

Редакционно-издательский отдел

Санкт-Петербургского национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики 197101, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., 49



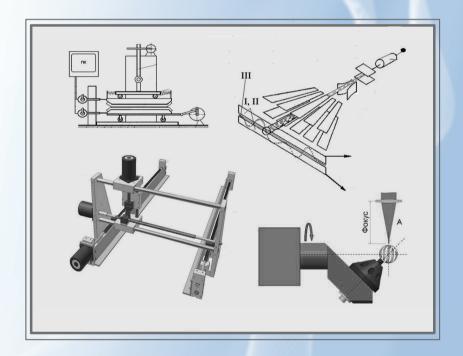
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, МЕХАНИКИ И ОПТИКИ

IX ВСЕРОССИЙСКАЯ МЕЖВУЗОВСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ

V сессия научной школы «Проблемы механики и точности в приборостроении»

Сборник докладов



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, МЕХАНИКИ И ОПТИКИ

НИУ ИТМО ІХ ВСЕРОССИЙСКАЯ МЕЖВУЗОВСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ

V сессия научной школы «Проблемы механики и точности в приборостроении»

Сборник докладов



IX Всероссийская межвузовская конференция молодых ученых. V сессия научной школы «Проблемы механики и точности в приборостроении»; Выпуск 1-й. Сборник докладов. – СПб: НИУ ИТМО, 2012. – 152 с.

В сборник вошли доклады аспирантов, магистрантов и бакалавров кафедры Технологии приборостроения и кафедры Мехатроники, прочитанные на 10–13 апреля 2012 года (V сессия научной школы «Проблемы механики и точности в приборостроении»)

ISBN 978-5-7577-0405-0



В 2009 году Университет стал победителем многоэтапного конкурса, в результате которого определены 12 ведущих университетов России, которым присвоена категория «Национальный исследовательский университет». Министерством образования и науки Российской Федерации была утверждена программа его развития на 2009—2018 годы. В 2011 году Университет получил наименование «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики»

© Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, 2012

© Авторы, 2012

СОДЕРЖАНИЕ

1.	Введение
2.	Абрамчук М. В. О совместимости стандарта ГОСТ 1643-81 и
	рекмендаций ISO 1328
3.	Астафьев С. А. Применение вероятностного подхода в задаче
	моделирования распространения лесного пожара
4.	Бабанин В.С. Параметрическое моделирование комплексных
	элементов
5.	Виноградова А. А., Мазурова У.С. Фрактализация одномерных
	объектов
6.	Голодный Н.В. Автоматизация выбора измерительного инструмента
	при проектировании технологических процессов
7.	Додашвили Т. А. Анализ колебаний шагового двигателя в механизме
	поперечного перемещения прибора автоматизированной
	аллистической экспертизы
8.	Дудьева Е.П. Контактные напряжения взаимодействующих соосных
	цилиндров
9.	Иващенко М. И. Разработка нелинейной политронно-фильтрующей
	системы
10.	Исаев Р.М., Любивый А. В. Методика проведения сравнительного
	анализа для определения эффективности технологии изготовления
	деталей на различном оборудовании
11.	Коваль Д. А. Расчет контактных напряжений зубчатых колес с
	несимметричным профилем зуба
12.	Красковский А. А. Оценка точности беспроводного датчика
	ускорения.
13.	Крутиков А.И., Родькин А. С. Задачи управления шестиногими
	роботами пауками
14.	Леонов Д.Б. Исследование влияния шероховатости поверхности на
	адгезию в условиях производства «Вазовские машиностроительные
	заводы»
15.	Мухамедов З. М., Юльметова О.С. Разработка средств
	технологического оснащения для лазерного маркирования
	сферических деталей
	Новиков Д. В. Синтез параметров механизма двигателя Стирлинга 92
17.	Новоселова О. Г. Компьютерное моделирование процесса
	трибологического взаимодействия
18.	Перечесова А. Д. Пути оптимизации устройства для изготовления
	торсионных подвесов чувствительных элементов
	приборов УИСАТ-1
	Пиголкин А.Б. Современные подходы к оптимизации производства. 111
	Ротц Ю. А. Система оценки динамической остроты зрения
21.	Сачков М. Ю. Разработка электромеханического привода 126

22. Филимонова Е.А. Автоматизация контроля микрогеометрии	
поверхностей поверхностей деталей машин и приборов с	
использованием с использованием топографии	130
23. Филюков Н. В. Взаимодействие технологических интеллектуальне	JХ
агентов в технологической интегрированной среде	136
24. Круглый стол «Интегрированные технологии проектирования и	
производства изделий из полимерных композиционных материало	в» 141

Ввеление

Данный сборник содержит доклады, выполненные на IX Всероссийской межвузовской конференции молодых ученых в рамках V сессии научной школы «Проблемы механики и точности в приборостроении». В сборник включены в основном доклады магистрантов и аспирантов кафедр технологии приборостроения и мехатроники СПб НИУ ИТМО.

В настоящее время на кафедре технологии приборостроения ведется подготовка бакалавров и магистров по двум направлениям «Приборостроение» и «Информатика и вычислительная техника». В рамках подготовки магистров по направлению «Приборостроение» студенты кафедры ТПС имеют возможность специализироваться по одной из трех магистерских программ: "Технологическая подготовка производства приборов и систем", «Управление жизненным циклом приборов и систем», «Проектирование интегрированных автоматизированных систем».

По направлению «Информатика и вычислительная техника» организована специализация "Интегрированные системы проектировании и производстве". Обучение по всем этим программам охватывает такие области, как углублённое изучение технологии приборостроения, включая новые технологии, автоматизацию технологической подготовки производства (АСТПП), проектирование подсистем АСТПП, а так же отслеживание жизненного цикла изделий с помощью современных автоматизированных программных комплексов, включая PDM - системы.

На кафедре мехатроники ведется подготовка магистров по направлению «Мехатроника и робототехника», в рамках которого обучение магистрантов осуществляется по следующим магистерским программам: «Системное моделирование в мехатронике», «Микромеханические датчики, системы и технологии», «Теория, геометрия, проектирование и технология производства зубчатых передач», «Прецизионные устройства мехатроники», «Мехатронные технологии в приборостроении».

Обучение по всем этим программам охватывает такие области, как углубленное изучение проблем системного анализа и синтеза мехатронных систем, включая компьютерные технологии захвата изображений, проектирования систем технического зрения и управления роботизированными комплексами.

Заключительный раздел сборника содержит результаты обсуждения за круглым столом проблем, связанных с интегрированным технологиям проектирования и производства изделий из полимерных композиционных материалов.

О СОВМЕСТИМОСТИ СТАНДАРТА ГОСТ 1643-81 И РЕКОМЕНДАЦИЙ ISO 1328

М.В. Абрамчук

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

В статье описывается необходимость разработки новых стандартов на основе ГОСТ 1643-81 в соответствии с рекомендациями ISO. Рассматривается структура ГОСТ 1643-81 и ISO 1328 и делаются выводы о создании на основе рекомендаций ISO и опыта использования ГОСТ нового отечественного стандарта.

Ключевые слова: зубчатые колеса, зубчатые передачи, точность, стандарты, ГОСТ 1643-81, ISO 1328.

Введение

Последней редакции отечественного стандарта ГОСТ 1643-81 «Передачи зубчатые цилиндрические. Допуски» исполнилось 30 лет. За это время в вопросе нормировании точности зубчатых колес и передач произошли изменения. Производитель, желающий реализовывать свою продукцию на мировом рынке, особенно, в связи с присоединением России к ВТО, должен учитывать, по крайней мере, минимальные требования, приведенные в стандартах ISO. Тем не менее, отказаться полностью от отечественных стандартов – ГОСТов мы не можем, да и не должны. Необходимо пересмотреть нормативную документацию с учетом современных реалий. Дополнить отечественный опыт в данном вопросе лучшими зарубежными наработками. Это может быть достигнуто без коренной ломки как системы производства и контроля зубчатых колес и передач, так и без существенного изменения достигнутой квалификации занимающегося этим производством научно-технического персонала.

