новообразования была получена со следующим протоколом сканирования: импульсная последовательность – FLAIR; время появления эхо-сигнала TE – 137,5 мс; время повторения TR – 3000 мс; число повторений сбора данных NEX – 1; матрица 280×280; толщина среза – 5 мм.

Вторая анализируемая томограмма спинного мозга того же пациента после удаления новообразования получена со следующим протоколом сканирования: импульсная последовательность – FLAIR; время появления эхо-сигнала TE – 103,4 мс; время повторения TR – 4300 мс; число повторений сбора данных NEX – 1; матрица 340×340; толщина среза – 5 мм.

На результаты расчетов в данном случае могут влиять и разные протоколы сканирования.

Промежуточные результаты

Результаты расчетов для первого случая составили: показатель Херста $H_1=0,57$, фрактальная размерность $D=1,43$.

Результаты расчетов для второго случая: показатель Херста $H_2=0,87$, фрактальная размерность $D=1,13$.

Полученные значения показывают, что после удаления у пациента новообразования степень устойчивости процесса выше среднего. Значение показателя Херста 0,87 означает наличие самоподобного процесса с долгосрочной зависимостью.

Основываясь на работе авторов Мусалимова В.М., Казначеевой А.О., Виноградовой А.А. «Фрактальный анализ томограмм головного мозга», зона устойчивых статистических

признаков с точки зрения показателя H для здоровых пациентов находится в пределах $0,5 < 1$. Попадания показателя Херста томограммы спинного мозга пациента с новообразованием в эту же зону может зависеть от многих факторов, например от характеристик исходных данных или неточности расчетов.

Основной результат. В работе проводились исследования двух МР-томограмм одного пациента с новообразованием и после его удаления. На оценки фрактальных размерностей МР-томограмм влияют не только объект исследования, но и характеристики исходных данных, например, протокол сканирования.

УДК 65.011.56:004.92:678.5.02

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ЗА СЧЕТ КОМПЛЕКСНОГО ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМ МОДЕЛИРОВАНИЯ И ИНЖЕНЕРНОГО АНАЛИЗА

А.С. Восоркин

Научный руководитель – к.т.н., доцент Е.И. Яблочников

Краткое вступление, постановка проблемы. Роль полимерных композиционных материалы в различных отраслях промышленности продолжает возрастать. Это обуславливается экономической и экологической эффективностью применения более легких материалов, не уступающих в других показателях традиционным материалам.

Полимерные композиционные материалы (ПКМ) – это многокомпонентные материалы, состоящие из полимерной основы, которая называется матрицей, армированной наполнителями из волокон, нитевидных кристаллов, тонкодисперсионных частиц и др. Именно сочетание разнородных веществ приводит к созданию нового материала, свойства которого количественно и качественно отличаются от свойств каждого из его составляющих.

Путем подбора состава и свойств наполнителя и матрицы, их соотношения, ориентации наполнителя можно получить изделие с требуемым сочетанием эксплуатационных и технологических свойств.

В последние годы наблюдается тенденция постепенного ухода от эмпирических подходов в подготовке производства изделий из ПКМ к активному применению средств инженерного анализа и компьютерного моделирования.

Цель работы – разработка соответствующего методологического, информационного и иного обеспечения, обеспечивающего комплексное применение систем инженерного анализа и моделирования, для повышения эффективности процесса подготовки производства изделий из полимерных композиционных материалов.

Базовые положения исследования. На конечные характеристики изделия из ПКМ оказывает влияние несколько основных групп факторов. В первую очередь, это материал, который непосредственно задает характеристики будущего изделия. Кроме того, большое влияние оказывает технологический процесс изготовления изделия производства (технологические режимы и оснастка). Свойства изделий из полимерных материалов находятся в зависимости от параметров технологического процесса материала, определяющего качество изделия, его геометрическую точность, остаточные напряжения после изготовления, целостность наполнителя ПКМ и т.д. Существенное влияние на формирование внутренней структуры ПКМ оказывает оснастка. И наконец, характеристики изделия технического назначения определяются его конструкцией. В случае использования

ПКМ конструкция должна не только обеспечивать удовлетворение заданных требований к изделию, но и обеспечивать его технологичность. При этом три группы факторов оказывают взаимное влияние друг на друга.

Применение систем инженерного анализа и моделирования позволяет еще на ранних стадиях подготовки производства оценить влияние на конечные характеристики изделия как каждого из этих факторов в отдельности, так и их совокупности. Таким образом, появляется возможность найти наиболее оптимальное решение, обеспечивающее быстрый выпуск качественного изделия из ПКМ, отвечающего всем предъявляемым требованиям.

Промежуточные результаты. В ходе работы был подобран комплекс систем инженерного анализа, позволяющих решать основные задачи подготовки производства изделий из ПКМ и разработаны методики их применения: системы структурного анализа, система моделирования технологического процесса, система моделирования многокомпонентных материалов. Были выявлены требования к информационному обеспечению, необходимому для комплексного использования систем инженерного анализа: перечень данных, обеспечивающих целостность математических моделей, используемых в системах инженерного анализа; структура базы данных, на основе которой может быть обеспечена интеграция всех систем в единую платформу. Проведены экспериментальные работы по применению комплекса систем моделирования и инженерного анализа, в ходе которых были выявлены и решены проблемы интеграции различных систем, связанные с различием форматов данных используемых системами на входе и выходе, а также доступными для использования интерфейсами между системами. Выявлены требования к профессиональной подготовке специалистов, решающих задачи подготовки производства с применением систем инженерного анализа.

Основной результат, практические результаты. В результате работы была разработана методика комплексного применения систем инженерного анализа и компьютерного моделирования при подготовке производства изделий из полимерных композиционных материалов.

Работа выполнялась в рамках НИР по исполнению Государственного контракта № 07.514.12.4015 от 06.10.2011 г. «Разработка базовых технологий проектирования и производства приборов нового поколения на основе полимерных композиционных материалов для реальных условий эксплуатации в авиационной, космической, морской и другой технике» в области информационно-телекоммуникационных систем для решения задач Технологической платформы «Новые полимерные композиционные материалы и технологии».

УДК 681.5

ПРИВОД НА ОСНОВЕ ЭЛЕКТРОАКТИВНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ

Г.Ю. Ганус

Научный руководитель – к.т.н., доцент Г.Б. Заморуев

Начиная с 90-ых годов 20 века, ученые исследовали ряд полимеров, которые могут существенно изменять форму или размер под влиянием электрической стимуляции. Электроактивный эффект подобен естественному движению человеческих мышц. Используя эти материалы, теоретически возможно воссоздание модели человеческих конечностей.

Цель работы – создание приводов, подобных по эксплуатационным характеристикам человеческим мышцам, на основе электроактивных полимерных композитов (ЕАРС) и разработка технологии их производства.

Данная возможность объясняется физическими свойствами полимеров. Одним из исследуемых видов электроактивных полимерных композитов является диэлектрические электроактивные полимеры, на основе которых проектируется привод. Основной принцип работы привода заключается в электростимуляции углеродных электродов, нанесенных на мембрану из диэлектрического электроактивного полимера. Вследствие возникающих сил Кулона, направленных от одного электрода к другому, происходит сокращение мембраны в плоскости, перпендикулярной электродам. Уменьшение толщины мембраны приводит к увеличению ее вдоль плоскости электродов.

В ходе работы исследована информация по созданным другими организациями приводам, собрана и проанализирована информация о возможных материалах и создан первый прототип. Планируется исследование различных компоновок и строений привода, проведение анализа влияния строения привода на его характеристики.

УДК 004.415.2

ПАРАМЕТРИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА МОДЕЛИРОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТКРЫТОЙ ПЛАТФОРМЫ FREECAD

П.А. Горшков

Научный руководитель – ассистент А.А. Грибовский

В современных условиях для эффективного решения задач ТПП необходимо повышать уровень автоматизации, что предполагает использование принципов PLM (Product Lifecycle Management – управление жизненным циклом изделия), увеличение качества внешней и внутренней интеграции, а также представление конструкторско-технологических данных в формализованном виде.

В конструкторской и технологической подготовке производства центральную роль играет трехмерная модель создаваемого изделия. Эта модель разрабатывается в САД-системе и является источником геометрической информации для всех основных задач ТПП, таких как проектирование нестандартного оборудования, специализированной оснастки, технологических процессов, управляющих программ для станков с ЧПУ и др. Уровень развития современных САД-систем диктует необходимость применения трехмерной модели как источника не только геометрической, но и конструкторско-технологической информации об изделии. Такие модели называются конструкторско-технологическими моделями (КТМ).

Но на данный момент существует проблема отсутствия целостной методики создания КТМ, применение их в существующих системах – единично.

Открытость – также немаловажный фактор, ведь большинство современных систем моделирования стоят немалых денег и малому, развивающемуся предприятию сложно обеспечить себя полным комплектом платного программного обеспечения.

На данном этапе ведется работа над модулями параметризации моделей на основе связки: открытая система FreeCAD и языка программирования Python.

В этом докладе описывается процесс разработки системы по созданию конструкторско-технологических моделей на основе открытой платформы FreeCAD. Показана структура модулей системы, их возможности по параметризации, графический интерфейс приложения.

В конечном счете будет создана система, позволяющая полноценно и структурировано создавать конструкторско-технологические элементы, модели и работать с ними.

МЕТОДИКА СОЗДАНИЯ КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СУЩЕСТВУЮЩИХ САД-СИСТЕМ

П.А. Горшков

Научный руководитель – ассистент А.А. Грибовский

В современных условиях для эффективного решения задач ТПП необходимо повышать уровень автоматизации, что предполагает использование принципов PLM (Product Lifecycle Management – управление жизненным циклом изделия), увеличение качества внешней и внутренней интеграции, а также представление конструкторско-технологических данных в формализованном виде.

Для интеграции различных подсистем АСТПП необходимо информацию, представляемую в техническом задании (ТЗ), параметры, сформированные по результатам анализа и извлеченных из трёхмерной модели, а также полученные в результате поиска по базе данных, отражать в формализованном виде как конструкторско-технологическую модель (КТМ) изделия. Элементы, объединяемые по способу обработки и соответствующие одной операции или одному технологическому переходу, называются конструкторско-технологическими элементами (КТЭ). Для различных технологий выделяются КТЭ соответствующих видов, содержащих индивидуальный набор элементов.

В данный момент не решена проблема формирования КТМ, отсутствует действующая методика, основанная на существующих системах моделирования. Интеграция КТМ в процесс подготовки ТПП единична.

В докладе структурно изложена методика формирования КТМ и КТЭ с использованием баз знаний и открытой системы моделирования.

ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ПОЛУЧЕНИЯ ТРЕХМЕРНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПУЛЬ И ГИЛЬЗ

Т.А. Додашвили

Научный руководитель – к.т.н., доцент С.С. Резников

С момента появления огнестрельного оружия возникла необходимость идентифицировать следы выстрелов. Судебно-баллистическая экспертиза берет свое начало более 185 лет назад. Появление в 1925 году сравнительного микроскопа, с помощью системы линз позволяющего совмещать изображения двух различных объектов, явилось технической базой для идентификации следов огнестрельного оружия на пулях и гильзах. В наше время очень остро стоит вопрос использования оружия для совершения противоправных действий, в частности убийства человека. Как правило, проведением экспертиз занимаются небольшие региональные центры. Эксперт-криминалист вынужден в короткие сроки обрабатывать колоссальное количество информации. Человек не в состоянии хранить в памяти индивидуальные признаки большого количества исследуемых пуль и гильз. Для решения этой проблемы необходимо мощное современное средство, позволяющее хранить в электронном виде изображения частей пуль и гильз, обладающих особыми отличительными признаками. А с появлением мощных вычислительных возможностей встает вопрос не просто о получении изображений, а о получении трехмерного микрорельефа поверхностей сканируемого объекта, что позволяет исключить из анализа идентификации образцов многие искажающие факторы, такие как вариации освещения при получении изображения, цветовая

картина поверхности и многое другое.

Встает техническая задача разработки сканирующего комплекса, позволяющего производить устойчивую запись микрорельефа поверхности пуль и гильз. Крайне важна повторяемость получаемых данных одного и того же образца на разных сканирующих приборах, а так же наиболее полная передача информации об идентификационных следах (например для пуль нарезного огнестрельного оружия наиболее важные следы – это трассы оставленные нарезами канала ствола, обладающие размером порядка 30 мкм). Наиболее оптимальным разрешением при сканировании является порядка 3 мкм, так как при более высоком разрешении появляются избыточные «шумы», связанные со структурой металла. Так же краеугольным камнем является скорость записи объектов.

Методов трехмерного сканирования существует достаточно много. И выбрать оптимальный для поставленной цели – непростая задача. От контактных методов трехмерного сканирования стоит отказаться сразу. На это есть несколько причин. Во-первых, для подобного разрешения потребуется особая конструкция щупа или другие технические решения. Во-вторых, сложность механики позволяющей с очень высокой точностью перемещать контактный щуп (или другое приспособление). А в-третьих, при имеющейся сканируемой площади в десятки квадратных миллиметров и заданном разрешении время необходимое затратить на сканирование одного образца будет достигать часов. Две последние причины так же ограничивают использование разных дискретных методов сканирования (например, таких как сканирование поверхности лазером). Наиболее оптимальным решением является использование метода фотограмметрии (фотография объекта в видимом спектре). Плюсы этого метода в том, что длина волны видимого спектра вполне обеспечивает заданное разрешение, а технические средства (камеры и разнообразные проекторы и осветители) широко распространены и относительно дешевы, но самое главное, что используя этот метод можно сканировать за 1 кадр достаточно большой участок объекта, сокращая время записи всего объекта всего до нескольких минут. Из всех методов наиболее интересна монофотограмметрия с использованием разнонаправленной подсветки. Данный метод может проигрывать другим в геометрической точности сканирования относительно идеального эталона, но обладает самой высокой повторяемостью, что является более важным критерием при идентификации образцов (особенно записанных на разных сканирующих устройствах).

В современной практике сканирующие устройства подобного типа по большей части используют метод именно монофотограмметрии (насколько мы можем судить, так как информация довольно закрыта). Но индустрия трехмерных сканирующих устройств только развивается, и говорить о каком-то едином устоявшемся решении пока нельзя. Для каждой поставленной задачи оптимальным является свой определенный метод. А тенденции современного развития техники открывают для этого все новые и новые возможности.

УДК 620.178

ПРИМЕНЕНИЕ НАНОКОМПОЗИТНЫХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ МОДИФИКАЦИИ РАБОЧЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ЧЕКАНОЧНОГО ИНСТРУМЕНТА

Д.В. Ершов

Научный руководитель – д.т.н., профессор В.М. Мусалимов

Целью работы является разработка технологической методики упрочнения рабочей поверхности чеканочного инструмента с помощью нанесения нанокompозитных покрытий на установках «UNICOAT» НПФ «Элан-Практик» и внедрение полученных данных в производство инструмента для холодной штамповки. Данная задача является актуальной, так как специфической особенностью холодноштамповочного процесса является высокая

стоимость изготовления штампов. Этот фактор предъявляет особо жесткие требования к качеству разработки технологических процессов.

Модификация поверхности представляет собой комплекс мер, направленных на улучшение функциональных свойств поверхности материалов. Процесс нанесения упрочняющих покрытий разработан для опытно-промышленной автоматизированной установки «UNICOAT», в которой осуществляется нанесение покрытий методом магнетронного распыления. Покрытием является слой материала, нанесенный на поверхность изделия с целью улучшения его эксплуатационных характеристик и функциональных свойств.

Метод магнетронного распыления основан на PVD-процессе нанесения покрытий. PVD-процессы – процессы нанесения покрытий, в которых материал из твердого или жидкого источника переводится в паровую фазу (в виде атомов или молекул) и транспортируется через газовую или плазменную среду с низким давлением (вакуум) к подложке, где он конденсируется. По сравнению с любыми другими технологиями нанесения покрытий (в том числе и гальваническими), вакуумные технологии предъявляют повышенные требования к качеству подготовки поверхности изделий для нанесения покрытий. Поэтому получение качественных покрытий может быть обеспечено только при комплексном подходе к организации технологического процесса нанесения покрытий. Необходимо обеспечить не только выполнение требований, предъявляемых непосредственно к производству вакуумных покрытий, но и требований по предшествующим данному процессу операциям – механической и химической подготовке поверхности изделий.