Отличия в стандартах

Рекомендации ISO 1328, в отличие от ГОСТ 1643-81 [1], состоят из следующих частей (ISO 1328-1:1995, ISO 1328-2:1997) [2, 3], имеющих общий заголовок Π ередачи зубчатые цилиндрические — Система точности по ISO:

-Часть1:Определения и допустимые значения отклонений соответствующих боковых поверхностей зацепляющихся зубьев;

- Часть 2:Определения и допустимые значения отклонений, относящихся к радиальным составным отклонениям (колебаниям измерительного межосевого расстояния), и информация по износу (радиальному биению).

Данное разделение стандарта на 2 части не представляется авторам статьи разумным и перениматься при создании нового российского стандарта не будет.

В ISO 1328 применяются ряды параметров. В первой части [2, с. 7-8]:

- делительный диаметр: 5 / 20 / 50 / 125 / 280 / 560 / 1 000 / 1 600 / 2 500 / 4 000 / 6 000 / 8 000 / 10 000 мм:
 - модуль зубьев: 0.5 / 2 / 3.5 / 6 / 10 / 16 / 25 / 40 / 70 мм;
- ширина зубчатого венца: 4 / 10 / 20 / 40 / 80 / 160 / 250 / 400 / 650 /1 000 мм.

Во второй части [3, с. 5], для колебаний измерительного межосевого расстояния:

- делительный диаметр: 5 / 20 / 50 / 125 / 280 / 560 / 1 000 мм;
- модуль зубьев: 0.2 / 0.5 / 0.8 / 1 / 1.5 / 2.5 / 4 / 6 / 10 мм.

Таким образом, мы видим, что диапазон делительных диаметров d и модулей m существенно ограничен сверху, скорее всего, за счёт отсутствия приборов для измерения зубчатых колёс больших размеров.

Та же, вторая часть [3, с. 8], для радиального биения:

- делительный диаметр: 5 / 20 / 50 / 125 / 280 / 560 / 1 000 / 1 600 / 2 500 / 4 000 / 6 000 / 8 000 / 10 000 мм;
 - модуль зубьев: 0.5 / 2.0 / 3.5 / 6 / 10 / 16 / 25 / 40 / 70 мм.

ГОСТ 1643-81 распространяется на эвольвентные цилиндрические зубчатые колёса и зубчатые передачи внешнего и внутреннего зацепления с прямозубыми, косозубыми и шевронными зубчатыми колёсами с делительным диаметром до 6300 мм, шириной зубчатого венца или полушеврона до 1250 мм, модулем зубьев от 1 до 55 мм [1, с. 1]. Нам представляется разумным проработать вопрос об увеличении диапазона величины делительного диаметра до значений, не меньших, чем в первой части ISO 1328, т.е. до 10 000 мм и модуля зубьев – до 70 мм.

Во второй части рекомендаций ISO 1328 рассматриваются зубчатые колеса с модулем зубьев до 0,2 мм. Данные положения, отражающие существующую практику изготовления зубчатых колес и передач, оспаривать или как-то изменять не имеет смысла. В данном случае, стоит рассмотреть вопрос о нижней границе величины модуля зубьев в будущем стандарте – 0,5 мм. Вместе с тем, не ставится под сомнение необходимость в стандартизации зубчатых колес с модулем зубьев менее 0,5 мм, однако, параметры точности таких колёс должны устанавливаться в соответствии с их назначением стандартами предприятий (СТП). Разработка СТП является важнейшей задачей специализированных предприятий. При этом, отражая специфику производства и использования таких передач, СТП не должны противоречить ни государственным стандартам, рекомендациям ISO.

Каждая часть ISO 1328 устанавливает свою структуру системы точности для зубчатых колёс. В первой части ISO 1328 [2, с. 7] отмечается, что *«система точности по ISO включает в себя 13 степеней точности*,

где 0 – самая высокая, а 12 – самая низкая». Во второй части ISO 1328 [3, с. 1] говорится, что «система точности радиальных измерений имеет иные диапазоны степеней, чем ISO 1328-1. Ряды диаметра и модуля для радиальных составных отклонений (колебаний измерительного межосевого расстояния) и радиального биения также другие. Система точности радиальных составных отклонений (колебаний измерительного межосевого расстояния) включает в себя 9 степеней точности, где 4 – самая высокая степень, а 12 – самая низкая». Далее [2, с. 3] читаем: «определение степени точности с помощью измерения радиальных составных отклонений (колебаний измерительного межосевого расстояния) согласно этой части ISO 1328 не подразумевает, что погрешности элементов (например, шага, профиля, хода винтовой линии зуба и т.д. из ISO 1328-1) будут соответствовать той же самой степени (точности). Положения в документах относительно требуемой точности должны включать ссылку на соответствующий стандарт, ISO 1328-1 или ISO 1328-2, соответственно».

Нормы кинематической точности, плавности работы и контакта зубьев в ISO 1328 не устанавливаются. Также отсутствуют: виды сопряжений зубчатых колёс в передаче, виды допуска на боковой зазор, классы отклонения межосевого расстояния, нормы бокового зазора. Боковой зазор упоминается в первой части ISO 1328 [2, с. 17] среди требований для проверки степени точности кинематической погрешности.

Итак, зафиксируем, что в рекомендациях ISO система точности разделена в соответствии с разделением самого ISO на 2 части, и что в этих рекомендация нет такого понятия как нормы кинематической точности, плавности и контакта зубьев.

ГОСТ 1643-81 устанавливает 12 степеней точности зубчатых колёс и передач, обозначаемых в порядке убывания точности цифрами 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12. Для степеней точности 1 и 2 допуски и предельные отклонения не даются. Эти степени предусмотрены для будущего развития. Для каждой степени точности зубчатых колёс и передач устанавливаются нормы: кинематической точности, плавности работы и контакта зубьев зубчатых колёс в передаче. Нормы точности стандарта ГОСТ 1643-81 включают в себя поэлементные показатели (объединённые в комплексы) и комплексные показатели точности зубчатых колёс и передач [4, с. 326]. Допускается комбинирование норм кинематической точности, норм плавности работы и норм контакта зубьев зубчатых колес и передач разных степеней точности.

С одной стороны, в новом ГОСТе, появление которого совершенно необходимо, следует сохранить возможность комбинирования норм кинематической точности, норм плавности работы и норм контакта зубьев зубчатых колёс и передач разных степеней точности. Во-первых, это даёт возможность конструктору указать на приоритетность той или иной нормы для данной передачи. Так, для отсчетных передач важна кинематическая

точность, для скоростных – плавность, для силовых – нормы контакта и т.д. Во-вторых, фиксируя внимание на приоритете тех или иных норм, мы заставляем технолога подумать об их обеспечении. Последняя задача во многом является проблемной, ибо станкостроение в области зубчатых передач отстало от мирового уровня в неменьшей степени, чем практика зубообработки [5, 6, 7]. С другой стороны, при более полном переходе на рекомендации стандарта ISO, в новом ГОСТе деления на нормы кинематической точности, плавности работы и контакта зубьев, может и не быть, поскольку мы не можем в данный момент доказать международному сообществу необходимость такого разделения показателей. И этот вопрос надо еще обязательно обсуждать.

Введение в ГОСТ 1643-81 обязательного нормирования кинематической точности, плавности работы и контакта зубьев с одной стороны, как уже говорилось, существенно расширяет возможности конструктора и позволяет иметь более индивидуальный подход к группе передач, но с другой - не учитывает того важнейшего обстоятельства, что все эти качества формируются в едином технологическом процессе, и потому производственные возможности комбинирования норм точности ничтожны. Не даром классы отклонения межосевого расстояния и несовпадение видов сопряжения с видом допуска на боковой зазор используется на практике чрезвычайно редко.

Отсутствие вышеупомянутых норм в стандарте ISO упрощает подход к контролю зубчатых передач. Заметим, что установление многочисленных показателей для норм кинематической точности, плавности работы, контакта зубьев и бокового зазора является для нашей страны чрезвычайно важным. Наличие на предприятиях различного измерительного оборудования и отсутствие комплексных измерительных лабораторий, позволяющих во времена СССР измерить любую комплексную и поэлементную погрешность, объясняет необходимость наличия в ГОСТ 1643-81 различных показателей.

В рекомендациях ISO вопрос контроля бокового зазора рассматривается в отдельном стандарте, техническом отчёте ISO/TR 10064-2:1996 [8, 9]. Рекомендации стандарта ISO/TR 10064-2 не связывают величину зазора и её нормирование ни с видом сопряжения, ни с видом допуска на боковой зазор, ни с классом отклонения межосевого расстояния. Однако требуют обязательного учёта погрешности изготовления и монтажа незубчатых деталей передачи (корпуса, валов, подшипников и т.д.), условий работы зубчатой передачи, а также вида смазки, её загрязнения, наличия неметаллических частей колёс и других элементов. При этом всё говорящееся в данном документе носит рекомендательный характер.

Нормирование бокового зазора в ГОСТ 1643–81 производится следующим образом. В стандарте установлены шесть видов сопряжения: A, B, C, D, E, H и восемь видов допуска T_{in} на боковой зазор: x, y, z, a, b, c,

d, h. Видам сопряжения Н и Е соответствует вид допуска на боковой зазор h; а видам сопряжения D, C, B и A – виды допуска d, c, b, и а соответственно. Соответствие между видом сопряжения колес и видом допуска на боковой зазор допускается менять. При этом также могут быть использованы виды допусков х, у, z, которые не связаны с определенным видом сопряжения, т.е. предусматривается возможное увеличение величины допуска T_{in} . Устанавливаются 6 классов отклонений межосевого расстояния (по сути неподвижного звена передачи), обозначаемых в порядке убывания точности римскими цифрами от I до VI. Гарантированный боковой зазор $j_{n \min}$ в каждом сопряжении обеспечивается при соблюдении предусмотренных классов отклонений межосевого расстояния (для сопряжений H и E – II класса, а для сопряжений D, C, B и A – классов III, IV, V, и VI соответственно). Допускается изменять соответствие между видом сопряжения и классом отклонения межосевого расстояния. Точность изготовления зубчатых колес и передач задается степенью точности, а требования к боковому зазору – видом сопряжения по нормам бокового зазора.

С одной стороны за счет наличия видов сопряжения наш стандарт ГОСТ 1643-81 создает значительную вариативность в нормировании бокового зазора, что позволяет детализировать рекомендации ISO, но, в принципе, им не противоречит. Использование видов сопряжения в ГОСТ 1643-81 расширяет возможности конструктора в части назначения гарантированного бокового зазора $j_{n \min}$ и допуска на боковой зазор T_{in} .

Предлагается полностью отказаться от такого понятия как класс отклонения межосевого расстояния, поскольку эта норма переопределяет боковой зазор в зубчатой передаче. И для оптимизации нормирования предлагается менять соответствие между видом сопряжения и видом допуска на боковой зазор.

В дальнейшем, при разработке нового стандарта необходимо рассчитывать параметры бокового зазора исходя из условий эксплуатации [10]. Необходима стандартизация расчета бокового зазора на основании проведения широких экспериментальных работ ввиду недостаточности имеющихся рекомендаций в настоящее время.

И наконец, стандарт ISO 1328 содержит определение зубчатого колеса и требования к измерительному зубчатому колесу. В частности, пункт 5.5 [3, с. 3]: «При использовании измерительного колеса с цилиндрическими косозубыми колёсами, ширина зубчатого венца измерительного колеса должна быть такой, чтобы коэффициент осевого перекрытия ε_{β} , в сравнении с зубчатым колесом механизма, был меньше или равен 0,5».

Анализируя это положение рекомендаций ISO, мы считаем необходимым предложить следующее. В новом стандарте ГОСТ необходимо чётко определить объект взаимозаменяемости. Дать определение зубчатой передачи и упомянуть, какие звенья передачи могут быть подвижными и неподвижными. Необходимо привести типовые схемы

зубчатых передач так, как это сделано в стандарте расчётов на прочность. Возможно наличие двух стандартов, один из которых регламентирует нормы точности и бокового зазора только для зубчатых колёс, а второй – для передач. Имеющаяся научно-техническая литература в области точности передач предполагает расчётный характер такого стандарта. При этом, однако, табличные показатели норм точности и бокового зазора будут относиться к отдельным типовым схемам передач. Необоснованное требование одинаковой степени точности по каждому отдельному показателю для шестерни и колеса передачи становится при этом излишним.

Таблица 1 - Сравнение параметров точности ГОСТ 1643-81 и ISO 1328

	ICO 1220	D		FOCT 1642	01
	ISO 1328			ГОСТ 1643	I
m=1	m=3	m=5	<i>m</i> =1 м	<i>m</i> =3 м	<i>m</i> =5 м
MM	MM	MM	M	M	M
1) погр	ешность шаг	$a \pm f_{pt}$	1) откло	онение шага ±	$\pm f_{Pt}$
5,5	6	6,5	6	6	8
,	полная н ъ шага колес	акопленная E_p	2) доп погрешності шага <i>F</i> _p	ь	акопленную
18	19	19	20	20	20
3) погр общая F_{α}	3) погрешность профиля зуба общая F_a			пуск на і \mathfrak{a}_f	погрешность
6	8	9,5	6	6	7
4) пог зуба общая	решность н F_{eta}	аправления	4) Допуск на погрешность направления зуба F_{β}		
6,5	8,5	10	7	7	10
b=10	b=30	b=45	b=10	b=30	b=45
MM	MM	MM	MM	MM	MM
	5) местная кинематическая погрешность f'_i			опуск на скую i олеса f'_i	местную погрешность
12	13,5	15	12	12	16
6) допу	6) допуск на полное колебание			опуск на	колебание
измери	измерительного межосевого			ЮГО	межосевого
расстояния колеса F_i "	за оборот	зубчатого		за оборот	зубчатого
18	25	31	22	22	25

7) д	опуск на	колебание	7) до	опуск на	колебание
измерительного мех		межосевого	измерительного		межосевого
расстояния на одном зубе $f_i^{"}$			расстояния і	на одном зубе	$ef_i^{\prime\prime}$
3,5	10	15	10	10	13
8) допуск на радиальное		радиальное	8) допу	ск на радиал	ьное биение
биение F_r			F_r		
15	15	16	16	16	18

Сравнение параметров точности в ГОСТ 1643-81 и ISO 1328

Пересчет таблиц ГОСТ 1643-81 в соответствие с рекомендациями ISO не приведет к кардинальной ломке технологии и метрологии в производстве зубчатых колес и передач. Приведем сравнительные табличные значения параметров точности для 5-й степени точности в обоих стандартах. Величины погрешностей приведены в микрометрах.

Значения модуля m=1, 3, 5 мм, делительный диаметр d=100 мм, ширина венца b=30 мм (для пункта 4 - 10, 30, 45 мм), коэффициент осевого перекрытия $\varepsilon_{\beta}=1,5$.

В других степенях точности при внедрении рекомендаций ISO может произойти сдвижка на 1-2 степени в ту или другую сторону. При этом будет достигнуто взаимопонимание между нашими и зарубежными производителями и пользователями зубчатых колес и передач без какогото ни было ущерба для производства.

Заключение

На данный момент насущной является задача разработки нового базового стандарта взамен ГОСТ 1643-81, который отражал бы развитие теории и практики зубчатых передач за истекший период, не противоречил рекомендациям ISO и вместе с тем, по возможности, сохранял положительные стороны стандарта ГОСТ 1643-81, потому что до сих пор ГОСТ 1643-81 и аналогичные ему стандарты на другие передачи широко применяются в нашей стране.

Разработка нового отечественного стандарта, учитывающего рекомендации ISO, в том числе и по нормированию бокового зазора в стандарте ISO/TR 10064-2, при использовании положительных сторон наших стандартов представляется делом абсолютно необходимым для нашей интеграции в мировую систему производства и торговли. Повторим, что это может быть достигнуто без коренной ломки как системы производства и контроля зубчатых колес и передач, так и без существенного изменения достигнутой квалификации занимающегося этим производством научно-технического персонала.