В ходе проведенных практических работ были подобраны параметры и оптимальные условия для проведения всех операций технологического цикла нанесения покрытий. Ресурс чеканочного инструмента увеличен в среднем в 8–10 раз. Знание и практическое использование полученной информации позволит инженеру-технологу контролировать правильность выполнения техпроцесса при серийном производстве покрытий и, при необходимости, вносить необходимые корректировки в режимы проведения отдельных операций.

УДК 62-233.3/9

ВЛИЯНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ПЕРЕКРЫТИЯ НА КОНТАКТНУЮ ПРОЧНОСТЬ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

К.Е. Желваков

Научный руководитель – д.т.н., профессор Б.П. Тимофеев

Повышение технического уровня рабочих машин и его сохранение в течение заданного периода эксплуатации являются актуальнейшими задачами современного машиностроения. Реализация современных жестких требований приводит к значительному росту удельной силовой нагруженности, а требования максимизации производительности приводит к росту скоростных характеристик привода.

Современные тенденции развития сфер применения зубчатых передач приводят к еще большему ужесточению требований к параметрам качества приводов при их проектировании, вследствие увеличения объемных и контактных напряжений при значительной неравномерности их распределения, увеличения скоростей скольжения и температур, повышения вероятности отказов из-за усложнения конструкций и увеличения экономических потерь за время устранения отказов (упущенная выгода), расширения области эксплуатации – агрессивные среды, вакуум, вибрация, различные виды излучений, требующие новых подходов к оценке работоспособности и новых критериев предельных состояний. Повышение долговечности приводов является одним из важнейших (наряду с повышением

производительности и снижением себестоимости) требований к проектированию приводов, которое в значительной степени обеспечивается за увеличения ресурса основных деталей привода и, в первую очередь, за счет повышения износостойкости их контактных поверхностей.

Существует множество методов отделки поверхности зубьев, способов улучшения прочностных характеристик зубчатых колес, модификаций геометрии профиля зуба зубчатого колеса. Например, увеличение коэффициента перекрытия положительно влияет на контактную прочность колеса, однако, необходимо знать в каких пределах можно изменять геометрию колеса, чтобы получить оптимальные прочностные характеристики.

Для исследования контактных напряжений целесообразно использовать метод контактных напряжений, получивший широкое распространение в последнее время. Этот метод имеет неоспоримую практическую и теоретическую ценность, использование различных программных пакетов для конечно-элементного анализа позволяет наглядно оценить результаты исследования.

УДК 629.33.054

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ И ЭКОНОМИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА СТЕПЕНЬ АВТОМАТИЗАЦИИ ШТАМПОВОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ОАО «ТЕХПРИБОР»

А.А. Иванов

Научный руководитель – д.т.н., профессор В.А. Валетов

В настоящее время условия штамповочного производства данного завода устарели. Требуется решить проблемы по грядущей модернизации, которая должна пройти максимально грамотно, экономично и без ущерба для выпуска деталей и изделий.

В ходе работы были собраны данные по номенклатуре продукции, изготавливаемой в заготовительно-штамповочном цеху завода ОАО «Техприбор», а также перечень работоспособного оборудования. Для понимания примерной картины было изучено состояние работников цеха.

Планируется изучить состояние имеющейся оснастки, ее учет, изготовление дублеров. Эти данные позволят получить общее представление об организации производства в цеху. Собранная информация приведет к промежуточной цели: целесообразность приобретения нового оборудования для дыропробивного участка.

В рамках диссертационной части «Возможности автоматизации» будет предложена автоматизированная линия для изготовления штамповок, а также исследована экономическая часть предложения.

УДК 67.02

СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ НА ЭТАПЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХПРОЦЕССОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМЫ GIBBSCAM

М.С. Казанцев

Научный руководитель – д.т.н., профессор В.А. Валетов

Краткое вступление, постановка проблемы. В современных экономических условиях время является одним из ключевых факторов, влияющих на стоимость готового изделия и, соответственно, на конкурентоспособность предприятия. Более того, бывают ситуации, когда

первостепенной задачей – часто выполняемой в ущерб другим – является выпуск изделия настолько быстро, насколько это возможно. Еще одним важным моментом является тот факт, что сейчас все основные игроки рынка САМ-систем обладают практически одинаковым функционалом. Иными словами, все они могут практически все. Поэтому при выборе системы важными становятся не только ее возможности, но также организация и методы работы в системе. По этой причине разработчикам систем приходится добавлять различные функции, автоматизирующие те или иные действия и позволяющие сократить время, затрачиваемое на программирование обработки.

Цель работы – проанализировать возможность повышения производительности при работе в САМ-системе.

Базовые положения исследования. В качестве системы, на примере которой будет рассмотрен подобный функционал, была выбрана GibbsCAM. Это американская САМ-система, позволяющая программировать следующие виды обработки: токарную, 2,5–5-осевую фрезерную (как позиционную, так и одновременную), токарно-фрезерную, многоинструментальную и многошпиндельную (в том числе на станках швейцарского типа), а также 2–4-осевую проволочную электроэрозию [1].

Первый этап работы в САМ-системе предполагает либо создание, либо импорт необходимой геометрии. Для облегчения работы с импортированными твердотельными моделями в GibbsCAM имеется функция «профилировщик», которая позволяет получать контуры для дальнейшего их использования в качестве геометрии обработки. Отличие «профилировщика» от простого сечения модели плоскостью заключается в том, что в случае с деталями для токарной или токарно-фрезерной обработки он получает контур, вращая модели вокруг своей оси. Таким образом, при создании контура учитываются габаритные размеры нецилиндрических элементов модели: пазы, шестигранники, фасонные элементы. В итоге после нажатия одной кнопки пользователь получает готовый контур для предварительной токарной обработки при изготовлении сложных деталей.

Для моделей с большим количеством разных по конструкции отверстиям в GibbsCAM существует модуль, способный автоматически их распознавать, группировать по конструкционным признакам и, в соответствии с редактируемыми настройками, задавать их обработку.

Система также дает возможность сохранять любые операции обработки в качестве шаблонов. Таким образом, можно создать библиотеку операций изготовления типовых деталей и при одних и тех же требованиях точности их обработки не тратить время на подбор параметров резания, а только выбрать нужный шаблон и указать геометрию для обработки. Это позволяет использовать накопленный опыт и отработанную технологию с минимальными затратами времени.

Следующей позволяющей сэкономить время функцией является автоматизированный модуль формирования Excel-отчетов по инструменту, операциям и заготовке. В своем изначальном виде он может использоваться для обмена между исполнительными лицами или отделами документацией, которую не требуется оформлять по стандарту. Например, таким образом, могут формироваться данные для передачи от технолога наладчику, технолога кладовщику и т.д. Благодаря возможности редактирования шаблонов, по которым формируются отчеты, можно настроить их под необходимые стандарты.

Все перечисленные до этого средства позволяют автоматизировать отдельные моменты работы в системе. При помощи же макросов можно запрограммировать практически любые последовательности действий. Например, при необходимости изготовления незначительно отличающихся деталей можно автоматизировать выбор заготовки, построение нужной геометрии, загрузку шаблонов операций и выбор геометрии для обработки.

Основной результат. Был проведен анализ функционала системы GibbsCAM, позволяющего сэкономить время на этапе проектирования техпроцесса и программирования обработки для станков с ЧПУ.

Вывод. Использование при работе в системе GibbsCAM макросов в совокупности с другими рассмотренными функциями дает возможность значительно сократить временные затраты на этапе разработки технологического процесса и создания управляющих программ. Это справедливо по большей части для условий мелкосерийного и единичного производства. А максимальный эффект достигается при постоянной необходимости в обработке однотипных изделий, отличающихся размерами. Эти данные будут использованы при разработке методики внедрения САМ-системы в информационную среду предприятия.

Литература

1. GibbsCAM 2012+ Product Manuals // Gibbs and Associates. – 2012.

УДК 681-518.3

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ СТАНКА ДЛЯ ОБРАБОТКИ ОПТИЧЕСКИХ СТЕКОЛ

И.И. Калапышина

Научный руководитель – д.т.н., профессор В.М. Мусалимов

Краткое вступление, постановка проблемы. Для изготовления оптических деталей, которые используются в наблюдательных приборах, фотографических и проекционных аппаратах используются стекла разных типов и марок, включая стекла для светофильтров и кварцевое стекло. Различные классы оптических систем требуют различного уровня точности обработки поверхностей стекол. Оптических систем с дифракционно-ограниченным качеством изображения, которые используются например для космических и прецизионных телескопов, биноклей, микроскопов, требуют более высокого класса обработки чем оптические системы с абберрационно-ограниченным качеством изображений в которых содержание ошибок изготовления, допускается выше в пять раз по сравнению с дифракционно-ограниченными оптическими системами [1]. Так, например, при обработке оптических кристаллов таких как германий, кремний, флюорит, оптическое производство обязано выдерживать уровень шероховатости поверхности не более 2,5 нм, а в некоторых кристаллах, например фтористый кальций требования по шероховатости еще выше – 1,1 нм. Проблема вопроса заключается в том, что почти на всех этапах изготовления оптических стекол автоматизированный анализ качества поверхности не производится. Во время производства проверка поверхностей осуществляется при помощи цеховых образцов различного качества. Применение данного метода требует прерывания процесса обработки, разрывание кинематической схемы, а затем ее восстановления. Такая технология увеличивает время изготовления одного элемента и повышает вероятность брака.

Целью работы является исследование динамики станка для шлифовально-полировальных и доводческих операций при обработке оптических деталей. А так же формирование рекомендаций, которые позволят провести усовершенствование процесса обработки и возможность прогнозировать текущее качество поверхности при помощи аналитических функций.

Базовые положения исследования. Исследование динамики станков с трением – это одна из важнейших задач в современном машиностроении и приборостроении. Задачи,

связанные с исследованием процессов трения и изнашивания, актуальны. Одним из методов изучения трения является имитационное моделирование. Главной задачей имитационного моделирования является воссоздание картины процессов происходящих в исследуемой системе. В модель закладываются все возможные основополагающие, управляющие процессы и явления, что позволяет получить результаты, приближенные к действительности.

Промежуточные результаты

1. Разработана имитационная модели в Simulink SimMechanics, с трением и вязкостью.
2. Разработана расчетная схема для механизма с тремя свободными элементами.
3. Создана система дифференциальных уравнений, описывающая работу системы.
4. Получены решения дифференциальных уравнений при различном значении коэффициента вязкости и демпфирования.
5. Проанализирована динамика подвижных звеньев обрабатывающей системы.

Основной результат. В работе разработана и исследована имитационная модель и представлено аналитическое решение механизма для обработки стекол.

УДК 65.011.56:621.9

АЛГОРИТМ СИНТЕЗА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕМЕНТОВ АНАЛОГОВ

К.В. Киприянов

Научный руководитель – к.т.н., доцент Б.С. Падун

Кафедрой ТПС НИУ ИТМО реализуется учебный проект по созданию автоматизированной линии сборки микробиообъективов. Для этого применяется селективно-адаптивная сборка, требующая проектирования технологических процессов функционирования линии для каждого поступающего комплекта деталей.

Целью работы является разработка алгоритма проектирования технологических процессов, который может быть реализован на вычислительной технике.

Существующие методы проектирования технологических процессов можно разделить на методы адресации и методы синтеза. Методы адресации создают новые технологические процессы путем настройки и отбрасывания частей в технологических процессах, взятых за основу. Методы синтеза предполагают возможность формирования новых частей, отсутствующих в основе. Во всех этих методах структура технологического процесса описывается понятиями схема, маршрут, операция, установ, переход.

В предлагаемой методе структура технологического процесса описывается понятиями объектно-ориентированного программирования: объект, состояние, действие и т.д. Технологический процесс рассматривается как последовательность действий, приводящих систему объектов из исходного состояния в конечное. Под объектом понимается элемент технологической системы. Под действием понимается часть технологического процесса, выполняемая конкретным элементом. Состоянию соответствуют качественные, количественные, пространственные, временные и т.п. характеристики, необходимые для выполнения действий. Таким образом, процесс проектирования состоит в поиске последовательности действий.

Предлагаемый алгоритм предназначен для применения в системе автоматизированного проектирования линии сборки для формирования технологических процессов ее функционирования. Постановка задач на проектирование при этом может осуществляться как в ручном режиме, так и в автоматическом при помощи автоматизированной системы управления.

Перед применением алгоритма необходимо сформировать базу элементов аналогов, для этого необходимо в предметной области выделить части, соответствующие определениям объекта, действия и состояния. Для некоторых предметных областей установление соответствий очевидно и однозначно, для других связано с определенными трудностями, вследствие чего применимость алгоритма затруднена или невозможна.

Рассмотренный алгоритм проектирования после его реализации в системе автоматизированного проектирования линии сборки позволит формировать технологические процессы ее функционирования.

УДК 681.2:621-034

ОПТИМИЗАЦИЯ МИКРОГЕОМЕТРИИ ДЕТАЛЕЙ ПРИБОРОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕПАРАМЕТРИЧЕСКИХ КРИТЕРИЕВ НА ПРИМЕРЕ ТЕПЛОТДАЧИ. ОЦЕНКА ПРИМЕНИМОСТИ ЛАЗЕРНОГО ТЕКСТУРИРОВАНИЯ ДЛЯ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ДАННОГО СВОЙСТВА

И.А. Киселев

Научный руководитель – д.т.н., профессор В.А. Валетов

Введение, постановка проблемы. В работе рассматривается вопрос оптимизации микрогеометрии поверхности на примере теплоотдачи с использованием непараметрических критериев оценки микрогеометрии. Ранее использовались параметрические критерии для решения данной задачи. Механизмы интенсификации теплоотдачи известны из различной литературы и учебных пособий, один из них – эффект оребрения. Поэтому предлагается оценить способ лазерного текстурирования поверхностей, позволяющий получать микрогеометрию с большей совокупной площадью поверхности, чем при других традиционных методах.

Цели работы. Сравнить теплоотдачу на поверхностях, полученных лазерным текстурированием и традиционными методами.

Подтвердить экспериментально применимость непараметрических критериев оценки микрогеометрии поверхности.

Базовые положения исследования. Исследования теплоотдачи проводятся методом регулярного теплового режима на специальном стенде, предназначенном для измерения темпов охлаждения образцов небольшого размера. Непараметрические критерии необходимы для сбора наиболее полной информации о поверхности испытуемого образца, с целью последующей оптимизации микрогеометрии. Образцы, полученные лазерным текстурированием, выполняются на лазерном комплексе FMark-20 RL, в связи с простотой в применении и производительностью обработки.

Промежуточные результаты. Разработан и собран стенд для измерения темпа охлаждения. Стенд включает нагревательный элемент, термопару и секундомер.

Подготовлена технология изготовления образцов, получаемых лазерным текстурированием.

В работе приводятся результаты испытаний образцов, полученных лазерным текстурированием, шлифованием, прокатом, фрезерованием. Приводятся профили поверхностей, кривые плотности распределения ординат и тангенсы углов наклона профиля.

Практические результаты. Подтверждается эффективность лазерного текстурирования поверхностей для интенсификации теплоотдачи и решения задачи

оптимизации микрогеометрии.

Собирается база данных профилей для оценки непараметрических методов и оптимизации микрогеометрии.

УДК 531.43

ПЕРЕЧИСЛИТЕЛЬНАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ НАНОПОВЕРХНОСТЕЙ И ОЦЕНКА ТРИБОСОПРОТИВЛЕНИЯ В ПРОЦЕССЕ ИХ НАНОСКАНИРОВАНИЯ

П.П. Коваленко, С.Ю. Перепелкина

Научный руководитель – д.т.н., профессор В.М. Мусалимов

Целью работы является разработка метода оценки параметров трения при взаимодействии зонда и образца в процессе наносканирования на установках сканирующей зондовой микроскопии и соотнесение полученных данных с результатами перечислительной классификации исследуемых поверхностей. Данная задача является актуальной, так как сканирующая зондовая микроскопия – это перспективное направление исследования поверхностей на наноуровне. Понимание процессов, сопровождающих наносканирование, включая и процессы трения, позволяет правильно интерпретировать получаемые результаты.

Задача классификации получаемых в процессе наносканирования данных является не менее актуальной. Здесь эта задача решается с использованием возможностей перечислительной комбинаторики на основе полиномов Морса. Полином называется морсовским, если все его критические точки вещественны и различны и все его критические значения различны. Каждому полиному Морса соответствует определенная числовая последовательность (перестановка), указывающая порядок, в котором следуют критические значения многочлена от наименьшего критического значения, имеющего порядковый номер 1, до наибольшего критического значения, номер которого зависит от количества критических точек, а, следовательно, от степени полинома. Классы и подклассы наноповерхностей определяются по перестановкам номеров критических значений полиномов, описывающих сканируемые поверхности. Для четвертого класса имеются четыре подкласса, для пятого класса – пять подклассов, а для шестого класса – шесть подклассов. Для каждого подкласса определены перестановки, которые могут входить в данный подкласс. В рамках предлагаемой классификации эти перестановки будем называть типом. Каждый тип может принадлежать двум подклассам в зависимости от того, классифицируем ли мы по положению наибольшего максимума или минимума. Для определения подкласса вычисляется среднее арифметическое всех значений, составляющих классифицируемые данные. После этого определяются отклонения вершин и впадин от среднего значения. В случае если отклонение впадины от среднего уровня превышает отклонение выступа, то классификация осуществляется по положению главной впадины, т.е. экстремума с порядковым номером 1. Если отклонение вершины больше, чем отклонение впадины, то выбор подкласса осуществляется по вершине, т.е. по положению экстремума с максимальным порядковым номером для данного класса.

На основе предложенных методов написаны программы, подключаемые к уже существующим программам обработки данных СЗМ, допускающим использование пользовательских модулей.

Для оценки трибосопротивления предлагается использовать переменные действия, как это принято в классической механике. С точки зрения приложений и перехода к безразмерным единицам измерений ранее были введены параметры действия, для определения которых используются максимальное значение энергии на графике спектральной плотности энергии и предельное значение кумуляты спектральной плотности энергии. Мету трибосопротивления авторы предлагают называть АС (Action Coefficient).

Использование предложенных методов перечислительной классификации и оценки трибосопротивления показано в работе на конкретных примерах.

УДК 621.833

ВЫБОР РЕДУКТОРОВ ОБЩЕМАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ ОТЕЧЕСТВЕННОГО И ИМПОРТНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Д.А. Коваль

Научный руководитель – д.т.н., профессор Б.П. Тимофеев

Краткое вступление, постановка проблемы. В настоящее время наиболее распространенным видом привода в машиностроении является редукторный привод. Таким образом, надежность и работоспособность машины напрямую зависит от качественных характеристик и ресурса редуктора. Неправильный выбор редуктора, в конечном итоге, способен привести к преждевременному выходу из строя всей системы, что влечет за собой непредвиденные расходы, связанные с ремонтными затратами и простоем.

Цель работы. Осуществить сравнительный анализ процедур выбора редуктора по отечественным и зарубежным методикам, предлагаемым компаниями-производителями. Сопоставить иностранную процедуру выбора редуктора с отечественной нормативной документацией.

Базовые положения исследования. При выборе редуктора, по зарубежной методике, мы неизбежно сталкиваемся с коэффициентом сервис-фактора (FS, FB), который учитывает режим эксплуатации редуктора, а именно условия работы машины, число часов работы привода в сутки, количество включений в час, а также применение минерального или синтетического смазочного масла. Результаты использования методик, предлагаемых иностранными производителями, не совпадают с отечественными методами расчета и не соответствуют требованиям нормативной документации.

Промежуточные результаты. Анализ каталогов иностранных производителей редукторов позволил выявить общий подход к процедуре выбора редуктора с помощью сервис-фактора, а также схожие рекомендуемые значения данного параметра.

Основной результат. В ходе сравнительного анализа выявлены различия между иностранной и отечественной методиками выбора редукторов. Иностранная методика сопоставлена с отечественной нормативной документацией. Сделаны выводы о необходимости упрощения процедуры выбора редуктора с целью применения в учебном процессе, и о необходимости модернизации процедуры расчета и выбора редуктора в связи с вступлением России во Всемирную торговую организацию.

ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ ПОХОДКИ ЧЕЛОВЕКА С ПОМОЩЬЮ ИНЕРЦИАЛЬНЫХ ДАТЧИКОВ

Д.С. Короткин

Научный руководитель – аспирант А.О. Кузнецов

Введение. В наше время развивается все больше областей, в которых необходимы такие исследования, как анализ походки человека. В частности, можно выделить многочисленные медицинские специализации, спорт, оценку физической активности и затраченной энергии. В медицинской сфере анализ походки используется в неврологии, ортопедии, ревматологии, эндокринологии, для определения нарушений центральной нервной системы, опорно-двигательного аппарата.

Походку можно определить как стиль ходьбы [1]. Анализ походки включает в себя измерение параметров элементов и фаз походки, таких как частота или период шага, время переноса ноги, время одноопорного и двуопорного периодов, время отрыва стопы. Важны характеристики, относящиеся к походке в целом, к движению каждой ноги по отдельности, и характеристики, показывающие симметричность походки, т.е. схожесть движений левой и правой ноги.

Инерциальные датчики, в частности акселерометры, благодаря их небольшому размеру и широкой доступности применяются для анализа движений человека. В данном исследовании экспериментальные данные были получены с датчиков, расположенных на ногах.

Цель работы – разработка методики определения параметров походки человека по сигналам, полученным с акселерометров, которые закреплены на ногах человека.

Базовые положения. Всего в экспериментах задействовано четыре акселерометра, которые закреплены на пятке и на носке обеих ног субъектов. Дискретные сигналы с акселерометров (для каждого датчика три сигнала – проекции на координатные оси в системе отсчета датчика, тактовая частота 100 Гц) обрабатываются в программе MATLAB. Разработка методики подразумевает описание математической составляющей модели и выбор наиболее точных алгоритмов распознавания этапов шага, экстраполирования и фильтрации исходного сигнала.

Промежуточные результаты. Были подробно изучены исследования, в которых анализировались данные с акселерометров, и соответствующая литература, в том числе и зарубежные источники. Также с целью изучения алгоритмов, используемых для анализа повторяющихся сигналов, были изучены исследования по автоматической сегментации речевого сигнала и анализу ЭКГ, например [2].

Основной результат. В качестве исходных данных использовались 10 наборов сигналов с четырех акселерометров, закрепленных, как указано выше. Сигналы были сняты с субъекта мужского пола 25 лет. По имеющимся данным были написаны несколько программ в MATLAB с целью определения наилучшего алгоритма распознавания этапов и определения некоторых параметров походки. Для определения частоты шагов были использованы три метода: определение времени резких скачков, которые происходят при ударе пятки об опору, и определение максимумов низкочастотной составляющей сигнала (использовался FIR-фильтр, пропускающий низкие частоты до 2 Гц), сравнение всех участков сигнала (после прохождения фильтра Баттерворта с различными параметрами) с вручную выбранным из него же эталоном шага. Для определения этапов шага была предпринята попытка

использовать НЧ-фильтр, пропускающий от 0 до 5 Гц: в этом случае шаг можно однозначно разделить на две или три фазы по времени. Для более детального анализа сигнала планируется использовать wavelet-преобразование.

В работе предполагается повторить эксперимент с уточненными условиями: получить данные при относительно большом количестве шагов в одном направлении, одновременно получив аналогичные данные другим способом (предпочтительно с помощью видеозаписи в плоскости движения субъекта). Исходя из новых данных, планируется оценить погрешности каждого разработанного метода анализа походки, подобрать коэффициенты для более точного определения фаз ходьбы (например, времени отрыва стопы).

Литература

1. Curran S.A., Dananberg H.J. Future of gait analysis: a podiatric medical perspective // Journal of American Podiatry Medical Association. – 2005. – V. 95. – № 2. – P. 130–142.
2. Вишнякова О.А., Лавров Д.Н. Автоматическая сегментация речевого сигнала на базе дискретного вейвлет-преобразования // Математические структуры и моделирование. – 2011. – Вып. 23. – С. 43–48.

УДК 621.317.4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕКТОРА НАПРЯЖЕННОСТИ С МНОГОКАНАЛЬНОЙ ЧАСТОТНОЙ МОДУЛЯЦИЕЙ С ПОМОЩЬЮ ТРЕХОСЕВОГО МАГНИТОРЕЗИСТИВНОГО ДАТЧИКА

А.А. Красковский, А.Е. Тюрин

Научный руководитель – д.т.н., профессор В.М. Мусалимов

Краткое введение, постановка проблемы. В работе рассматривается проведение эксперимента по измерению переменного магнитного поля специального калибровочного устройства, посредством магниторезистивного датчика и последующей математической обработке сигнала. Путем использования частотных математических фильтров можно выделить сигнал определенной частоты и заданной шириной полосы пропускания. Благодаря такой фильтрации можно не только вырезать наиболее зашумленные частоты, например промышленную частоту 50 Гц и кратные частоты, но и используя частотную модуляцию можно одновременно проводить измерение магнитного поля нескольких независимых объектов. Кроме того модуляция может способствовать повышению точности измерений.

Целью работы является измерение магнитного поля вокруг источника и определение характеристик магниторезистивного датчика и математическая обработка результата. Необходимо полечить методы разделения магнитного сигнала по частотам, методы фильтрации внешних помех. Выделить необходимый сигнал магнитного поля, рассчитать направление и интенсивность магнитного поля.

Базовые положения исследования. В качестве источника магнитного поля были применены Кольца Гемгольца. Для измерения напряженности магнитного поля был применен датчик типа. Он имеет высокую чувствительность, и линейную АЧХ до частоты в 1 КГц. Что соответствует цели эксперимента. Для математической обработки использовался ППП MATLAB.

Промежуточные результаты. В результате проведения эксперимента были изучены характеристики магниторезистивного датчика.

Проведены измерения магнитного поля вокруг катушки.

Проведен спектральный анализ сигнала и построена и изучена спектрограмма сигнала

магнитного датчика.

Разработан математический фильтр на основе преобразования Фурье. Выделен требуемый сигнал из общего сигнала датчика. Проведена обработка сигнала получена величина и направление вектора напряженности магнитного поля.

Проведен анализ результатов измерения.

Основной результат, практические результаты. В качестве результата работы можно выделить разработку метода измерения переменного магнитного поля, а также разработку математического фильтра. Результаты полученные в данной работе будут применены для дальнейшей работы.

УДК 681.5.015

УПРАВЛЕНИЕ РОБОТОМ-МАНИПУЛЯТОРОМ
С.В. Кривошеев, Д.Р. Орманов
Научный руководитель – к.т.н., доцент С.С. Резников

Вступление. Актуальность темы. В настоящее время повышенный интерес в мире и в России в частности уделяется замене человеческого труда, физического и умственного, роботизированным. Одним из приоритетных путей достижения этих целей является подражание природным объектам, системам и структурам.

Данная работа является составной частью проекта по созданию электромеханической руки, которая могла бы выполнять основные движения, свойственные человеческой руке. Создание электромеханического протеза ампутированной человеческой конечности является конечной целью данного проекта.

Во многих странах, в крупных технических вузах решаются аналогичные задачи, т.е. создаются модели рук, выполняющие самые разнообразные действия (MIT, The University of Southampton...). Помимо этого подобными разработками занимаются частные фирмы, например, FESTO, Touch Bionics (Scotland), Techno Concept (France), что лишь подтверждает актуальность и важность этой темы. Данный вопрос решается специалистами во всем мире, практически одинаково. Все имитируют систему, реализованную природой, однако степень точности по отношению к «оригинальной» модели у всех отличается в силу решаемых задач.

Цель работы

1. Окончательная доработка конструкции робота-манипулятора с возможностью изготовления экспериментальной модели.
2. Усовершенствование алгоритмов управления: раздельное движение схвата и основной цепи манипулятора, движение полюса по узловым точкам, по кривой, осуществление ручного управления.
3. Моделирование принципов управления манипулятором в MATLAB.
4. Исследование основных положений руки человека и сигналов управления поступающих на мышцы при их реализации.
5. Моделирование данных движений в согласовании с движением руки с помощью ЭМГ и MATLAB.

Существующие точки зрения и некоторые собственные мысли. Функцию мышц в подобных разработках могут выполнять разнообразные приводы и микро-двигатели: электрические, пневматические приводы (FESTO, Shadow), гидравлические приводы. Мы остановились на сервоприводах, как на наиболее доступном и простом для нас решении. В основной цепи манипулятора используются такие мощные сервоприводы, как Vigor VSD-

11YMB MG/HV Extra Large 360 Degree с пусковым моментом 30–40 кг·см и углом поворота свыше 2000 градусов. Для движения пальцев схвата выбран сервопривод Corona 928BB Servo 2,0 kg/ 9g/ 0,13 sec с пусковым моментом 2кг·см и углом поворота 180 градусов.

Ранее нами была разработана упрощенная конструкция манипулятора с тринадцатью степенями подвижности. Она позволит осуществить отладку системы управления, выявить возможные трудности при осуществлении сложных видов управления. Корпусные элементы решено изготовить из листового упрочненного алюминиевого сплава толщиной 1,5–2 мм. Оси сделаны из стали, а ненагруженные элементы – из оргстекла, также в конструкции присутствует поливинилхлорид.

Функцию сухожилий во всех рассмотренных нами случаях выполняют шелковые, стальные или пластиковые тросы. К каждому сервоприводу будет подведено по два гибких троса, с помощью которых будут осуществлять повороты в двух направлениях каждой отдельно взятой фаланги.

Предполагаемые исследования

- Выбрать материалы и оборудование с наиболее подходящими параметрами, проанализировать геометрию и конструкцию манипулятора.
- На основе решенной ранее обратной задачи кинематики для многозвенного манипуляционного механизма методом оптимизации параметров обобщенных координат произвести разработку алгоритмов сложного управления.
- Смоделировать поведение объекта исследования в MATLAB с целью отладки системы управления.

Вывод. Итогом составного проекта является разработка протеза, способного заменить ампутированную конечность. Подобные разработки имеются в мире. Однако из рассмотренных моделей полностью удовлетворить нас не смог ни один. В силу нескольких объективных причин: процесс управления движением происходит за счет определенных команд, точнее нервных импульсов, которые человек подает на остаток мотонейрона, который располагается на руке. Происходит снятие, анализ и сравнение полученного сигнала с записанными сигналами, обозначающими определенное действие, например сгибание и разгибание кисти в кулак. Мы же хотим реализовать движение на прямых указаниях от мозга, получаемых с оставшихся нервных окончаний. При этом по возможности без хирургического вмешательства, т.е. без вскрытия и присоединения к мотонейронам каких-либо электродов или без проникновения в череп человека.

В результате проведенной работы были выделены несколько основных рабочих позиций человеческой руки, было проанализировано движение человеческой руки. Кроме этого были проведены исследования с тестовой группе нервной активности при занятии этих позиций человеческой рукой.

В соответствии с полученными данными нам удалось провести компьютерное моделирование модели человеческой руки, управляемой с помощью электромиографа. Это послужит базой для создания алгоритма управления манипулятором с помощью данного оборудования.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ В РЕАБИЛИТАЦИОННЫХ АМБУЛАТОРНЫХ ТРЕНАЖЕРАХ

А.О. Кузнецов

Научный руководитель – д.т.н., профессор В.М. Мусалимов

В медицинской практике нечасто используются системы мониторинга за состоянием человека, специально разработанные для амбулаторного применения. В основном, такие системы предназначены для диабетиков.

С развитием информационных технологий появилась возможность создавать мобильные комплексы наблюдения за человеком. Большинство таких устройств базируется на iPhone. Они занимаются сбором данных о пациенте и передачей их врачу.