- 1. ГОСТ 1643-81. Передачи зубчатые цилиндрические. Допуски. М., Издательство стандартов, 1989. 68 с.
- 2. ISO 1328-1:1995, Cylindrical gears ISO system of accuracy Part 1: Definitions and allowable values of deviations relevant to corresponding flanks of gear teeth.
- 3. ISO 1328-2:1997, Cylindrical gears ISO system of accuracy Part 2: Definitions and allowable values of deviations relevant to radial composite deviations and runout information.
- 4. Тищенко О.Ф., Валединский А.С. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения. М., «Машиностроение», 1977. 357 с., ил.
- 5. Тимофеев Б.П. Стандартизация параметров точности зубчатых колес и передач. // Актуальные задачи машиноведения, деталей машин и триботехники: труды Международной научно-технической конференции, 27-28 апреля 2010 г. / Балт. Гос. Техн. Ун-т. СПб., 2010. с. 10-14.
- 6. Тимофеев Б.П., Абрамчук М.В. Сравнение табличных значений параметров точности зубчатых колес и передач в стандартах: ISO 1328 и ГОСТ 1643–81. Теория механизмов и машин. №1(9). Том 5. СПб: СПбГПУ, 2007. с. 60–70.
- 7. Тимофеев Б.П., Абрамчук М.В. Формирование отечественных стандартов качества зубчатых колес и передач, не противоречащих рекомендациям ISO. Научно-технический вестник СПбГУ ИТМО. Выпуск 48. МЕХАТРОНИКА, ТЕХНОЛОГИИ, СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ. / Главный редактор д.т.н., проф. В.О. Никифоров. СПб: СПбГУ ИТМО, 2008. с. 172–178.
- 8. ISO/TR 10064–2:1996. Cylindrical gears. Code of inspection practice. Part 2. Inspection related to radial composite deviations, runout, tooth thickness and backlash.
- 9. ISO/TR 10064–2:1996/Cor.1:2001. Cylindrical gears. Code of inspection practice. Part 2. Inspection related to radial composite deviations, runout, tooth thickness and backlash. Technical Corrigendum 1.
- 10.Тимофеев Б.П., Шалобаев Е.В. Состояние и перспективы нормирования точности зубчатых колёс и передач. Вестник Машиностроения. № 12, 1990. с. 34—36.

УЛК 519.8

ПРИМЕНЕНИЕ ВЕРОЯТНОСТНОГО ПОДХОДА В ЗАДАЧЕ МОЛЕЛИРОВАНИЯ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЛЕСНОГО ПОЖАРА

С.А. Астафьев

Научный руководитель д.т.н., проф. В.М. Мусалимов

В статье приведено описание разработанного макета программы, предназначенной для моделирования процесса распространения лесного пожара на основе аэрофотоснимков, получаемых при беспилотном наблюдении за местностью. В программе использован перколяционный подход к прогнозированию, учитывающий влияния вероятности распространения огня в заданном направлении.

Ключевые слова: лесной пожар, перколяция, вероятность, программа, моделирование

Введение

Проблема лесных пожаров (ЛП) является очень актуальной для России. В РФ лесной фонд занимает примерно 70% всех земель. В борьбе с пожарами важную роль играет их раннее обнаружение и прогнозирование распространения.

Наблюдение с воздуха при использовании беспилотных летательных аппаратов дает возможность в короткие сроки охватить значительные территории, предоставляет актуальную информацию о расположении возможных и действительных очагов возгорания.

Целью работы является разработка программы для моделирования процесса распространения лесного пожара от очага возгорания с течением времени, на основе информации о скорости и направлении ветра и данных, полученных по результатам обработки аэрофотоснимков местности.

Программно-аппаратный комплекс мониторинга и прогнозирования ЛП, в составе которого может быть использована программа, должен применяться в подразделениях МЧС с целью экстренного планирования оптимальных мероприятий по ликвидации пожара по итогам прогнозирования изменений контура возгорания и площади пожара.

Теоретическая часть

При разработке модели распространения лесного пожара были применены положения традиционной методики МЧС, в которой для оценки состояния пожарной опасности погодных условий в лесах используется комплексный показатель, учитывающий основные факторы, влияющие на пожарную опасность.

Комплексный показатель определяется по формуле:

$$K = \sum_{1}^{n} (T_0 - \tau) \cdot T_0 ,$$

где T_0 – температура воздуха на 12 час по местному времени;

т – точка росы на 12 час. (дефицит влажности);

n — число дней после последнего дождя.

В зависимости от значения K выбирается один из пяти классов пожарной опасности погоды [1].

Характер распространения ЛП в направлениях фронта, тыла и флангов в достаточной степени изучен, и соответствующие скорости распространения огня можно получить из «методики». Эти скорости определяются исходя из статистических данных лесных хозяйств России за определенный промежуток времени по известной скорости ветра и прочим показателям.

- В результате обработки аэрофотоснимка местности возможно следующее:
 - разбиение аэрофотоснимка на отдельные зоны (ячейки);
- определение индивидуальных характеристик каждой ячейки (цветность, яркость и проч.). Применение алгоритма обработки изображения с цветовым распознаванием в RGB пространстве. Важной особенностью для выделения огня на фоне других близких по цвету объектов являются его динамические характеристики. Для решения задачи фильтрации по временному изменению интенсивности, необходимо перейти к цветовому пространству HSV (тон, насыщенность, яркость);
- сопоставление характеристик ячеек с вероятностью распространения огня через них (например, синий цвет воды 0%, желтая листва 60% и т.п.) получение образа перколяционной решетки (матрицы показателей вероятностей распространения пожара). Подобную матрицу при условии ее координатной привязки к аэрофотоснимку в дальнейшем возможно использовать при определении скоростей распространения кромок пожара в различных направлениях.

Термин перколяция изначально использовался для противопоставления диффузии — в случае перколяции речь идет о регулярном движении (например, течении жидкости, или распространении огня) в случайной среде. Теория перколяции находит применение в следующих задачах: описание процесса полимеризации — образования геля; распространение эпидемий; описание процесса распространения пожара (задача связей) [2].

Описание макета программы

Макет программы для моделирования процесса распространения ЛП разработан в пакете MatLab, т.к. данный программный пакет ориентирован на работу с матрицами.

Блок-схема разработанной программы представлена на рис. 1.

Исходными данными для моделирования являются: скорость ветра и направление ветра относительно условного «нулевого» направления, связанного с геопривязанным аэрофотоснимком, вид пожара (низовой или

верховой), класс горимости (преимущественно хвойный лес, либо лиственный), класс пожарной опасности погоды, рассчитанный по «методике», масштаб ячейки, используемой в модели, тестовая матрица вероятностей распространения огня, координаты очага возгорания, длительность времени прогноза.

В разработанной программе определяются скорости распространения фронта (V_{Φ}) , флангов $(V_{\Phi/I})$ и тыла (V_T) пожара в зависимости от скорости ветра (V_B) , класса горимости насаждений и класса пожарной опасности погоды для низового и верхового пожаров на основе зависимостей, приведенных в «методике» МЧС.

Далее определяются скорости распространения пожара в стандартно ориентированных направлениях.

Перколяционный подход к прогнозированию распространения пожара состоит в вычислении матриц скоростей распространения пожара в направлении 0, 45, 90, 135, 180, 225, 270 и 315 градусов с учетом влияния вероятности распространения огня в заданном направлении. Данный подход основан на поэлементном перемножении матриц скоростей и матрицы вероятностей распространения огня, смещенной на одну ячейку в одном из заданных 8-ми направлений.

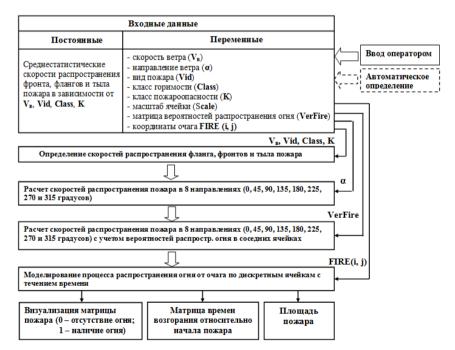


Рисунок 1 - Схема макета программы

Выходными данными программы являются: визуализированная матрица пожара (0 — отсутствие огня; 1 — наличие огня), матрица времен возгорания отдельных ячеек относительно времени начала пожара (c), площадь пожара (\mathbf{m}^2) — произведение количества ячеек, охваченных огнем, на квадрат масштабного коэффициента, равного стороне ячейки.

Результат моделирования процесса распространения низового пожара при масштабном коэффициенте $30\,\mathrm{M}$, скорости ветра $6\,\mathrm{M/c}$ в направлении 100° относительно условного «нулевого» направления, для леса I класса горимости и III класса пожарной опасности погоды через 2, 3 и 4 часа после возгорания представлен на рис. 2.