В тоже время существует необходимость в устройствах помощи человеку. Инъекции лекарств люди, больные диабетом, делают самостоятельно. При этом технически осуществимо создание систем, которые позволят врачу контролировать дозировку и время приема лекарств.

В работе рассматривается система для реабилитации опорно-двигательного аппарата. В связи с тем, что он постоянно находится под воздействием различных внешних сил, ему особенно необходима система, которая будет эти силы регистрировать и противостоять им. Это необходимо для соблюдения плана реабилитации. Решение таких задач подразумевает наличие силовой установки, способной принять на себя внешнюю нагрузку.

Сегодня существует множество систем различного класса, так или иначе связанных с измерением параметров движения человека. Они широко востребованы в индустрии развлечений в кино, играх. Однако в медицине такие технологии используются только в специализированных центрах. Основная цель их использования – детальное изучение работы опорно-двигательного аппарата человека в движении. Область, в которой такие системы востребованы: реабилитационная, восстановительная медицина и связанные с ней задачи спорта.

Наиболее известные системы:

- Vicon – комплекс из видеокамер и маркеров, устанавливаемых на тело человека;
- XSens – костюмы инерциального наблюдения и восстановления движения человека.

Из-за их высокой стоимости и большого промежутка времени, необходимого для подготовки их к эксплуатации, их невозможно использовать в постоянной медицинской практике, ориентированной на широкий круг пациентов.

Актуальной проблемой на сегодняшний день продолжает оставаться лечение опорно-двигательного аппарата. Малоактивный образ жизни, чрезмерные нагрузки в фитнес зале негативно сказываются на человеке и могут стать причиной болезней. При этом процентное соотношение врожденных недугов, связанных с костно-мышечным скелетом человека, не имеет тенденции к уменьшению.

Для лечения опорно-двигательного аппарата необходимо решить следующие задачи: наблюдение и нагружение. Конструктивно это подразумевает наличие измерительных устройств и исполнительного механизма.

В целом, система для реабилитации должна реализовывать следующий процесс. Инерциальные измерительные устройства способны обеспечить наблюдение за биомеханическими параметрами движения человека. В соответствии с полученными таким образом данными исполнительный механизм создаст вектор силы, противодействующий излишней нагрузке. Если же движение человека будет распознано как неправильное, то этот механизм направит вектор силы, делающий движение правильным.

В данной работе представлен проект комплекса для реабилитации нижних опорных конечностей человека. Он предназначен для тренировки мускульного и связочного каркасов

ног человека и подготовки его к «уличным» условиям. Комплекс – это инструмент контроля реабилитационного процесса.

Были представлены системы оценки движения человека (motion capture) и реабилитационные технические устройства. Они используются как вспомогательные средства в специализированных медицинских центрах. Предлагаемый комплекс должен дополнить их на заключительных этапах реабилитационного процесса, когда основные двигательные функции человека восстановлены.

В состав предлагаемого комплекса входят три сложных компонента: измерительные устройства, система моделирования и исполнительный механизм. В работе даны описания каждого из них. Также приведено сравнение комплекса с существующими системами, чтобы показать его ключевые качества.

УДК 681.5

ВНЕДРЕНИЕ СВОБОДНОГО АППАРАТНОГО И ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ В ПРЕПОДАВАНИЕ МЕХАТРОНИКИ

Д.В. Куприянов

Научный руководитель – к.т.н., доцент Г.Б. Заморуев

В статье рассматриваются преимущества использования свободных технологий в целях постоянного поддержания материальной и методической баз в актуальном состоянии. В качестве примера приводится опыт внедрения свободного обеспечения в занятиях с первым курсом кафедры Мехатроники НИУ ИТМО. В качестве основы курса выступают микроконтроллеры Arduino. Использование дешевых и современных решений мотивирует студентов на самостоятельное изучение азов своей специальности и создание собственных проектов. Сообщество предлагает огромное количество разнообразных статей, проектов и подходов к решению, казалось бы, тривиальных задач – все это помогает студентам найти свою область в мехатронике. Основной задачей преподавателя становится связь практических данных, полученных в рамках курса с теоретическими сведениями. Высокая скорость развития и низкая стоимость свободных технологий позволяют сделать образовательную программу гибкой и современной.

Мехатроника как наука развивается очень быстро. Это обусловлено самим синергетическим характером данной области. Любое развитие в смежной научной области ведет к пересмотру подходов в рамках мехатроники. Все это приводит к необходимости давать студентам актуальную информацию уже с первых курсов. Материальное обеспечение учебных заведений обычно отстает от жизненных реалий, а когда мы говорим о такой быстроразвивающейся области, как мехатроника, данное отставание наиболее заметно. Никто не заинтересован в производстве специалистов, чьи навыки устаревают еще до окончания ими университета. Таким образом, перед сегодняшним методистом встает задача не только создания современного учебного курса, но и разработки подхода его постоянного обновления.

В этих целях могут помочь свободные аппаратные и программные решения. У них есть ряд преимуществ перед коммерческими обучающими наборами, а именно: гибкость, цена, большие сообщества поддержки и отсутствие неудобных лицензионных ограничений.

Была создана экспериментальная группа из студентов-первокурсников кафедры Мехатроники. В качестве основы всех будущих проектов был взят микроконтроллер Arduino – свободное аппаратное обеспечение на основе микропроцессора ATmega328 с открытыми спецификациями и лицензией, позволяющей модифицировать и продавать любые производные на его базе. Как было сказано выше, у данного контроллера есть очень большое сообщество поддержки во многих странах мира, в том числе и в России. В целом, он

обладает всеми вышеперечисленными достоинствами, а его возможностей должно хватить для обучения первого курса. По умолчанию языком программирования для платы является Arduino – С-образный язык, семейства Processing/Wiring. Разработчики концепции контроллера поддерживают одноименную интегрированную среду разработки.

Занятия были построены следующим образом – студентам было предложено определиться с темой своего проекта и разделиться на группы. Участие преподавателя сводилось к раздаче советов и ответам на возникающие вопросы. Например, когда стало понятно, что для некоторых студентов устройство макетной платы без пайки было непривычно, в занятиях стал применяться редактор электросхем Fritzing, также являющийся свободным программным обеспечением. Простой интерфейс и возможность добавлять свои элементы позволили создавать принципиальные схемы на основе визуального отображения проекта.

На каждом занятии у студентов возникают определенные вопросы, ответы на них обычно подкрепляются созданием небольших проектов. Таким образом, студенты набирают опыт в составлении цепей и привыкают пользоваться более сложными синтаксическими конструкциями. С вопросов, оставленных без ответа, начнется следующее занятие.

Например, при создании массива из светодиодов, студенты столкнулись с проблемой ограниченного количества выводов микроконтроллера. Их вниманию были представлены сдвиговые регистры, дано подробное объяснение принципов их работы и предложены несколько вариантов готовых решений на их основе, созданных сообществом. Кроме того, для многих студентов это был первый опыт поиска и подбора подходящей микросхемы на рынке на основании технической документации.

Студентами подобный эксперимент был воспринят с энтузиазмом. На основании их типичных вопросов и проблем готовится к изданию методичка, которая и должна стать основой нового учебного курса. Впереди еще есть ряд вопросов, которые предстоит решить. Например, выбор языка для создания пользовательских интерфейсов управления.

Сейчас эксперимент близится к концу. Лабораторные занятия доказали возможность эффективного использования свободных технологий в преподавании азов. На основании проведенных занятий создается цельный курс введения в специальность.

В обществе сильно развиты скептические настроения по отношению к свободным решениям, надеюсь, приведенный выше пример поучаствует в становлении объективного взгляда на серьезность подобных продуктов. Ведь на данный момент, когда студенты старших курсов работают на сложных дорогостоящих установках и область их исследований постоянно расширяется, становится особенно важно создать благоприятную среду для студентов младших курсов в деле освоения азов своей специальности и выбора своего пути в научном сообществе.

УДК 621.74.01+681.7.037+681.7.022.2

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПРОИЗВОДСТВА ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ ОПТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

А.А. Кушнарченко

Научный руководитель – к.т.н., доцент С.Д. Васильков

Специфика производства оптических изделий из полимерных оптических материалов (ПОМ) связана с тем, что практически все применяемые ПОМ относятся к термопластам, и, следовательно, они перерабатываются в изделия литьем под давлением; соответственно формообразование изделий происходит в литьевых формах. При этом требуется тщательный контроль различных параметров, например, остаточных напряжений, двойного лучепреломления, изменения коэффициента преломления и другие.

В связи с этим на этапе проектирования пресс-формы предлагается использовать систему Moldex3D для моделирования и анализа процессов литья, выявления возможных дефектов, а также приблизительной оценки свойств готового изделия. По итогам проведенного анализа возможно внесение изменений, как в конструкцию литьевой формы, так и в конструкцию изделия.

В работе рассматриваются проблемы и особенности моделирования процессов литья в указанной системе инженерного анализа, а также принципы построения конечно-элементной сетки.

Работа нацелена на поиск наиболее оптимального решения, соответствующего исходным требованиям к изделию и возможностям производства. Данная работа является частью проекта по созданию полной производственной цепочки проектирования и подготовки производства изделий, а также нацелена на развитие производства высокоточных оптических изделий из полимерных материалов. Полученные результаты будут применимы в таких областях как медицина, космическая промышленность, приборостроение и во многих других.

УДК 68.01

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА КАЧЕСТВО ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТОНКОСТЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ

А.В. Любимый, Р.М. Исаев

Научный руководитель – к.т.н., доцент Б.С. Падун

Тепловые явления в процессе резания играют исключительно важную роль. Именно они определяют температуру в зоне резания, которая оказывает прямое влияние на характер образования стружки, нарост, усадку стружки, величину сил резания и микроструктуру поверхностного слоя. Еще более существенное влияние оказывает температура резания $T_{рез}$ на интенсивность износа инструмента и его стойкость.

В рамках работы был проведен эксперимент, заключающийся в изготовлении группы тонкостенных деталей на ОЦ с ЧПУ НААС с использованием нескольких видов материалов и применением различных режимов резания и измерении температуры резания в процессе обработки.

Для измерения температурного поля в зоне резания был применен бесконтактный метод измерения температур. Замеры производились с помощью лазерного пирометра, коэффициент поглощения которого был настроен для каждого материала путем сравнения значения показаний пирометра и термопары в стационарном состоянии.

Результатом исследования полученных данных стало определение корректности применения формул расчета температур, возникающих в зоне резания, взятых из справочной литературы. Также была построена термодинамическая модель процесса обработки заготовки, что позволило провести моделирование обработки в системе инженерного анализа Nastran.

**РАЗВИТИЕ КИНЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ЗАХВАТА ДВИЖЕНИЙ
ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ И МЕТРИЧЕСКИХ ОЦЕНОК 3D-ИЗОБРАЖЕНИЙ
ИЗМЕНЯЕМЫХ ФОРМ ТВЕРДЫХ ТЕЛ**

Е.С. Малова

Научный руководитель – д.т.н., профессор В.М. Мусалимов

Постановка проблемы. В последнее время визуализация и метрическая оценка 3D-изображений изменяемых форм твердых тел получила широкое применение в самых разных областях – от промышленности до военного дела и систем безопасности. Для развития кинематических методов захвата движений использует как классические математические методы, так и нечеткая логика, теория нечетких множеств. Теория нечетких множеств оперирует качественными понятиями, что характерно для человека, вместе с тем она дает им количественную оценку, что характерно для ЭВМ. Нечеткая логика, которая служит основой для реализации методов нечеткого управления, более естественно описывает характер человеческого мышления и ход его рассуждений, чем традиционные формальнологические системы. Именно поэтому использование математических средств для представления нечеткой исходной информации позволяет строить модели, которые наиболее адекватно отражают различные аспекты неопределенности, постоянно присутствующей в окружающей нас реальности.

Цель работы. Проанализировать задачу по развитию кинематических методов захвата движений для визуализации и метрических оценок 3D-изображений изменяемых форм твердых тел, а также дать краткий обзор методов, позволяющих решить поставленную задачу.

Базовые положения исследования. С появлением прикладных реализаций для решения интеллектуальных задач с использованием теории нечетких множеств, стало возможным решать такие задачи, как распознавание образов, распознавание речи, распознавание рукописных символов, распознавание голоса, т.е. те задачи, решение которых с помощью компьютерной техники до недавнего времени считалось научной фикцией. Существует ряд правил и методов (алгоритм персептрона, метод потенциальных функций, комитетные методы решения задач распознавания, классификация на основе сравнения с эталоном и т.д.), которые используют для распознавания и метрических оценок форм твердых тел. В течение последних лет было предложено несколько различных подходов и направлений, среди которых наибольшую популярность приобрели решения, сочетающие нейронные сети и нечеткие системы логического вывода, одним из таких решений является система NEFCLASS(NEuro-Fuzzy CLASSifier), основанная на обобщенной архитектуре нечеткого персептрона.

Результаты работы. В ходе работы были проанализированы основные методы для решения поставленной задачи.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ФОРМИРОВАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ПОВЕРХНОСТИ ПРЕЦИЗИОННЫХ УЗЛОВ ГИРОПРИБОРОВ

Р.М. Мухаметов (Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики), **О.С. Юльметова** (ОАО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор»)

Научный руководитель – д.т.н. А.Г. Щербак
(ОАО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор»)

В технологии изготовления гироскопических приборов актуальной задачей является создание на их поверхности функциональных элементов в виде надписей и рисунков заданной конфигурации. По степени модификации поверхностного слоя деталей в процессе нанесения рисунков среди узлов гироскопических приборов можно выделить три основные группы.

К первой группе относятся узлы, формирование надписей на которых может вызывать изменение рельефа поверхностного слоя, т.е. микрогеометрии детали. Сюда можно отнести узлы, на поверхности которых, необходимо наносить десятичные номера изделий. Примером здесь являются чувствительные элементы поплавкового гироскопа. Данные детали выполнены из хрупких материалов и применение традиционных методов ручной гравировки приводит к появлению микротрещин на деталях, что недопустимо.

Ко второй группе относятся прецизионные узлы, например, шаровые роторы электростатических гироскопов, на поверхности которых выполняется сложный по конфигурации растровый рисунок с высокими требованиями к точности нанесения рисунков. Для деталей данной группы формирование рисунка должно осуществляться только за счет локального цветового изменения поверхности образца. Изменение микрогеометрии при этом недопустимо, так как вызывает снижение точности ротора, ухудшая его динамику в подвесе.

И, наконец, к третьей группе относятся детали, формирование оптического рисунка на которых может осуществляться комбинированно: за счет изменения и микрогеометрии, и цвета поверхности. Примером являются оптические шкалы инклинометров. При этом для второй и третьей групп известные технологические методы не позволяют обеспечить требуемое качество рисунка.

Целью работы было создание универсальной технологии, позволяющей комплексно решить проблемы формирования функциональных элементов в обозначенных изделиях. В качестве перспективной технологии формирования рисунка на поверхности гироскопов в работе было предложено исследовать технологию лазерного маркирования.

Описывается физическая сущность процессов маркирования при получении трех видов рисунков: с изменением микрогеометрии образца, без изменения и комбинированный вариант.

Приведены технологические схемы и параметры процессов лазерного маркирования, а также конкретные примеры разработанных средств оснащения, позволяющих наносить рисунки разной точности и конфигурации на узлы гироскопов.

Определены основные зависимости характеристик и свойств получаемых функциональных элементов от параметров процесса лазерной обработки.

Представлены результаты практического применения технологии для реальных узлов различных гироскопических приборов с учетом специфики их применения.

УДК 621

РАЗРАБОТКА И СОЗДАНИЕ КОМПЛЕКСА ИЗМЕРИТЕЛЬНО-РЕГИСТРИРУЮЩЕЙ АППАРАТУРЫ ДЛЯ УЧЕТА ДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДВИЖЕНИЯ ПОДВОДНОГО АППАРАТА

А.В. Новиков

Научный руководитель – д.т.н., профессор В.А. Валетов

При создании новых пусковых систем подводных аппаратов существует необходимость экспериментального определения динамических параметров в процессе пуска и дальнейшего движения изделия.

Целью работы является проектирование комплекса измерительно-регистрающей аппаратуры под определенное изделие для учета и регистрации ускорения изделия на разных этапах пуска и движения.

В исследовательской части будет протестировано готовое изделие в условиях, максимально приближенным к реальным.

В качестве основного результата будет представлено готовое изделие с комплектами конструкторской и технологической документации, а также результатами исследования.

УДК 621.2.082.18

ПРИМЕНЕНИЕ ПРИНЦИПА НАИМЕНЬШЕГО ДЕЙСТВИЯ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ПРОЦЕССОВ ТРЕНИЯ

К.А. Нуждин

Научный руководитель – д.т.н., профессор В.М. Мусалимов

Краткое вступление, постановка проблемы. В настоящее время, исследование трибологических систем актуально для применения в современной науке и технике. Это задачи, связанные с исследованием процессов трения, изнашивания и смазки. Одним из фундаментальных принципов классической механики является принцип экстремального действия: движение системы в пространстве возможных движений из положения А в положение В происходит таким образом, что действие S при фиксированных начальном и конечном моментах времени достигает экстремального значения.

Целью работы является исследования процессов, происходящих в узле трения трибологической установки при помощи принципа наименьшего действия.

Базовые положения исследования. Предполагается применить принцип для исследовании трибологических процессов взаимодействия поверхностей двух образцов на установке Трибал. В основе работы установки лежит принцип возвратно-поступательного движения испытываемых образцов относительно друг друга. Система состоит из основания, двух горизонтальных направляющих с телами качения. Верхняя может совершать вертикальное движение вдоль стоек. Образцы закреплены в подвижных частях направляющих, нижняя приводится в возвратно-поступательное движение с помощью электропривода через кривошипно-шатунный механизм, верхняя совершает колебательные движения под действием силы упругости пружин. Положения платформ определяются с помощью фотоэлектрического датчика линейных перемещений и двух датчиков силы. Информация от них вводится в компьютер через блок управления.

Промежуточные результаты

- Система описана с помощью уравнения Лагранжа 2-го рода;
- Система описана с помощью принципа наименьшего действия;
- Построены модели системы в системе MATLAB;
- Проведен сравнительный анализ полученных результатов с экспериментальными.

Основной результат. В результате работы сделан вывод о целесообразности применения данного метода исследования.

УДК 621.9

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ФОРМООБРАЗУЮЩЕЙ ДЕТАЛИ ДЛЯ ИНЖЕКЦИОННОГО ЛИТЬЯ ПОЛИМЕРНЫХ ОПТИЧЕСКИХ ЛИНЗ

С.В. Осипчук

Научный руководитель – к.т.н., доцент К.П. Помпеев

Полимерные оптические линзы ввиду своих уникальных свойств находят все большее применение в различных областях промышленности и человеческой деятельности. Так, одним из уникальнейших свойств, в сравнении с традиционными «стеклянными» линзами, является возможность получения «смотрящей» оптики не только правильной сферической формы, но и асферичного профиля.

Методы получения таких линз различны, но наиболее перспективным является производство такой оптики методом инжекционного литья с использованием термопластавтоматов (ТПА). Существует целый ряд параметров, которые необходимо обеспечить. Учитывая требования, предъявляемые к форме и качеству конечного продукта – линзы, следует принимать во внимание более важные требования к формообразующей детали (ФОД) литьевой формы. Поэтому целесообразно разрабатывать и внедрять технологию изготовления ФОД.

В рамках работы рассматривается процесс изготовления ФОД с применением технологии микрофрезерования на прецизионном фрезерном станке PrimaconPFM24. Необходимо выбрать оптимальные стратегии обработки и режимы резания. На данный момент достигнуто высокое качество обработанной сферической поверхности. Было достигнуто значение 0,08 мкм по параметру Ra, а погрешность формы составила порядка 1 мкм.

В дальнейшем предполагается разработать гибкий технологический процесс изготовления ФОД для ТПА. Формообразующие детали, полученные в результате обработки, будут использованы при изготовлении линз из полимерных оптических материалов.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КЕВЛАРОВЫХ НИТЕЙ

А.Д. Перечесова

Научный руководитель – д.т.н., профессор В.М. Мусалимов

В настоящее время при изготовлении приборов используются современные материалы. Так, в Санкт-Петербургском филиале ФГБУН Института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова РАН упругий торсионный подвес магниточувствительного элемента магнитостатического вариометра, входящего в состав геофизического комплекса GI-MTS-1, изготавливают из кевларовых нитей. Торсион представляет собой спирально-анизотропный стержень, выполненный в виде косы, сплетенной из кевларовых волокон.

Целью работы является экспериментальное определение физико-механических характеристик кевларовых нитей.

Определение физико-механических характеристик кевларовых нитей проводилось на испытательной машине серии AGS-X SHIMADZU (SHIMADZU CORPORATION, Япония), универсальной разрывной машины настольного типа для физико-механических испытаний различных материалов. Оформление отчетов и обработка данных производились с помощью программного обеспечения для проведения испытаний материалов «TRAPEZIUM LITE X» (SHIMADZU CORPORATION, Япония).

Основные характеристики испытательной машины AGS500NX.

- Нагрузка – 500 Н.
- Способ нагружения – прямой высокоточный постоянный контроль скорости деформирования через привод с винтом на шаровой опоре.
- Измерение усилия – точность в пределах $\pm 1\%$ от указанной величины в интервале от 1/1 до 1/500 от номинальной мощности нагрузочного элемента. Соответствует JIS B7721 Class 1, EN 10002*2 Grade 1, ISO 7500*1 Class 1, BS 1610 Class 1 и ASTM E4.

Автоматическая калибровка усилия.

- Траверса: диапазон скорости – от 0,001 до 1000 мм/мин; макс. скорость возврата – 1500 мм/мин; точность скорости траверсы $\pm 0,1\%$.

Синтетические высокомодульные нити, относятся к классу параарамидных волокон. Нить Русар® линейной плотности 6,3 текс (ОАО «Каменскволокно», Россия) и торсионный подвес (изготавливается с помощью устройства для изготовления торсионных подвесов приборов УИСАТ из трех прядей).

По данным исследований геометрии кевларовых нитей, произведенных с помощью Микровизора μ Vizo-MET-222 (ОАО «ЛЮМО», Россия) и микроскопа Meiji Techno IM7200 (Meiji Techno CO., Ltd, Япония), упругий торсионный подвес представляет собой спирально-анизотропный стержень из трех прядей (один филамент в каждой пряди) в виде косы. Плотность плетения – 7 узлов/мм. Огибающая поперечного сечения упругого торсионного подвеса представляет собой эллипс с большей осью, равной 0,046 мм, и меньшей осью – 0,033 мм; общая длина подвеса – 100 мм. Нить Русар® линейной плотности 6,3 текс представляет собой спирально-анизотропный стержень из 40 филаментов, число кручений на 1 м нити – 100 ± 10 кр/м, диаметр – 0,121 мм, длина – условно не ограничена.

Ввиду малых размеров образцов, для проведения испытаний были изготовлены специальные захваты с диаметром кнехта менее 20 мм. Так называемые кнехтовые захваты предназначены для испытаний нитей, веревок, проволок и т.д. Образец оборачивается вокруг кнехта и затем зажимается. Тем самым достигается равномерность приложенной нагрузки без образования локализации напряжений.

В работе исследованы физико-механические характеристики образцов синтетических

высокомодульных нитей плотности 6,3 текс (40 филаментов) и упругих торсионов (3 филамента).

УДК 681.7.022.2

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ МЕТОДОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ОПТИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ТЕРМОПЛАСТИЧНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГРУППОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ

А.В. Пирогов

Научный руководитель – к.т.н., доцент Е.И. Яблочников

Введение. Полимерные прозрачные оптические материалы в последние годы успешно заменяют в оптике неорганические стекла и кристаллы. Применение новых технологий открывает перспективные возможности развития «изображающей» и «неизображающей» оптики для многих приложений науки и техники.

Цель работы – разработка и применение методов групповой технологии при производстве изделий из термопластичных полимерных материалов.

Базовые положения исследования. Применение групповой технологии подразумевает классификацию деталей в семейства, представляющие собой совокупность объектов, подобных друг другу по геометрической форме, размерам и технологическим процессам их изготовления. Отнесение детали к известному семейству на основе ее формы и размеров позволяет быстро найти в технологической базе данных предприятия последовательность процессов, используемых для изготовления похожих деталей и модифицировать ее для изготовления новой детали.

Оптические изделия из полимерных материалов можно сгруппировать по следующим параметрам:

- габариты – ограничивают максимальный размер изделия по одному или нескольким измерениям, так как при применении групповой технологии используется переналаживаемая пресс-форма со сменными формообразующими деталями;
- объем изделия, так как именно максимальным объемом изделия ограничен объем впрыска литьевой машины. Он определяет максимальную массу впрыскиваемого полимера, а из этого следует, что эта характеристика определяет и возможные размеры получаемых изделий;
- наличие тонкостенности, так как при наличии группы изделий с данным признаком, необходимо спроектировать особые системы охлаждения;
- принадлежность линзы к «изображающей» или «неизображающей» оптике. Так как для «неизображающей», т.е. осветительной оптике требования к качеству ниже, то нет необходимости более близко располагать систему охлаждения в формообразующих деталях. В результате для данного типа изделий эффективно использовать переналаживаемую литьевую форму.

Применение групповой технологии при производстве оптических изделий позволяет использовать переналаживаемую литьевую форму. В результате, заменив лишь формообразующие детали пресс-формы, возможно, получить соответствующее изделие заданной группы.

Предварительные результаты. Использование инновационных методов позволяет сократить временной цикл и снизить затраты на производство групп изделий.

Практические результаты. Полученные в результате проведенной работы данные позволяют применять групповые технологии при производстве оптических изделий из термопластичных полимерных материалов.

УДК 621.384.4

ОСОБЕННОСТИ СОЗДАНИЯ РАДИАЦИОННО-СТОЙКОЙ СИСТЕМЫ

О.В. Баранова, Н.П. Кряжева, А.С. Птицына

Научный руководитель – к.т.н., доцент Н.К. Мальцева

Краткое вступление, постановка проблемы. Атомные электростанции основаны на ядерных реакторах, поэтому считаются зоной повышенной опасности, где должны соблюдаться самые высокие методы предосторожности.

В связи с этим и были разработаны радиационно-стойкие телевизионные системы. Подобная аппаратура относится к системам безопасности техногенных объектов, разработка которой является одним из приоритетных направлений развития науки и производства нашей страны.

Цель работы. Изучение особенностей радиационно-стойкой системы телевизионного контроля СТС-К78П.

Базовые положения исследования. Система телевизионного контроля СТС-К-78П предназначена для измерений геометрических размеров в плоскости x , y и глубины отклонений (дефектов) при проведении автоматизированного телевизионного контроля корпуса и внутрикорпусных устройств (далее ВКУ) реакторов. При контроле внутренних поверхностей корпуса реактора и ВКУ система устанавливается на устройство перемещения (манипулятор) для контроля корпуса реактора.

Система СТС-К-78П включает в себя две функциональные группы оборудования:

Оборудование передающей стороны, а именно: две телевизионные камера, лазерный зонд, осветитель RGB, осветитель галогенный, переходник, устройство наведения.

Оборудование приемной стороны, а именно: блок телевизионной системы, пульт управления, система архивирования и управления САУ (компьютер управляющий, компьютер архивирующий, компьютер просмотрный, принтер)

Одна из двух телевизионных камер вместе с соответствующим ей набором осветителей устанавливается на устройстве наведения, которое крепится на устройстве доставки (манипуляторе). Наведение камеры на объект, в зависимости от выполняемого системой задания, осуществляется при помощи манипулятора или устройства наведения. Телевизионный сигнал, являющийся результатом преобразования отраженного от объекта света, передается из телевизионной камеры в блок телевизионной системы (БТС) по каналу связи. В БТС формируются напряжения питания, сигналы управления камерой, устройством наведения и сигналы управления работой осветителей. В БТС также осуществляется обработка телевизионного сигнала и его передача на системный блок компьютера управляющего (БСКУ). Компьютер управляющий, компьютер архивирующий и компьютер просмотрный образуют систему архивирования и управления (далее САУ). САУ предоставляет оператору возможность управления системой в целом, обеспечивает запись и выполнение последующей обработки сформированных камерой изображений объекта контроля.

Компьютер управляющий предназначен для преобразования телевизионного сигнала в цифровую форму и передачи сигнала в цифровой форме в компьютер архивирующий. В режиме реального времени на экране монитора управляющего компьютера выдается изображение контролируемой поверхности. Просмотр полученных данных может быть

произведен на компьютере архивирующем, а также на подключенном к нему просмотром компьютере. Система обеспечивает проведение телевизионного контроля с использованием черно-белой телевизионной камеры. Лазерный зонд дает возможность производить измерение глубины неровностей (потенциальных дефектов), наблюдаемых на объекте контроля. Метод измерения глубины основан на том, что формируемые зондом и проецируемые им под углом на контролируемую поверхность горизонтальные световые полосы искривляются, попав на неровность.

Практические результаты. Главной особенностью РТСТ является их радиационная стойкость, время эксплуатации, высокое разрешение, возможность проникать в труднодоступные части реакторов, степень защиты и разрешающая способность. Так же данные телевизионные системы обладают высокой износостойкостью.

ЧИСЛЕННО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПЛАНЕТАРНОЙ РОЛИКОВИНТОВОЙ ПЕРЕДАЧИ

Р.В. Пустозёров

(Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики)

Научный руководитель – к.т.н., ст.н.с. И.М. Егоров

(ООО «Диаконт-Инноватика»)

Краткое вступление, постановка проблемы. Планетарная роликвинтовая передача (ПРВП) на сегодняшний день является наиболее перспективным механизмом для преобразования вращательного движения в поступательное и обратно, но далеко не самым популярным по сравнению с ближайшим аналогом – шариковинтовой передачей. Причина этого в том, что ПРВП является достаточно наукоемким, но до сих пор малоисследованным механизмом. Основные преимущества ПРВП перед ШВП, связанные с возможностью получения существенно меньших кривизн в точках контакта резьбовых деталей при значительном увеличении количества этих точек, могут быть реализованы только при оптимальном сочетании геометрических параметров резьб, свойств материалов и точности изготовления деталей передачи.

Цель работы. Разработка комплексной методики и программного обеспечения для численно-аналитического анализа ПРВП.

Базовые положения исследования. Для создания данной методики исследовались зависимости параметров контактного взаимодействия между витками резьбы винта, роликов и гайки от геометрических параметров, свойств материалов, и точности изготовления элементов ПРВП. Для этого были объединены существующие известные аналитические методы расчета контакта двух эллиптических поверхностей, замещающих поверхности витков резьб в окрестностях точки контакта, а также выполнялось моделирование контакта с применением конечно-элементного анализа. Для моделирования многоточечного контакта витков был создан алгоритм имитирования погрешностей изготовления резьбовых поверхностей.

Промежуточные результаты. В качестве промежуточных результатов были получены зависимости характера контактного взаимодействия в резьбовых сопряжениях от геометрических параметров ПРВП с учетом твердости резьбовых деталей и распределения нагрузки между роликами и между витками резьбы вследствие погрешностей изготовления резьбовых поверхностей.

Основной результат. Разработана методика, позволяющая более полно учитывать влияние геометрических параметров ПРВП, свойств применяемых материалов и погрешностей изготовления на прочностные и точностные параметры механизма.

УДК 681.2

ПАРАМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИСХОДНОГО КОНТУРА ЗУБЧАТЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ КОЛЕС ЭВОЛЬВЕНТНОГО ЗАЦЕПЛЕНИЯ

С.С. Резников

В настоящее время существует задача оптимизации параметров эвольвентного зацепления с целью увеличения нагрузочной способности и надежности зубчатых передач, уменьшение их габаритных размеров, массы, уровня шума и вибрации.

Эта задача может быть решена путем создания нового или модернизации старого исходного контура. ГОСТ 13755-81 подробно описывает исходный контур, но, к сожалению, для проведения математического моделирования необходимо иметь аналитическое описание.