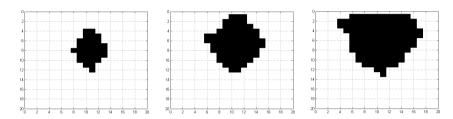


Рисунок 2 - Результат моделирования процесса распространения пожара при скорости ветра 6 м/с через 2, 3 и 4 часа после возгорания

Заключение

Разработан макет программы для моделирования процесса распространения ЛП от очага возгорания с применением методики МЧС и вероятностного подхода.

Применение теории перколяции в процессе моделирования распространения ЛП позволяет учесть неоднородность местности. В случае наличия на пути пожара таких объектов, как реки, озера, дороги, просеки, противопожарные рвы, болота и т.п., скорость продвижения пожара в заданном направлении может значительно отличаться от среднестатистической, тем самым формируя индивидуальную форму кромки пожара.

При использовании полученной матрицы пожара в качестве одного из слоев в геоинформационной системе возможно получить картину пожара с учетом пространственной привязки к ортофотоплану местности.

- 1. Шахраманьян М.А., Нигметов Г.М. Методика оперативной оценки последствий лесных пожаров. М.: ВНИИ ГОиЧС, 2001. 32 с.
- 2. Тарасевич Ю.Ю., Перколяция: теория, приложения, алгоритмы: Учебное пособие. М.: Едиториал УРСС, 2002. 112 с.

ПАРАМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

В.С. Бабанин

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

В статье рассматриваются возможности проектирование параметрических моделей деталей в среде CAD-систем. Представлен макрос, позволяющий разрабатывать параметрические модели в системе CATIA V5. Описан способ переноса информации о параметрической модели из CAD-системы в систему автоматизированного проектирования технологических процессов в виде XML-документа.

Ключевые слова: конструктивный элемент, параметрическая модель детали, комплексный элемент, трехмерная аннотация, XML-документ.

Введение

В автоматизированной системе технологической подготовки производства (АСТПП) информация о деталях может быть выражена в виде графических или параметрических моделей. Графические модели образуются при конструировании детали с САD - систем. В АСТПП эти модели используются при проектировании операционных заготовок и для разработки управляющих программ обработки этих заготовок. Параметрические модели необходимы для проектирования технологических процессов [4].

Одной из важнейших задач, связанных с повышением уровня автоматизации автоматизированного систем проектирования технологических процессов (САПР ТП), является задача интеграции САПР ТП с CAD - системой, в среде которой создается 3D модель детали. Сложность задачи вызвана сложностью распознавания конструктивных элементов (КЭ), 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 [1]. Ввод в САПР ТП информации о КЭ детали позволяет использовать типовые планы обработки (ТПО) для этих КЭ и, следовательно, автоматически определять содержание технологических переходов. Использование ТПО позволяет на 30-40% уменьшить трудоемкость проектирования технологии изготовления деталей приборов и машин [5].

Система описания комплексных элементов

Один из возможных подходов заключается в параметрическом моделировании деталей. В этом случае создается параметрическая модель детали (ПМД), содержащая её описание, включая КЭ детали. На базе такого подхода в системе CATIA V5 был разработан макрос, который

позволяет выражать параметрические модели деталей в виде иерархии фреймов с любой степенью детализации. Синтаксически ПМД представляет собой XML — документ, хранение которого может выполняться в удаленной базе знаний. Работа с макросом заключается в проектировании конструктором ПМД с помощью комплексных элементов. В ПМД вводится информация об общих характеристиках детали, о заготовке, о наличии покрытий, термообработке и т. д [4].

Параметрическая модель детали — это описание детали на языке текстового типа, отражающее деталь как иерархическую систему фреймов. С точки зрения системного подхода деталь, как система, должна иметь элементы и связи между ними. На рис. 1 представлена структура фреймов, используемая для описания ПМД.

На первом уровне задается имя детали. Второй уровень предназначен для описания общих характеристик деталей, элементов, которые выделены у детали и связей между ними. На 3 уровне дается конкретное описание детали (обозначение, конфигурация, заготовка), подробно описываются все элементы, выделенные у детали и связи между этими элементами.

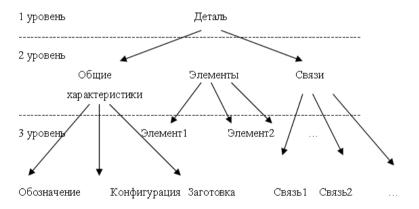


Рисунок 1 - Структура детали представляется в виде иерархической структуры фреймов

Макрос для формирования параметрической модели детали

В настоящее время конструирование изделий основано на создании 3D моделей сборочных единиц и деталей [2]. Поэтому поставлена актуальная задача совмещения процесса создания 3D моделей деталей и получения параметрических моделей деталей. В качестве CAD - системы была выбрана CATIA V5, как система высокого уровня, обладающая большим набором функциональных возможностей, необходимых для

решения поставленной задачи. В частности в CATIA V5 имеется развитая система программирования, позволяющая разрабатывать макросы для формирования параметрической модели детали [5].

В первую очередь в рамках САТІА V5 была создана библиотека комплексных элементов, взятых из системы «ТИС-Деталь». Комплексный элемент - это конструктивный элемент, форма которого в определённых пределах зависит от параметров элемента.

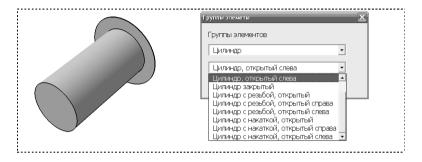


Рисунок 2 - Комплексный элемент "Цилиндр, открытый слева"

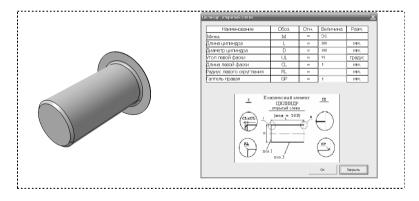


Рисунок 3 - Окно редактирования после ввода параметров комплексного элемента

Рассмотрим работу макроса на примере для цилиндра, открытого слева. В рабочем окне макроса в выпадающем списке выбираем необходимую группу элементов, в нашем случае это цилиндр. Далее из второго выпадающего списка выбираем тип элемента – цилиндр, открытый слева (рис. 2). После выбора типа элемента на экран выводится модель элемента и форма, в которой пользователь может задавать значения необходимых параметров (рис. 3). Здесь же для удобства располагается

схематическое изображение элемента. Для каждого параметра, кроме номинального значения, может быть введена точность размера.

При нажатии на клавишу «Ок» все введённые изменения отражаются на модели. Для окончания работы с макросом нажимаем клавишу «Закрыть».

Кроме в разработанном макросе существует возможность ввода информация о заготовке, о наличии покрытий, о термообработке и т. д. При необходимости эта информация может быть выведена на экран в виде аннотаций. Пример комплексного элемента с аннотациями приведен на рис. 4.

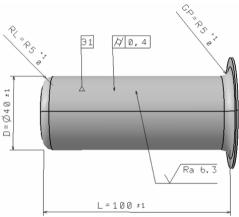


Рисунок 4 - Комплексный элемент с аннотациями

С системных позиций деталь представляет собой иерархический объект с переменной структурой. Поэтому параметрическая модель детали может быть выражена как иерархия фреймов, слоты которых отражают параметры детали. Фреймовый подход позволяет описывать ПМД с любой необходимой степенью её детализации. Формой выражения фреймов выбран XML — формат, как удобный для передачи и обработки информации при решении технологических задач. В качестве примера на рис. 5 приведена запись двух слотов, выражающих параметры L и D для цилиндра, показанного на рис. 4.

После завершения конструирования детали графическая и параметрическая модель (в виде XML – документа) могут быть зарегистрированы в PDM системе «SMARTEAM» и сохранены в её электронном архиве. Перед записью в архив ПМД сжимается. Для этого с помощью словаря метаданных из слотов удаляются атрибуты параметров и заменяются системным обозначением параметра [4].

```
<par> <lev1>3</lev1> <lev2>31</lev2> <lev3>102</lev3>
<name>Длина цилиндра</name>
<oboz>L</oboz>
<otn>=</otn>
<vel>100</vel>
<razm>мм</razm>
</par>
<par> <lev1>3</lev1> <lev2>31</lev2> <lev3>102</lev3>
<name>Диаметр цилиндра</name>
<oboz>D</oboz>
<otn>=</otn>
<vel>400</vel>
<razm>мм</razm>
</par>
</par>
```

Рисунок 5 - Фрагмент XML-документа с параметрами КЭ "цилиндр открытый слева"

Заключение

Совместное использование разработанного в системе САТІА V5 макроса и системы «ТИС-Процесс» дает возможность для каждого КЭ выбирать из базы знаний их типовые планы обработки и, следовательно, автоматически определять те технологические переходы, которые необходимы для получения заданного конструктивного элемента, и применяемый инструмент.