Существуют три способа задания кривой на плоскости: 1) уравнением, определяющим одну декартову координату точки кривой как явную функцию другой, 2) уравнением, определяющим одну декартову координату как неявную функцию другой, 3) двумя уравнениями, определяющими обе декартовы координаты точки как функции некоторого вспомогательного параметра. Каждый из способов при некоторых ограничениях имеет свои достоинства и недостатки. Но с позиции представления исходного контура ломаной кривой, наиболее удобным является третий способ – параметрическое определение.

Исходный контур описывается в виде совокупности простых дуг, которые представляют собой геометрическое место точек для значений аргумента на заданном интервале с непрерывными производными первого и второго порядка. Такое описание позволяет указать взаимно однозначное соответствие между точками дуги и значениями аргумента на отрезке.

В работе приведены результаты построения параметрического описания исходного контура эвольвентного зацепления.

УДК 681.5.08

ОЦЕНКА ДИНАМИЧЕСКОЙ ОСТРОТЫ ЗРЕНИЯ ДЛЯ ЭММЕТРОПИЧЕСКОГО И АМЕТРОПИЧЕСКОГО ГЛАЗА

В.О. Резникова

Научный руководитель – д.т.н., профессор В.М. Мусалимов

В настоящее время существует проблема оценки динамической остроты зрения (ДОЗ), которая может быть ценным показателем квалификации лиц, связанных с восприятием движущихся предметов (водителя, летчика, космонавта и др.).

Динамическая острота зрения – способность зрительного анализатора воспринимать и различать детали движущихся объектов.

Существует проект прибора для определения ДОЗ, позволяющий повысить точность измерения ДОЗ за счет использования непрерывно движущихся оптических элементов (патент на изобретение № 2462174 от 27.09.2012; авторы: Воронцов Е.А., Мусалимов В.М., Саенко А.П.).

Ранее рассматривался следующий алгоритм действий при работе с прибором: определяется статическая острота зрения испытуемого путем последовательного

перемещения щели маски по линиям оптоотипов и выявления линии оптоотипов с минимально различимыми размерами; осуществляется вращение цилиндра с таблицей оптоотипов с постепенным увеличением скорости вращения цилиндра до момента, когда оптоотипы выбранной линии сольются для испытуемого в непрерывную линию; регистрируется соответствующая этому моменту угловая скорость вращения; рассчитывается время перемещения оптоотипа выбранной линии на следующую позицию, соответствующее времени перемещения на величину, равную двойной стороне оптоотипа-квадрата. ДОЗи будет численно равна этому времени.

Однако в предыдущих работах не рассматривалась зависимость ДОЗ от наличия аметропии глаза.

Цель работы – выявление зависимости ДОЗ от наличия аметропии глаза с помощью прибора для оценки ДОЗ (патент на изобретение № 2462174 от 27.09.2012).

В аметропии различают два случая: первый, когда задний фокус глаза расположен перед сетчаткой – близорукость (миопия), и второй, когда задний фокус глаза расположен за сетчаткой – дальнозоркость (гиперметропия).

В работе приведены результаты исследования с помощью прибора для оценки ДОЗ, в котором принимали участие люди с аметропией, а также люди с нормальной остротой зрения. Показана зависимость ДОЗ от наличия аметропии глаза. Рассчитаны средние значения ДОЗ для людей, страдающих близорукостью и дальнозоркостью.

УДК 681.52:372.862.896

ОЦЕНКА РАСПРЕДЕЛЕНИЙ ВРЕМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ОКУЛОМОТОРНОЙ АКТИВНОСТИ

Ю.А. Ротц

Научный руководитель – д.т.н., профессор В.М. Мусалимов

Зрительная работоспособность (ЗР) – способность выполнять зрительную работу и поддерживать высокую степень мобилизации зрительных функций за определенный промежуток времени. Влияет на производительность труда и качество работы.

Определение параметров зрительной работоспособности является крайне актуальной задачей при профессиональном отборе.

Профессионально значимые зрительные функции: острота центрального зрения, поле зрения, светоощущение, цветоразличение, бинокулярное зрение, временные характеристики окулomotorной активности: их результирующая – зрительная работоспособность.

Цель работы – определение временных характеристик окулomotorной активности (в частности динамической остроты зрения) способом видеорегистрации движений глаз испытуемых во время выполнения задания по распознаванию оптоотипа, сбор и анализ статистических данных о временных характеристиках окулomotorной активности, определение перечня величин, к измерению которых применима методика, путем сравнения полученных результатов с «табличными» данными.

Основные характеристики, к определению которых применима методика:

- скорость простой (ПЗМР) или сложной зрительно-моторной (СЗМР) реакции (в зависимости от типа стимула);
- скорость зрачковых реакций на световой (или цветовой) стимул (желательно использование ИК-камеры и доп. ИК-освещения);
- минимальный временной интервал различения (МВИ);
- динамическая острота зрения (ДОЗ);
- маршруты движений глаз относительно поверхности объекта;

- число и длительность фиксаций элементов стимульной ситуации больших угловых размеров (свыше 2–3 угл. град.);
- направление и скорость прослеживающих движений глаз;
- плавность движений глаз.

Проведено исследование временных характеристиках околomotorной активности с применением метода видеорегистрации движений глаз испытуемых во время выполнения задания по распознаванию опто типа.

Приведено описание методики, а так же данные исследований: время от начала записи до начала движения – скорость реакции нервной системы 60–70 мс; время движения взгляда 32–50 мс; скорость обработки визуальной информации 240 мс; время простой и сложной зрительно-моторной реакции 210 и 280 мс соответственно; величина динамической остроты зрения (ДОЗ) 272 мс.

ДОЗ – сумма времени движения взгляда и времени задержки взгляда на опто типе.

В среде MATLAB разработана программа для обработки экспериментальных данных о временных характеристиках околomotorной активности.

Поскольку окулomotorная активность может выражаться в единицах времени, выдвинута гипотеза о распределении исследуемых величин по закону Релея. Данная гипотеза подкреплена проверкой полученного статистического материала критерием χ^2 и регрессионным анализом.

Для анализа использована модель линейной регрессии одной переменной.

Найдены МНК-оценки коэффициентов аппроксимационного полинома (коэффициенты регрессии) β .

Найдены статистические оценки коэффициентов регрессии с уровнем значимости $\alpha=0,1$. Дан анализ статистической значимости коэффициентов после вычисления значений $P(\beta \geq 0)$ и $p(\beta \leq 0)$, значения р-величины, нижней и верхней доверительных границ и доверительных интервалов коэффициентов. Проверка непротиворечивости оценок коэффициентов регрессии осуществлена на основе критерия Стьюдента.

Приведены графики: кумуляты Стьюдента с обозначениями на ней заданных уровней 0,05 и 0,95 квантилей, статистики t_{Stat} и вероятности $P(t \leq t_{Stat}) \equiv P(\beta \geq t) > 0,95$, подтверждающие выводы о статистической значимости оценки β ; функции регрессии; доверительных интервалов β .

Проведено сравнение полученных результатов с результатами более ранних исследований автора, а так же результатами других исследователей. Сделаны выводы о применимости методики к определению величины ДОЗ.

Литература

1. Ротц Ю.А. Методика и технология оценки динамической остроты зрения // Приборостроение. – 2012. – № 6. – С. 63–66.
2. Ротц Ю.А., Резникова В.О., Ларичкин М.П. Оптическая система оценки динамической остроты зрения // Сборник конкурсных докладов X Всероссийского молодежного Самарского конкурса-конференции научных работ по оптике и лазерной физике. – 2012. – Самара. – С. 178–185.
3. Барабанщиков В.А., Милад М.М. Способы окулографии в исследовании познавательных процессов и деятельности. – М.: Институт психологии РАН, 1994. – 88 с.
4. Мещеряков В.В., Задачи по статистике и регрессионному анализу с MATLAB – М.: Диалог-МИФИ, 2009 – 448 с.

ВОЗМОЖНОСТЬ РАЗРАБОТКИ УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ ИЗМЕРЕНИЯ ОБЪЕКТОВ НА ОСНОВЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДЕТАЛИ

И.Н. Рябчиков

Научный руководитель – д.т.н., профессор Д.Д. Куликов

Краткое введение, постановка проблемы. В приборостроении появляется все больше приборов, содержащих сложные конструкции деталей, имеющих большую точность и шероховатость поверхности. В процессе изготовления этих деталей необходимо осуществлять контроль линейных и угловых размеров, отклонений от формы и взаимного расположения поверхностей, что зачастую является весьма сложным процессом. Для таких измерений используют контрольно-измерительные машины, которые начали появляться на промышленных предприятиях России. Однако использование этих машин затруднено необходимостью разработки управляющих программ. Ввиду сложности разработки управляющих программ и увеличения номенклатуры изделий возникает проблема сокращения времени разработки и стоимости управляющих программ. Необходимо разработать методы автоматизации проектирования управляющих программ.

Цель работы. В работе под автоматизацией понимается использование готовых шаблонов, которые являются частью управляющей программы (УП) координатно-измерительной машины (КИМ), специализированные под конкретные конструкторско-технологические элементы (КТЭ). Поэтому основной целью данной работы является исследование возможности распознавания конструкторско-технологических элементов с помощью данных, полученных с параметрической модели детали, на основании которых происходит выбор готовых типовых шаблонов УП. А так же исследование возможности настройки типовых шаблонов УП для конкретной детали на основе параметрической модели.

Базовые положения исследования. В работе УП условно разбивается на отдельные блоки, каждый из которых отвечает за отдельное действие КИМ, например ощупывание элемента или расчет требуемых контролируемых параметров. На каждый из блоков создается отдельный шаблон, который может быть как стандартным (для его создания требуется только знание самого КТЭ), так и требующим доработки (для создания данного шаблона необходимо переписать «шаблон-заготовку» под конкретные параметры данного элемента, например его координаты и расположение в пространстве). Для создания и доработки типовых шаблонов используется параметрическая модель детали, которая содержит практически все необходимые данные, а так же имеет открытую структуру, что при необходимости делает возможным ее доработку.

Промежуточные результаты. Для обеспечения автоматизации создания УП необходимо исключить участие человека в обеспечении доработки шаблонов, поэтому первой задачей было найти необходимый формат записи данных 3D-модели, который содержал бы все необходимые данные. После проведения некоторых исследований, наиболее подходящей для данной работы оказалась параметрическая модель детали, которая содержит не только практически всю необходимую для работы информацию, но и детали все в ней записаны в текстовом формате «.xml», что дает возможность быстрого извлечения информации. Единственным серьезным недостатком параметрической модели детали оказалось отсутствие привязки элементов к системе координат 3D-модели, что делает невозможным автоматическую доработку шаблонов. Поэтому для устранения данного недостатка в параметрическую модель детали были внесены координаты элемента и направление его оси (тело вращения), перпендикуляра (плоскость), которые необходимо

используются для доработки типовых шаблонов УП.

Основной результат, практические результаты. В работе были проведены исследование возможности распознавания конструкторско-технологических элементов с помощью данных, полученных с параметрической модели детали, на основании которых происходит выбор готовых типовых шаблонов УП. В связи с чем, была разработана методика создания типовых шаблонов УП для конструкторско-технологических элементов. Так же были проведены исследование возможности настройки типовых шаблонов УП для конкретной детали на основе параметрической модели, в связи, с чем были разработаны методы ошупывания элементов, учитывающие измеряемые и геометрические параметры. А так же в параметрическую модель были внесены дополнения: привязка элементов к базовым координатам детали с помощью добавления локальных координат элемента и наклона его оси (для тел вращения), перпендикуляра (для плоскостей).

УДК 608.2

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ ТРЕХМЕРНЫМ ПРИНТЕРОМ НА БАЗЕ РОБОТА ADEPT COBRA S600

А.С. Сагидуллин

Научный руководитель – ассистент А.А. Грибовский

В современном производстве все чаще применяется Быстрое прототипирование (Rapid Prototyping) – это технология, осуществляется путем послойного наращивания материала, до образования единого целого – готового изделия. Для реализации этой технологии используют 3D-принтеры. Сейчас существует множество разновидностей 3D-принтеров, работающих по разной технологии формирования слоев. Коммерческие образцы в основном ориентированы на промышленное использование и довольно дорогостоящие. Если рассматривать Малые инновационные предприятия (МИП), то в их распоряжении, как правило, ограниченный бюджет. В таких условиях выходом является самостоятельное создание 3D-принтера под конкретные задачи. Создавать 3D-принтер целесообразно не с нуля, а используя уже роботизированные установки.

Целью работы является создание методики по адаптиванию роботизированного многокоординатного оборудования для создания 3D-принтера. Использование недорогих готовых комплектов или уже имеющихся в распоряжении разработчиков установок многокоординатного оборудования удешевляет и сокращает время, затрачиваемое на разработку 3D-принтера.

В работе рассмотрены базовые принципы по созданию 3D-принтера. Составлена рекомендательная методика по функциональным и конструкционным аспектам создания установок быстрого прототипирования. В практическом плане решено построить 3D-принтер на базе робота Adept Cobra s600 – это высокопроизводительный SCARA (Selective Compliant Assembly Robot Arm) робот для механической сборки, обработки материалов, упаковки, и других задач, которые требуют быстрой и точной автоматизации.

В работе сделано: выбрано оборудование, на базе которого решено сделать экспериментальную установку быстрого прототипирования (робот Adept Cobra s600), проведено несколько экспериментов и выбран материал, который будет использоваться в установке (силикон), спроектирован и сделан печатающий модуль, реализовано управление роботом и печатающим модулем. Также создана методика по функциональным и конструкционным аспектам создания установок быстрого прототипирования на базе многокоординатного оборудования.

МИНИМИЗАЦИЯ ИНЕРЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ**М.Ю. Сачков****Научный руководитель – д.т.н., профессор Б.П. Тимофеев**

Введение. Цилиндрические эвольвентные зубчатые передачи нашли широкое применение в приборостроении и машиностроении. Данный вид передач позволяет применять их в широком диапазоне мощностей, начиная с ничтожно малых, характерных для приборов, и кончая измеряемыми десятками тысяч киловатт. Окружные скорости в зацеплении уже перешагнули за 150 м/с. Здесь же необходимо подчеркнуть, что коэффициент потерь одноступенчатой цилиндрической передачи обычно составляет 0,01–0,02. Однако при высоких окружных скоростях вследствие гидравлических и вентиляционных потерь коэффициент потерь может превзойти указанные значения, но по-прежнему остается выше по сравнению с существующими аналогами при прочих равных параметрах.

В приборных передачах значения действующих усилий в зацеплении как правило невелики, что делает целесообразным применение мелко модульных зубчатых колес. При определении модуля передачи необходимо руководствоваться соображениями прочности, точности и износа передачи, помимо прочих конструктивных соображений.

Действительно, стремление повысить точность передачи способствует уменьшению модуля и увеличению числа зубьев. Накопленная погрешность шага, радиальное биение и другие погрешности могут быть существенно снижены, если модуль зубчатых колес будет меньше, но при сохранении делительных диаметров колес, т.е. при соответствующем увеличении числа зубьев и как следствие повышением коэффициента торцевого перекрытия. Однако с уменьшением модуля зубчатых колес снижается их прочность на изгиб.

Конструктивные соображения ставят дополнительные условия при выборе модуля зубчатых колес. В этом отношении следует учитывать соответствие получающихся размеров передаточного механизма допустимым габаритам проектируемого узла, допустимым значениям приведенного момента инерции подвижных элементов конструкции, размерам и размещению шкал в шкальных механизмах, условиям компоновки узла и т.п.

Помимо вышесказанного нужно учитывать широкий спектр уже существующего технологического оборудования, предназначенного для изготовления цилиндрических зубчатых колес и позволяющего производить зубчатые передачи массово.

При проектировании передаточного механизма, зачастую стараются оптимизировать критерии качества. В частности существуют рекомендации позволяющие выдержать заданную точность, массу, габариты или значение приведенного момента инерции передачи. Существенным недостатком этих рекомендаций является акцентирование внимания на одном или двух параметрах без учета их влияния на прочие интегральные показатели самой передачи и механизма в целом. В них так же не идет речи об эксплуатационных параметрах механизма. Здесь следует подчеркнуть, что существующие методики проектирования зубчатых передач не обладают целостностью и по своей сути, представляют собой всего лишь набор рекомендаций. В тоже время более высокие требования к эксплуатационным характеристикам изделий инициируют востребованность комплексных методик проектирования зубчатых передач и механизмов.

Целью исследования является выявление зависимости между инерциальными характеристиками передачи и ее геометрико-кинематическими параметрами (числа зубьев, коэффициент относительной ширины зубчатого венца, модуль, коэффициенты смещения).

Базовые положения исследования. Имеющиеся критерии проектирования имеют взаимосвязи заключенные в геометрических и прочностных параметрах передачи. Они не

имеют принципиальных ограничений на значение чисел зубьев колес, а лишь характеризует их соотношение. Расчеты предполагается выполнять в программной среде MATLAB.

Промежуточные результаты. В результате выполнения проекта были получены зависимости массы цилиндрических зубчатых передач от прочностных и геометрических параметров.

Основной практический результат. В работе получены аналитические зависимости инерционных параметров от изгибных и контактных напряжений в зацеплении.

УДК 681.2.083

БЕСКОНТАКТНЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ КАЧЕСТВА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ НА МИКРО И НАНО УРОВНЯХ

К.В. Трамбицкий

Научный руководитель – д.т.н., профессор В.М. Мусалимов

Контактное измерение является на сегодняшний день самым распространенным способом оценки меры шероховатости поверхности на микро и нано уровне. При этом отрицательной стороной данного метода является повреждение и деформация измеряемой поверхности после прохода по ней иглы профилометра. В связи с этим, перспективным методом оценки являются бесконтактные методы.

Лазерное сканирование поверхности позволяет получить изображение поверхности на микро и нано уровне. Если использовать данный метод в качестве способа получения информации о качестве поверхности, можно получить альтернативу контактному методу измерения, при этом поверхность останется неразрушенной. При этом скорость сканирования при использовании лазерного метода исследования качества поверхности будет намного выше, чем замеры шероховатости поверхности контактным методом с использованием профилометра.

Цели работы:

- разработка методов и алгоритмов обработки изображений, полученных в результате сканирования поверхности на микро и нано уровнях;
- оценка качества технологических поверхностей на микро и нано уровнях с использованием разработанных алгоритмов, классификация поверхностей.

Доктор Тино Хаусотте описывает нанопозиционируемую и наноизмерительную машину, которая была разработана и успешно протестирована в институте вычислительных измерений и сенсорных технологий технического университета Ильменау [1, 2].

Машина работает по принципу лазерно-интерференционных измерений, в которых отсутствует ошибка Аббе первого порядка по трем измерительным осям. Скорость высокоскоростного сканирования достигает порядка 500 мкм/с. Обладая пределом позиционирования и измерений 25×25×5 мм, машина имеет разрешающую способность в 0,1 нм, погрешность позиционирования составляет менее 10 нм. Высокая точность была достигнута благодаря реализации принципа компаратора Аббе по трем измерительным осям и применению нового способа компенсации систематических ошибок механической направляющей системы.

Высокое качество измерений нанопозиционируемой и наноизмерительной машины может с успехом применяться для исследования качества поверхности. Используя разработанные методы и алгоритмы обработки изображений поверхности, полученные с машины, можно получить необходимые параметры качества поверхности, и таким образом становится возможным оценка меры шероховатости поверхности.

Литература

1. Hausotte T., Jäger G. Traceable Nanometrology with a Nanopositioning and Nanomeasuring Machine, ISPMM'2004.
2. Jäger G., Manske E., Hausotte T., Büchner H.-J. Laserinterferometrische Nanomeßmaschinen. In: VDI Berichte Nr. 1530 Sensoren und Meßsysteme 2000, S. 271-278. VDI/VDE Gesellschaft Meß- und Automatisierungstechnik, März 2000.

УДК 620-17

ВИБРОДИАГНОСТИКА АВТОКОЛЕБАТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ В ТРИБОКОНТАКТЕ ФТОРОПЛАСТ-МЕТАЛЛЫ

А.Е. Тюрин

Научный руководитель – д.т.н., профессор В.М. Мусалимов

Краткое вступление. Узлы трения машин и механизмов находятся в условиях постоянных вибраций. Вибрация является неотъемлемым свойством некоторых пар трения в таких сопряжениях, как зубчатые передачи, подшипники, цепные механизмы является прерывистый контакт зацепления. Фрикционный контакт также является источником вибраций, которые возникают из-за несовершенства поверхностей. В данной работе рассматривается задача исследования вибраций экспериментально, по схеме индентор – по диску, для конструкционных материалов.

Цель работы. Исследовать вибрации, возникающие при взаимодействии фторопласта со сплавами ЛС-59-1, Ст30ХГС и АТЗ в условиях сухого трения. Выявить, проявление вибраций на различных скоростях скольжения. Рассмотреть вопросы фильтрации сигнала, идентификации динамики взаимодействия контактирующих поверхностей.

Базовые положения исследования. Для проведения экспериментальных исследований был создан прибор, для испытаний по схеме индентор по диску. Привод установка состоит из асинхронного привода приводящего во вращение диск, через последовательную ременную передачу. Регулировка скорости вращения производилась дискретно с использованием роликов разных диаметров со скоростями 250, 500, 1000, 2000 об/мин, скорость вращения измерялась с помощью оптического датчика числа оборотов с пересчетом частоты на выходе. Контрпара трения – индентор, закреплен на специальном держателе и может перемещаться по двум координатным осям. Нагружение осуществляется от пружин, которые предварительно рассчитаны на определенную нагрузку, затем производилась калибровка на специальном стенде, с помощью тензометрических датчиков давления EX601L компании Exact Sensors.

Эксперимент проводился для трех различных образцов сплавов: ЛС-59-1, Ст30ХГС, АТЗ и диска из фторопласта – 4, при различных режимах трения. К изменяемым параметрам относится сила нагружения, скорость, длительность испытания. К измеряемым относится вибрации, давление в стыке, скорость, температура неподвижного образца «пальца» и температуры окружающей среды.

Для определения линейного износа, использовались профилограммы поверхности полученные до и после 30 мин испытаний. Предварительная подготовка образцов проводилась на токарном станке. В качестве контролируемых параметров применялись: R_a , мкм – среднеарифметическое отклонение профиля от средней линии, R_{max} , мкм – максимальная высота отклонений профиля.

Промежуточные результаты. В рамках работы применен алгоритм обработки данных в трибологической системе при износе. Первоначально данный алгоритм использовался только для идентификации системы при трении. Суть алгоритма состоит в сравнении выходного и входного сигнала от индентора, в данном случае значения линейного перемещения и перемещения в вертикальном направлении. Отношение этих величин определяет динамический коэффициент трения, распределенный по частотному диапазону. Качественно форма амплитудно-частотной характеристики и спектры вибросигнала совпадают, что свидетельствует о достоверности подхода к исследованию трибосопряжения. В дальнейшем работу предполагается продолжить с другими сочетаниями трибологических материалов.

Основной результат, практические результаты

1. Исследование вибрационной составляющей сигнала в трибосопряжении представляет собой комплексный процесс, основанный на частотном представлении сигналов методами спектрального анализа. Данный подход позволяет обнаружить частоты с наибольшей величиной диссипации энергии, влияющие на работу всего трибосопряжения.
2. Обнаружена качественная взаимосвязь между спектром виброускорения и динамическим коэффициентом трения.
3. Исследован процесс износа трибопар в условиях трения Ст30ХГС-, ЛС-59-1 и АТЗ с фторопластом-4.

УДК 621.833+531.1

ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕМАТИКИ И ДИНАМИКИ ЗУБЧАТЫХ МЕХАНИЗМОВ С КОНТАКТИРУЮЩИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ В ВИДЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ ВТОРОГО ПОРЯДКА

А.А. Уланов

Научный руководитель – д.т.н., профессор Б.П. Тимофеев

Инженеры древности мало заботились профили зубчатых колес, так как главной их задачей было осуществить перенос механической энергии из одной точки пространства в другую без необходимости точной передачи движения. Поэтому зубчатые передачи имели достаточно простые контактирующие элементы – цилиндрические стержни, либо призматические бруски, иногда со скругленными кромками. Такие простые механизмы использовались с давних времен и их можно видеть как в первом механическом компасе (1027 г., Китай), так и в работах Леонардо да Винчи.

Проблема точности передачи движения зубчатым механизмом возникла с появлением механических часов, в особенности карманных. Дезарг был первым, кто предложил для профилирования зубцов использовать эпициклоиду. Датский астроном Рёмер в 1675 г. указал на целесообразность применения для этой цели циклоиды. Камус в 1735 г. внес значительный вклад в разработку зацепления, а за профиль зуба приняты гипо- или эпициклоиды. В XVIII в. благодаря Леонарду Эйлеру получила надлежащую теоретическую разработку теория эвольвентного зацепления, которое обладало многими преимуществами по сравнению с циклоидальным. Однако широкое производство колес с эвольвентным профилем зубьев стало возможно гораздо позже – с появлением зуборезных автоматов.

Первая геометрическая теория зацепления была разработана в XIX в. Т. Оливье и включала в себя как плоские, так и пространственные случаи зацепления. Так же значительный вклад в теорию зацепления внес русский ученый Х. Гохман.

Предметом исследования в работе является кинематика и динамика упомянутых во вступлении зубчатых механизмов, зубья колес которых представлены простыми

геометрическими поверхностями (обычно это – плоскости, цилиндрические поверхности). В большинстве своем, используемые передачи – это передачи на параллельных и на пересекающихся осях. Если передача на параллельных осях, то в качестве ведущего колеса выступало прямозубое цилиндрическое колесо с прямоугольными зубьями, а в качестве ведомого – «клетка», собранная из стержней-цилиндров и двух дисков. Такая передача впоследствии стала называться цевочной, а «клетка» – цевочным колесом. Число стержней всегда было меньше числа зубьев колеса, т.е. передача являлась ускорительной.

В случае с пересекающимися осями в качестве ведущего колеса выступало коронное колесо с прямоугольными зубьями, реже с зубьями в виде цилиндров, параллельных оси вращения, а в качестве ведомого – цевочное колесо с осью вращения, обычно перпендикулярной оси ведущего.

В исследовании рассматриваются передачи на параллельных осях. Как видно из описания передачи, данного выше, в этих механизмах имеет место линейный контакт между поверхностями зубьев. В случае правильного контакта при касании поверхностей двух зубьев – плоскости и цилиндра, геометрическое место их общих точек представляет собой прямую линию, которая является частью образующей цилиндра, а ее длина равна ширине прямоугольного зубца. При кромочном касании, которое наступает в том случае, когда плоскость прямоугольного зубца становится секущей к поверхности зубца-цилиндра имеет место так же линейный контакт – между поверхностью кромки и цилиндрической поверхностью. В общем случае возможны следующие ситуации при зацеплении одной пары зубьев: кромочное касание на входе в зацепление (редко), правильный контакт (обязательно), кромочное касание на выходе из зацепления (часто).

В данной работе для определения кинематики зубчатой передачи, т.е. закона ее движения, при зацеплении одной пары зубьев использована теория зубчатых зацеплений, в частности как это описано в монографии [1].

Для определения закона движения механизма зубчатого необходимо знать форму поверхностей зубьев, т.е. их аналитические выражения, а так же начальные условия контакта, нахождение которых не представляет особого труда.

С каждым колесом и с неподвижной стойкой связывается своя система координат. В системах координат колес заданы уравнения поверхностей зубцов, обычно в криволинейных координатах. Для точки контакта можно записать равенство радиус-векторов и нормалей относительно систем координат каждого звена. Эти вектора зависят от координат точки контакта относительно каждого из звеньев, а так же углов поворота каждого из колес относительно неподвижной стойки. Задавая угол поворота одного колеса из полученного выше равенства векторов можно определить как координаты точки касания в любой момент, так и угол поворота второго колеса. Зависимость угла поворота ведомого колеса от угла поворота ведущего и является законом движения передаточного механизма и определяет его кинематику. Изменение координат точки контакта при зацеплении одной пары зубьев дает нам линию зацепления, а также показывает активные участки зубцов каждого из колес.

В случае кромочного контакта нормаль в точке касания не определена. Решение находится из условия равенства радиус-векторов трех поверхностей – поверхностей зубцов и поверхности кромки одного из зубцов. Исходя из этого можно получить закон движения при кромочном касании.

Полученные результаты показывают, что в большинстве случаев возникает две ситуации при зацеплении одной пары зубьев – правильный контакт и кромочное касание на выходе. После этой последовательности событий наступает правильный контакт следующей пары зубьев. Исследование кинематики показывает, что контакт следующей пары наступает с ударом. Происходит это из-за неравенства скоростей на выходе из зацепления первой пары зубьев и входе в зацепление второй. Таким образом, скорость движения ведомого колеса меняется скачком и в законе движения передачи при взаимодействии многих зубьев возникают отклонения от идеального движения, как это наблюдается во всех приближенных

передачах. Величина этих отклонений зависит во многом от геометрических характеристик колес. Поэтому основной целью исследования является определение таких параметров геометрии, при которых эти отклонения были бы минимальны. Минимизация сказывается не только на плавности и бесшумности, но также на долговечности зубьев и надежности всей передачи в целом.

В настоящее время, принимая во внимание погрешности нарезания и монтажа зубчатых колес, наметилась тенденция использования приближенных передач взамен сопряженных. Настоящим исследованием установлено, что инженеры прошлого интуитивно понимали проблемы пересопряжения зубьев и использовали приближенные передачи, учитывая упругие свойства и повышенную прирабатываемость материалов того времени.

Литература

1. Литвин Ф.Л. Теория зубчатых зацеплений. – М.: Наука, 1968. – 584 с.

УДК 621.179.118.2

ПРОГРАММА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОНТРОЛЯ МИКРОГЕОМЕТРИИ ПОВЕРХНОСТЕЙ С ПОМОЩЬЮ МИКРОТОПОГРАФИЙ

Е.А. Филимонова

Научный руководитель – д.т.н., профессор В.А. Валетов

Введение. Известны доказательства существенного влияния микрогеометрии поверхностей различных изделий на их функциональные свойства. С целью повышения качества изготовления изделий, имеющих функциональные показатели, зависящие от шероховатости поверхности, необходимо определить предпочтительную (лучшую из возможных) микрогеометрию поверхностей, обеспечивающую требуемый уровень функциональных свойств. Такие задачи неоднократно решались, но проблема оптимизации остается, так как полученные результаты носят в лучшем случае частный характер и оказываются невозпроизводимыми при малейшем изменении условий реализации технологии обработки поверхностей по сравнению с условиями эксперимента.

Непригодность существующих параметрических стандартов для решения задачи оптимизации микрогеометрии поверхностей для их конкретных функциональных свойств многократно доказана [1–3].

Цель. Автоматизировать процесс контроля микрогеометрии с помощью непараметрических критериев.

Анализ существующего ПО. На данный момент сравнение микро топографий осуществляется за счет визуальной субъективной оценки.

Описание. Создан программный продукт, содержащий в себе:

- модуль построения микро топографии поверхности по данным полученным с профилометра;
- модуль фильтрации с помощью Фурье-преобразований – после прямого Фурье-преобразования профиля мы получим набор гармоник различной амплитуды и частоты - амплитудный спектр. Исключая из амплитудного спектра ненужные гармоники (например, исключая высокочастотные – убираем помехи) и, делая обратное преобразование Фурье, мы получим профиль, в котором исключены ненужные характеристики. Кроме помех можно убрать из профиля отклонения формы, волнистость и т.д.;

- Модуль сравнения профилей – пользователем выбирается образец, микрогеометрия которого после испытаний была признана наиболее близкой к идеальной для данных конкретных условий – это и будет эталон. Далее высчитываются непараметрические критерии для этого профиля, и строится допуск для каждого графика непараметрических критериев. Сравнение с эталоном проводится графическим методом.