В результате проведенных исследований можно сделать вывод о возможности создания ПМД непосредственно в среде CAD-системы и использования параметрической модели (в виде XML-документа) для интеграции САПР ТП с CAD – системой. В дальнейшем предполагается провести комплекс исследований, аналогичный выше рассмотренным, применительно к операционным заготовкам.

- 1. ГОСТ Р ИСО 10303-1-99 "Системы автоматизированного производства и их интеграция. Представление данных об изделии и обмен этими данными" действителен с 22.09.1999.
- 2. Куликов Д.Д., Комисаренко А.Л. Создание 3D-аннотаций на виртуальной модели изделия // Методические рекомендации по лабораторному практикуму, СПб.: СПбГУ ИТМО, 2008. -19 с.
- 3. Куликов Д.Д., Гусельников В.С., Бабанин В.С., Шувал-Сергеев Н.А. Проектирование операционных заготовок в среде САD-систем // Методическое пособие, СПб.: СПбГУ ИТМО, 2009. -66 с.
- 4. Куликов Д.Д, Яблочников Е.И., Бабанин В.С. «Интеллектуальные программные комплексы для технической и технологической подготовки производства» / Часть 7. Системы проектирования технологических процессов / Учебно-методическое пособие. СПб: СПбГУ ИТМО, 2012. 136 с.
- 5. Куликов Д.Д., Бабанин В.С., Создание параметрической модели детали в среде CAD-системы// Научно-технический вестник СПбГУ ИТМО, СПб.: СПбГУ ИТМО, 2011.

ФРАКТАЛИЗАЦИЯ ОДНОМЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ

А.А. Виноградова, У.С. Мазурова

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

В статье показана проблема анализа и обработки границ объектов на изображениях. Так как все изображения имеют дробную структуру, необходимо при их исследовании использовать фрактальные образы. С помощью фрактальной генерации одномерных объектов можно исследовать количественные оценки качества границ объектов на изображении. В статье представлена генерация Коха для одномерных объектов.

Ключевые слова: фрактал, фрактальная размерность, генератор Коха, границы пожара.

Ввеление

Одна из проблем цифровой обработки изображений — это решение задач, связанных с машинным восприятием. Типичными задачами машинного восприятия, в которых интенсивно используются методы обработки изображений, являются автоматическое распознавание символов, системы машинного зрения для автоматизации сборки и контроля продукции.

В промышленной сфере машинного зрения для автоматизации сборки и контроля продукции возникает вопрос о качестве и четкости изображения. Задача любой оптической системы заключается в создании резкого, чистого изображения, свободного от шумов и искажений. Развитые сегодня методы цифровой обработки изображений, как для бесконтактных оптических измерений, так и для тепловизионных датчиков, нуждаются в усовершенствовании. В нынешнее время существуют различные виды программ для обработки изображения [1]. В основном это потребительские пакеты, которые имеют качественные оценки обработки изображения. Необходимо же вычислить количественные оценки качества обработки изображения. Проблеме количественной оценки качества изображений были посвящены работы Воронцова Е.А.[2], Орлова С.В.[3], оценки были проведены с помощью «норм матриц». Но исследования не были проработаны окончательно, в них не использовалась дробная геометрия.

В последние годы в математике все больше внимания уделяется нерегулярным, негладким функциям, к которым малоприменимы методы классических вычислений. Такие функции и множества позволяют получить лучшее представление о многих естественных процессах. Такие нерегулярные множества изучает фрактальная геометрия.

Все изображения и сигналы имеют дробную структуру, поэтому необходимо использовать фрактальные оценки качества изображений.

Фракталы и мультифракталы

Фракталами называются геометрические объекты: линии, поверхности, пространственные тела, имеющие сильно изрезанную форму и обладающие свойством самоподобия. Т.е. это фигура, в которой один и тот же фрагмент повторяется при каждом увеличении или уменьшении масштаба [5].

Для количественного описания фракталов достаточно одной величины – размерности Хаусдорфа или показателя скейлинга, описывающего сохраняемость геометрии или статистических характеристик при изменении масштаба.

Мандельброт дал более строгое, чем приведенное выше, определение фрактала. Согласно определению фрактал представляет собой объект, размерность Хаусдорфа-Безиковича которого больше его топологической размерности (0 – для россыпи точек, 1 – для кривой, 2 – для поверхности и т.д.).

Формулу можно представить в виде

$$D = -\lim_{l \to 0} \frac{\ln N(l)}{\ln l} \tag{1}$$

Это и служит общим определением фрактальной размерности. В соответствии с ним величина D является локальной характеристикой данного объекта.

В качестве примера регулярного фрактала приведем кривую Коха. Кривая Коха (или генератор Коха) (рис. 1) один из самых типичных детерминированных фракталов. Она была изобретена в девятнадцатом веке немецким математиком по имени Хельге фон Кох, который, изучая работы Георга Кантора и Карла Вейерштрассе, натолкнулся на описания некоторых странных кривых с необычным поведением.

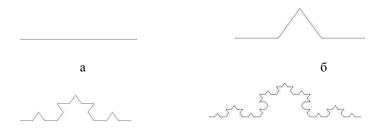


Рисунок 1 - Построение кривой Коха.

Стандартный метод мультифрактального анализа основан на рассмотрении *обобщенной статистической суммы* $Z(q,\epsilon)$, в которой показатель степени может принимать любые значения в интервале - ∞ <q<+ ∞ :

$$Z(q,\varepsilon) = \sum_{i=1}^{N(\varepsilon)} p_i^q(\varepsilon)$$
(2)

Спектр обобщенных фрактальных размерностей D_q , характеризующих данное распределение точек в области ζ , определяется с помощью соотношения

$$D_q = \frac{\tau(q)}{q - 1} \tag{3}$$

где нелинейная функция т(q) (скейлинговая экспонента) имеет вид

$$\tau(q) = \lim_{\varepsilon \to 0} \frac{\ln(Z(q,\varepsilon))}{\ln \varepsilon} \tag{4}$$

Если функция D_q как-то меняется с q, то рассматриваемое множество точек является мультифракталом.

Таким образом, мультифрактал в общем случае характеризуется скейлинговой экспонентой $\tau(q)$, определяющей поведение статистической суммы $Z(q,\epsilon)$ при $\epsilon \to 0$.

При $q \to +\infty$ основной вклад в обобщенную статистическую сумму (4) вносят ячейки, содержащие наибольшее число частиц n_i в них и, следовательно, характеризующиеся наибольшей вероятностью их заполнения p_i . Наоборот, при $q \to -\infty$ основной вклад в сумму дают самые разреженные ячейки с малыми значениями заполнения p_i . Таким образом, функция D_q показывает, насколько неоднородным является исследуемое множество точек ζ [6].

Фрактальные свойства границ

Известно, что фракталы активно используются для описания природных объектов. В частности, сейчас очевидными являются фрактальные свойства лесных пожаров, это вытекает из тесной аналогии фронта горения (рис. 2) и береговой линии. Фрактальный характер свойства береговой линии рассмотрен подробно в работах Мандельброта Б [5].

Длина фрактальной кривой L существенно зависит от масштаба: $L = L_0 \left(\frac{l}{z}\right)^{D-1}$. Здесь D — значение фрактальной размерности; L_0 — значение L

для гладкой кривой (D=1). В нашем случае $z = \frac{h}{h_{\min}}$, где h — размер зоны

горения; h_{min} — минимальное расстояние между фрагментами в зоне горения. Величина h имеет порядок размера участка выгоревшего леса, h_{min} — порядок характерного расстояния между деревьями и кустарниками горящего леса. Значение D можно оценить по измерению фрактальной размерности участка леса до возгорания по данным аэрофотосъемки. Как фрактальная размерность фронта горения, так и фрактальная размерность изображения участка леса на снимке определяются геометрией расположения его деревьев и кустов, поэтому вполне разумно считать их значения достаточно близкими.



Рисунок 2 - Фронт горения лесного пожара.