Применение. Данная методика была применена для оценки микрогеометрии профилей, полученных с профилографа-профилометра Hommel Tester T8000 фирмы Hommel werke.

Преимущества

- Аналогов методики для автоматизированного контроля микро топографии поверхностей не известно.
- Переход от зрительной субъективной оценки топографий к объективной компьютерной оценке.

Ограничения. Отсутствует возможность автоматического сравнения микро топографии поверхностей, только автоматизированное.

Выводы. Создано программное обеспечение, позволяющее производить автоматизированный контроль микрогеометрии поверхностей. Оно также будет полезно при оптимизации микрогеометрии, а также при исследованиях влияния шероховатости на функциональные свойства.

Литература

1. Валетов В.А., Иванов А.Ю. Непараметрический подход к оценке качества изделий // Металлообработка. – 2010. – № 6. – С. 55–59.
2. Валетов В.А. Целесообразность изменения стандарта на шероховатость поверхностей деталей // Машиностроение и автоматизация производства: межвуз. сб. №6. – СПб: СЗПИ. – 1997.
3. Valetov W.A., Grabow J., Tretiakow S. Zur experimentiellen Erforschung der Mikrogeometrie von Reibungsobertlaechen // 47 Internationales wissenschaftliches Kolloquium. – 2002, Tagussband. – P. 403–404.

УДК 65.011.59:621.9

МЕТОДЫ АНАЛИЗА И ГРУППИРОВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ

Д.М. Хабиров

Научный руководитель – к.т.н., доцент Б.С. Падун

В условиях современного производства достаточно остро стоит проблема повышения эффективности производственного процесса, сокращения издержек и временных затрат. Немаловажным является и то, что большинство современных предприятий занимаются выпуском изделий в сравнительно небольших партиях (от единичного до среднесерийного производства). Связано это с тем, что в нынешних условиях изделие достаточно быстро устаревает и проектируется уже новое, более совершенное, изделие. Это значительно уменьшает серийность выпускаемых изделий, при увеличении номенклатуры изготавливаемых деталей.

В данных условиях, одним из наиболее эффективных способов повышения производительности производства является изготовление деталей с помощью групповых технологических процессов.

Для чего, в свою очередь, необходимо предварительное группирование деталей, которое, ввиду сложности и многообразия номенклатуры изделий, предпочтительно производить с помощью автоматизированной системы.

Целью работы является анализ существующих методов анализа и группирования деталей, для выявления среди них наиболее эффективных и их адаптации к условиям работы программной системы.

В исследовании рассмотрены методики группирования, предложенные С.П. Митрофановым, методы типизации деталей, а также методы анализа деталей, предложенные последующими исследователями. Также рассмотрены некоторые методики кластерного анализа и возможность их применения к задачам группирования.

В работе сделаны выводы о возможности применения кластерного анализа к задачам группирования, спроектированы некоторые алгоритмы применения кластерного анализа к задачам группирования деталей, составлены рекомендации для проектирования автоматизированных систем группирования деталей.

УДК 520.6.08

АНАЛИЗ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ПЛАНЕТОХОДА С БАЛАНСИРНОЙ ПОДВЕСКОЙ

И.И. Чех

(Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики)

Научный руководитель – д.т.н., профессор М.И. Маленков

(Санкт-Петербургский государственный политехнический университет)

Вступление. Актуальность темы. В настоящее время космические исследования получили новый толчок в развитии. Все больший интерес государственные и частные космические корпорации проявляют к исследованию планет, астероидов и других тел солнечной системы. Частные корпорации, в лице таких компаний как SpaceX, Planetary resources, Virgin Galaxy и других, имеют коммерческий интерес к исследованиям в области космических технологий. Государственные корпорации преследуют несколько иные цели. Они стремятся к изучению объектов солнечной системы с целью изучения ее истории, а также будущего. Однако, несмотря на различные цели, средства, с помощью которых проводятся исследования, имеют много общего и базируются на достижениях второй половины 20 века, когда космическая техника развивалась семимильными шагами. Так, для добычи ресурсов на астероидах, что является целью американской корпорации Planetary Resources, потребуются самоходные автоматические рудокопы, которые будут создаваться на базе и опыте проектирования планетоходов, которые в настоящее время Американское Космическое Агентство (NASA) использует для изучения Марса и поиска на нем следов жизни.

Данная работа посвящена анализу подвесок, используемых на современных планетоходах.

Цель работы

- Оценка профильной проходимости и устойчивости планетоходов, использующих различные типы балансирной подвески.
- Моделирование движения планетохода в среде Matlab.

Реалии современных исследований с помощью планетоходов

В настоящее время существует большое количество проектов планетоходов,

использующих самые разные способы перемещения. Эти проекты разрабатывались и продолжают развиваться как студенческими группами во всем мире, так и крупными частными и государственными космическими корпорациями.

После эпохи «покорения» Луны в прошлом веке, советская программа по развитию планетоходов была закрыта. Однако, благодаря участию российских предприятий в международной научной кооперации, в России, в частности, во ВНИИ ТРАНСМАШ, продолжались работы по поиску оптимальной конструкции элементов самоходного шасси для автоматических исследовательских станций. Если говорить о ходовой части, то весьма интересным новым техническим решением является так называемая «трех точечная» или «трех модульная» балансирная подвеска для шестиколесного самоходного шасси, разработанная применительно к марсоходу европейского проекта ExoMars [1].

Эта подвеска вполне может рассматриваться как альтернатива балансирной подвеске типа Rocker-Bogie автоматических американских марсоходов, которые уже второе десятилетие исследуют поверхность Марса. Интересно отметить, что эта подвеска использовалась на всех 4-х американских марсоходах: «Sojourner», «Spirit», «Opportunity» [2] и «Curiosity», несмотря на огромные различия в их конструктивных и массогабаритных характеристиках. Следовательно, данная конструкция хорошо зарекомендовала себя в реальной эксплуатации.

Учитывая изложенное, в работе проведен сравнительный анализ двух типов балансирных подвесок шестиколесных планетоходов: российской «трех точечной» подвески и американской подвески Rocker-Bogie.

Предполагаемые исследования

- Провести математический анализ распределения нормальных реакций по колесам самоходного шасси планетохода при различных условиях эксплуатации.
- На основе расчета нормальных реакций провести тяговый расчет.
- Провести моделирование движения аппарата на плоской поверхности и при преодолении одиночных препятствий в среде MATLAB.

Вывод. Успешное завершение данной работы позволит усовершенствовать расчетную базу для исследования тяговых свойств и профильной проходимости колесных планетоходов и наземных шасси с балансирной подвеской. Завершенная компьютерная модель позволит определять в реальном времени распределение таких важных параметров как нормальные реакции и тяговые усилия колес самоходного шасси, режимы работы тяговых электродвигателей, находить оптимальное расположение центра тяжести аппарата, а также визуализировать примеры движения планетохода по поверхности разного профиля.

Литература

1. Koucherenko V., Bogatchev A., Winnendael M.V. Chassis Concept for the ExoMars // Proc. of the 8th ESA Workshop ASTRA 2004, ESTEC, Noordwijk, the Netherlands. – 2004. – № 2–4.
2. Маленков М.И. Экстремальная робототехника. Проектирование систем передвижения планетоходов. Учебное пособие. – СПб: Изд-во Политехнического университета. – 2008. – 158 с.

МЕТОДИКА ВЫБОРА ЛОКАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ КООРДИНАТ ТРЕХМЕРНОЙ МОДЕЛИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ В ПРОЦЕССЕ СОЗДАНИЯ ВИРТУАЛЬНОГО ПРОЕКТА ЦЕХА

В.С. Шестаков

Научный руководитель – д.т.н. профессор В.А. Валетов

Актуальность проведенного исследования подтверждается тем, что в сфере организации и планирования производства такие инструменты, как графические редакторы, начинают находить все большее применение. В настоящее время все чаще появляется спрос на контрактное производство, важной характеристикой которого является высокая скорость его реализации. Таким образом, время, необходимое на перепланировку участка, как часть общего времени на реализацию производства, становится немаловажной составляющей конкурентоспособности фирм, существующих на рынке данных услуг. Исследования графических редакторов, способных ускорить разработку планировки цеха за счет увеличения наглядности процесса проектирования, и уменьшить число ошибок, допускаемых разработчиком, за счет частичной автоматизации, будут иметь большое практическое значение для данной предметной области.

На данный момент существует не так много программных решений в автоматизации проектирования производственных помещений. Примерами могут служить «Delmia» компании «Dassault systemes» и библиотека планировок цехов для «Компас» компании «Аскон». Данные продукты являются коммерческими и закрытыми. Из этого следует, что компании не заинтересованы предоставлять в открытый доступ какую-либо информацию, использованную в процессе создания подобных графических редакторов.

Целью работы является разработка методики выбора локальной системы координат трехмерной модели производственного оборудования в процессе создания виртуального проекта цеха. Разрабатываемая методика должна решать проблему многовариантности задания размеров расположения оборудования в реальном пространстве.

Использование вложенных систем координат в виртуальном пространстве есть решение проблемы построения модели при перемещении объекта. Методика заключается в том, что координаты вершин, используемые для построения графики, при перемещении объекта остаются постоянными, меняются лишь координаты базиса, в котором они находятся. В том случае, когда нам требуется расположить два объекта в виртуальном пространстве, речь идет именно о позиционировании локальных систем координат. Но данная методика порождает неопределенность в расположении базиса в процессе построения самого объекта. В связи с этим, он может располагаться в центре, в его основании, в правом переднем углу, либо в любой другой точке пространства. Иными словами, мы не можем быть уверены в том, что, задавая расстояние между двумя трехмерными моделями, а именно их локальными системами координат, мы зададим расстояние между определенными их точками или поверхностями, что требуется в процессе создания планировки помещения. Для решения данной проблемы, как и во всех уже существующих системах виртуальной реальности, нужно разработать методику, которая бы четко регламентировала положение базиса трехмерной модели в момент ее построения.

В работе сделано: проведен анализ существующих методик выбора локальной системы координат трехмерных моделей, проведен реинжинеринг реализации методик выбора локальной системы координат трехмерных моделей в существующих закрытых программных комплексах типа «Delmia» компании «Dassault systemes», сформулирована частная реализация методики в процессе проектирования производственного цеха.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И БЕЗОПАСНОСТИ АВТОМОБИЛЯ

А.В. Шидловский

Научный руководитель – к.т.н., доцент С.С. Резников

Одной из самых важных проблем автомобильной отрасли является безопасность, безопасность как для водителя и пассажиров, так и для пешеходов. Несмотря на то, что для решения этой проблемы сделан очень большой шаг, количество жертв ДТП только увеличивается. В настоящее время уровень автомобилизации растет небывалыми темпами. Для России этот показатель варьируется в пределах от 217 до 360 (!) транспортных средств на тысячу жителей. Кроме того, конструкция автомобилей совершенствуется, значительно растут средние скорости движения, а вместе с тем неизбежно увеличивается число дорожно-транспортных происшествий, а также их тяжесть.

Но не все так однозначно, данная проблема очень многогранна и потому единого решения просто не существует. Эту ситуацию можно изменить разными способами, например, такими как создание более безопасной дорожной инфраструктуры, оснащение машин базовыми системами безопасности, проведение кампаний, призывающих изменить отношение водителей к скорости и к употреблению алкоголя за рулем, а также разработка совершенно новых систем активной и пассивной безопасности.

Цель работы – создание двух или более совершенно новых систем, первая из которых имеет название «Система контроля давления в шинах автомобиля при экстренном торможении», что дает однозначный ответ на ее направленность и задачу, на которую она ориентирована. В начале создания системы работа велась над увеличением пятна контакта шины с дорожным полотном с целью уменьшить тормозной путь автомобиля, но увеличение площади пятна контакта в теории не влияет на тормозной путь, в теории, а не на практике. В реальной ситуации на конечный результат воздействует очень много факторов, учесть которые, при расчете тормозного пути, невозможно. Однако есть несколько основных, самых важных, факторов, от которых зависит 90% длины тормозного пути автомобиля, более подробно этот вопрос будет описан в докладе, а так же значимость каждого из них. Результат расчетов работы системы оказался весьма положительным, что делает ее достаточно перспективной и заманчивой, но у каждой проблемы есть свои подводные камни... Так, например тормозной путь автомобиля BMW 535ixDrive со скорости 100 км/ч составляет 37,5 метров (результаты замеров экспертов журнала «АВТОРЕВЮ»), тот же путь, но с использованием системы SCPTeB, сократился на 11,5 м, что составляет примерно 32% от общей длины тормозного пути, и равен 26,1 м, при торможении со скорости 150 км/ч длина выбега составила 56,3 м против 85,9 м без использования системы (расчетные данные).

Выше описанная система предназначена для работы в экстремальных условиях, когда единственным выходом из аварийной ситуации является экстренное торможение. Чтобы минимизировать вероятность такой ситуации либо пресечь ее развитие необходимо, чтобы автомобиль четко реагировал на команды водителя, а так же исправлял его ошибки. Для этого автомобиль должен быть адекватным, управляемым. Управляемость и безопасность это те области в автомобиле, которые должны тесно взаимодействовать, и быть дополняющими друг друга. Поэтому при проектировании автомобиля у конструкторов встает ребром очень сложная задача со многими неизвестными и требующая незамедлительного решения, иначе конкуренты из других компаний и концернов опередят тебя и заберут часть потенциальных потребителей, а от них зависит будущее, либо процветание либо угасание, компании. Задача сделать автомобиль универсальным во всех отношениях, а особенно в области управляемости, а, следовательно, в области подвески, очень актуальна на сегодняшний день.

На данный момент разрабатывается конструкция подвески способной адаптироваться под разные условия дорожного покрытия, не разное состояние дороги, т.е. асфальта, а именно дорожного покрытия, либо бездорожного, будь то немецкий автобан или русское болото. Суть работы подвески основывается на рычагах имеющих собственную степень подвижности, а так же ряда стабилизаторов, имеющих новую структуру и принцип действия, отличный от стандартных. Упругие элементы подвески будут комбинированные, для решения широкого ряда задач при разных условиях эксплуатации. Более подробно ознакомиться с устройством и принципах работы систем можно будет во время доклада, а также задать все интересующие вас вопросы.

УДК 67.02

К ВОПРОСУ ВЫБОРА САПР ТПП ПРИБОРОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

А.В. Потапов

Научный руководитель – к.т.н., доцент Р.Р. Магдиев

Успешная деятельность фирм и коллективов в промышленно развитых странах во многом зависит от их способности накапливать и перерабатывать информацию. Сегодня без внедрения автоматизации, без использования САПР на всех этапах проектирования изделий уже невозможно производить современную сложную технику. Однако вследствие постоянного роста требований к качеству, срокам создания изделий и уменьшения их долговечности (в рамках жизненного цикла) с одной стороны, а также бурного роста рынка САПР с другой стороны перед предприятиями остро встает проблема грамотного подбора, и последующего использования САПР.

Данная работа посвящена такой группе систем как САПР ТПП (технологической подготовки производства). На современных приборостроительных предприятиях специализированные программные пакеты используются на всех этапах технологической подготовки. Данные этапы указаны на схеме (рисунок).



Рисунок. Этапы технологической подготовки

Хотелось бы отметить следующие основные проблемы отечественных приборостроительных предприятий в сфере применения САПР ТПП:

1. избыточный или недостаточный для конкретного предприятия подбор САПР ТПП. Они либо слишком слабы для решения поставленных задач. Либо обладают излишней «мощностью»;
2. применение разными подразделениями предприятия различных САПР ТПП, использующих различные среды и форматы. Это приводит к появлению на предприятии многосистемной САПР среды, в которой крайне усложняется передача информации между подразделениями предприятия;
3. использование устаревших версий программных продуктов.

Грамотный подбор САПР ТПП позволяет избежать, либо минимизировать эффект, вышеозначенных проблем.

Таким образом, целью данной работы является подбор наиболее эффективного сочетания САПР ТПП для приборостроительного предприятия. Решение поставленной задачи предполагает рассмотрение большого числа САПР ТПП различных классов, чтобы затем выявить наиболее оптимальное сочетание данных систем для условий конкретного предприятия.