При изучении границ на изображении существует проблема создания фрактальных образов одномерных объектов (эллипсы, углы, окружности, синусоиды, протяженные замкнутые и угловые).

Используя кривую Коха, рассмотренную выше, можно сгенерировать одномерные объекты для дальнейшего исследования точности границ изображений. Ниже приведены примеры генерации фрактала на основе некоторых одномерных объектов (рис.3): окружности, угла, экспоненты, эллипса, синусоиды, параболы, гиперболы. Генерация производилась в программной среде МАТLAB [7].

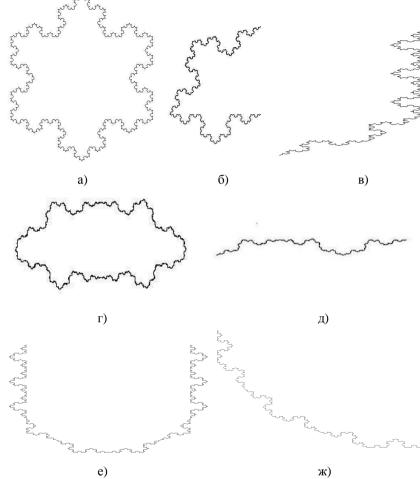


Рисунок 3 - Фрактал Коха на гладких одномерных линиях: а) окружность; б) угол; в) экспонента; г) эллипс; д) синусоида; е) парабола; ж) гипербола.

Таблица 1 - Фрактальная размерность объектов

Вид	Фрактальная
кривой	размерность
Окруж	1,42
ность	
Угол	1,28
Экспон	1,33
ента	
Эллипс	1,35
Синусо	1,32
ида	
Парабо	1,31
ла	
Гиперб	1,21
ола	

Заключение

Генерация одномерных объектов может использоваться при исследовании границ объекта на изображениях, в том числе границ фронта горения лесного пожара, объектов, полученных теневым способом измерений, границ береговых линий. Однако, для обеспечения возможности применения фрактальных исследований в данной области необходимо организовать процесс генерации таким образом, чтобы фрактал распределялся только по внешней границе объекта (например, по границе распространения пожара).

- 1. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. Москва: Техносфера, 2005. 1072с.
- 2. Воронцов Е.А. Методы, алгоритмы и технические средства оперативной оценки качества изображений: Автореф.дис. канд. техн. наук.—СПб,2006.—24 с.
- 3. Орлов С.В. Циклическое ударно-фрикционное взаимодействие чеканного инструмента с монетной заготовкой: Автореф.дис. канд. техн. наук. СПб. 2007.–20 с.
- 4. Виноградова А.А., Коваленко П.П., Польте Г.А. (Недоцука)./ Вейвлет-фрактальная обработка изображений Сборник трудов VI Всероссийской межвузовской конференции молодых ученых. Выпуск 4.- СПБ.: СПбГУ ИТМО, 2009.С. 72–76.;

- Мандельброт Б. Фрактальная геометрия природы. Москва 2002г. 584с.
- 6. Яне Б./ Цифровая обработка изображений. Москва: Техносфера. 2007г.
- 7. Мазурова У.С./Фрактализация гладких одномерных линий. Сборник тезисов докладов Конгресса молодых ученых, Выпуск 2. СПБ.: НИУ ИТМО, 2012. С. 320–321.

УЛК 681.2:519.763

АВТОМАТИЗАЦИЯ ВЫБОРА ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ИНСТРУМЕНТА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОПЕССОВ

Н.В. Голодный

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

В статье рассматривается способ кодирования информации о размерах. Описывается процесс назначения измерительного инструмента на основании информации о размере. Также рассматривается возможность применения параметрической модели для осуществления выбора инструмента на заключительном этапе.

Ключевые слова: инструмент, САПР ТП, параметрическая модель.

Введение

Развитие технических средств, ведущее к усложнению процесса проектирования, требует от инженеров и конструкторов решения всё более сложных задач, а соответственно, и больших временных затрат. Идет процесс усложнения деталей, повышения точностных характеристик изделий, направленный на улучшение параметров надежности и долговечности. Параллельно с этим ужесточаются временные рамки выхода продукта на рынок.

Решить эти задачи позволяет комплексная автоматизация технической и технологической подготовки производства.

В НИУ ИТМО на кафедре технологии приборостроения ведутся разработки различных проектов, способствующих автоматизации производства. Продолжает совершенствоваться и развиваться технологическая интегрированная среда («ТИС»). «ТИС» - это комплекс программных средств для создания банков данных и знаний технологического назначения и решения задач технологической подготовки производства в машино- и приборостроении. В рамках развития этой системы разрабатывается модуль выбора специального измерительного инструмента. Решение этой задачи представляет практическую ценность, так как автоматический выбор инструмента сокращает время проектирования технологического процесса. А при выборе инструмента, как для обработки, так и для измерения, предпочтительнее выбирать специальный, поскольку его использование повышает производительность процесса по сравнению с универсальным.

Представление информации о размере в виде кода

Рассмотрим методику назначения измерительных средств. Под термином «средства измерения или измерительные средства» будем

понимать средства измерения (СИ) линейных, угловых и других размеров, включая механические, оптические и электронные приборы и системы, а также универсальный, стандартный и специальный измерительный инструмент. Технологические (операционные) размеры проставляются в операционном эскизе и (или) при записи содержания перехода в технологической карте. Эти размеры определяют обычно на основе расчета размерных цепей. Рассчитанная номинальная величина технологического размера часто получается нестандартной, обычно отсутствует в предпочтительном ряде чисел и не относится к дополнительным линейным размерам. Это обстоятельство уменьшает вероятность нахождения стандартного инструмента и осложняет поиск средств измерений.

В отличие от режущего инструмента наиболее важной информацией, необходимой для выбора средств измерения, являются характеристики измеряемого операционного размера. В качестве главных характеристик выбраны: класс, подкласс и вид размера, выраженные как четырехзначный код размера.

Для линейных и угловых размеров вид измеряемого размера определяется на основе анализа его размерной линий (РЛ). Введены понятия "начало размерной линии" и "конец размерной линии". Если размерная линия расположена на чертеже горизонтально, то начало РЛ соответствует левому концу, а конец РЛ - правому концу размерной линии. Если размерная линия расположена на чертеже вертикально, то начало РЛ соответствует нижнему концу, а конец РЛ - верхнему концу размерной линии. Код размера для указанных случаев выглядит следующим образом:

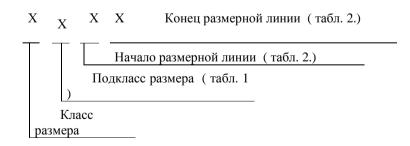


Таблица 1 - Кодирование вида размера

Наименование разме	epa	Код
П	Наружный	1
Диаметральный	Внутренний	2
	Наружный	3
Линейный	Внутренний	4
	Смешанный	5
Радиусный		6
Угловой		7
Параметры резьбы		8
Отклонения от формы и взаимного рас	9	
Параметры зубчатого и других зацеплений		0

Таблица 2 - Кодирование линейных размеров для цилиндрических поверхностей

Начало размерной линии	Конец размерной линии	Код
L L	L L	1
	L L	2
L L	L L	3
L L		4
		5

L – измеряемый размер

Для рассматриваемого размера l (рис 1) код размера – 0314.

Код означает, что данный размер является:

-операционным (первая цифра -0);

–линейным наружным (вторая цифра – 3, см. табл. 1.);

левый край – торец (третья цифра – 1, см. табл. 2., рис. 1.а.);

-правый край – уступ (четвертая цифра – 4, см. табл. 2., рис. 1.б.).

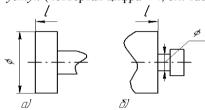


Рисунок 1 - Пример кодирования информации о размере

Этапы назначения средств измерения

Первый этап назначения средств измерения

Исходя из общей методики поиска технологического оснащения, на первом этапе выполняется выбор вида средств измерения. Принятие решения осуществляется на основе соответствия:

$$\Gamma_{\text{и},1} = < G_{\text{и},1}$$
 , V_1 , $R_1 >$, где:

 $G_{u,1}$ - график соответствия, $G_{u,1} = \{ \langle v_{1,i}, r_{1,j} \rangle \};$

 V_1 - множество входных элементов, V_1 = { $v_{1,i}$ } , i=1, n_1 ;

 R_1 – множество решений, R_1 = { $r_{1,j}$ }, j=1, m_1 .

Входной элемент содержит параметры:

 $v_{1,i} = < kr, \, nr, \, tr, \, p >; \,$ где:

kr - код размера;

nr - номинальная величина размера;

tr - точность размера;

р - размер годовой программы выпуска или размер партии.

Таким образом, кроме параметров измеряемого операционного размера, для выбора вида СИ используется и размер партии, так как чем выше размер партии, тем более производительным должен быть контроль размера, иначе стоимость перехода будет недопустимо большой.

Выходной элемент содержит параметры:

$$r_{1,i} = \{nv, kv, sv, anv, mv\};$$

где:

nv - номер вида СИ;

kv - код вида СИ;

sv - приоритет для СИ;

anv - адрес набора данных с типоразмерами СИ;

mv - полное наименование вида СИ.

Приоритет назначается в зависимости от производительности инструмента. У специального инструмента приоритет выше, чем у универсального.

Принятие решения интерпретируется как получение образа входного множества $\{v_1\}$ относительно соответствия $\Gamma_{u,1}$:

$$MR_1 = \Gamma_{u,1}(\{v_1\}).$$

Множество MR_1 может содержать несколько решений: $MR_1 = \{r_{1,K}\}$. Из этого множества выбирают вид средства измерения с наибольшим приоритетом:

$$MR_1 \rightarrow r_{1, p}$$
, при $max(sv_{1, p})$.

Таким образом, на первом этапе находятся код и наименование вида СИ, а также адрес набора данных с типоразмерами СИ.

Второй этап назначения средств измерения

На первом этапе определен адрес \mathbf{anv}_p набора данных, в котором необходимо найти нужный (экземпляр) типоразмер инструмента. Принятие решений на втором этапе можно выразить следующим образом:

$$\begin{split} &\Gamma_{\text{\tiny M},2}\!=<\!G_{\text{\tiny M},2},\,V_2\,,\,R_2\!>;\\ &V_2=\{\;v_{2,i}\;\},\;i\!=\!1,\,n_2;\\ &R_2=\{\;r_2\,,_j\;\},\;j\!=\!1,\,m_2; \end{split}$$

$$MR_2 = \Gamma_{u,2} (\{v_{u,i}\});$$

 $MR_2 = \{r_{2k}\}; i=1, n_k;$

$$r_{2k} = \langle p_1, ..., p_t, mt, st \rangle;$$

гле

n_k - количество найденных типоразмеров СИ;

r_{2,k} - k -ый найденный типоразмер СИ;

 $p_1, ..., p_t$ - параметры найденного типоразмера;

mt - наименование найденного типоразмера;

st - приоритет найденного типоразмера.

Если найдено несколько типоразмеров ($n_k>0$), то выбирается типоразмер с наибольшим приоритетом:

$$MR_2 \rightarrow r_{2,\,k}$$
, при $max(st_{2,\,k})$.

Наименование mt найденного типоразмера заносится технологическую карту.

Если поиск типоразмера закончился неудачно ($n_k=0$), то либо составляется задание на проектирование и изготовление специального инструмента, либо при малой партии изготавливаемых деталей выполняется поиск универсальных средств измерений (инструмента, приспособлений, приборов).

Третий этап назначения средств измерения

На третьем этапе выбранный инструмент надо проверить на возможность использования в конкретных условиях. Иначе говоря, необходимо проверить найденное СИ по тем параметрам, которые не участвовали при поиске типоразмера.

Например, при контроле диаметра выточки на торце можно использовать шаблон №22 со скругленными губками, показанный на рис. 2.

При этом для выбора этого шаблона необходимо выполнение следующих условий:

- 1. $D=d_1$ и класс точности инструмента совпадает с точностью измеряемого размера заготовки.
 - $2. \qquad A \ge d+1$
 - 3. $L \ge h + 2$
 - 4. $L_1 \ge h_1 + 1$

По этим условиям определяется возможность использования шаблона №22 для измерения d1 заготовки (рис. 3).

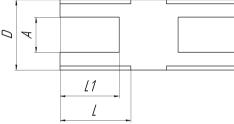


Рисунок 2 - Эскиз шаблона

При невыполнении какого-либо условия шаблон выбран не будет.

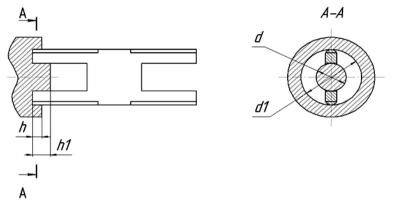


Рисунок 3 - Измерение размера

Условия поиска СИ в данном случае можно записать следующим образом:

$$(D = d1) \& (A >= d + 1) \& (L >= h + 2) \& (L_1 >= h_1 + 1);$$

где & - логическая связка "И".

Как видно из вышеприведенного, для корректного выбора инструмента необходимы данные о заготовке.

Применение параметрической модели для выбора СИ

В большинстве случаев работа систем, предназначенных для автоматизации выбора измерительного инструмента, сводится к простому поиску по параметрам. Способ, описываемый в статье, дополняет существующие методы, вводя в процесс выбора СИ новый этап, основанный на анализе параметрической модели операционной заготовки или летали.

Дополнительный этап отбора позволит учитывать не только характеристики самого размера, но и параметры всей заготовки/детали, что способствует исключению «ложных срабатываний», в случае, если форма заготовки/детали делает невозможным применение инструмента.

Заключение

Приведенная методика позволяет повысить формализацию задачи поиска измерительного инструмента до уровня, достаточного для автоматизации. Возможность кодирования размера в простой и логичной форме, позволяет на основе данных о заготовке создавать поисковые предписания.

Применение параметрической модели значительно повысит релевантность выбираемого инструмента, а также позволит отсеять все заведомо неверные варианты.

Назначение СИ требует создания и сопровождения развитой базы данных (знаний), а так же библиотеки с эскизами средств измерения. Создание такой базы является весьма трудоемким процессом, однако чем полнее база, тем быстрее выполняется назначение СИ и выше качество принимаемых решений.

- 1. Технологический классификатор деталей машиностроения и приборостроения. В 2 ч. М.: Изд-во стандартов, Ч.І, 1974. 168 с.: Ч. II, 1976.
- 2. Цветков В.Д. Системно-структурное моделирование и автоматизация проектирования технологических процессов. Издательство «Наука и техника», 1979. С. 264.
- 3. С-Пб НИУ ИТМО Электронные учебники системы ДО [Электронный ресурс] Куликов Д.Д. Конспект для студентов специальностей 22.03.00 (САПР), 19.10.01 (Технология приборостроения) Режим доступа: http://de.ifmo.ru/bk_netra/select.php, свободный
- 4. Технологическая подготовка гибких производственных систем. Митрофанов С.П., Куликов Д.Д., Миляев О.Н.,.Падун Б.С: Л.: Машиностроение, 1987. 352 с.

- 5. Митрофанов С. П., Гульнов Ю. А., Куликов Д. Д., Падун Б. С. Применение ЭВМ в технологической подготовке серийного производства. -М. Машиностроение, 1981. 286 с.
- 6. Куликов Д. Д., Падун Б. С., Яблочников Е. И.. Автоматизация проектирования технологических процессов. Учебное пособие. ЛИТМО. Л. 1984.

УДК 681.7.077.6

АНАЛИЗ КОЛЕБАНИЙ ШАГОВОГО ДВИГАТЕЛЯ В МЕХАНИЗМЕ ПОПЕРЕЧНОГО ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ПРИБОРА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ БАЛЛИСТИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ

Т.А. Додашвили

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

Прибор автоматизированной баллистической экспертизы представляет оптикомеханический блок. Колебания соизмеримые с разрешающей способностью прибора сказываются на скорости работы и качестве получаемых изображений объектов. Динамический анализ системы позволяет выявить слабые места системы и разработать комплекс технических решений по модернизации прибора.

Ключевые слова: колебания; шаговый двигатель; динамическая модель; баллистическая экспертиза

Введение

В современной мировой практике принято наличие небольших региональных центров баллистической экспертизы, вынужденных обрабатывать большие объемы поступающих улик. Основная задача разрабатываемого прибора — получение максимальной отдачи (качественных экспертиз в кратчайшие сроки) от пулегильзотеки. Очевидно, что суть решения лежит в автоматизации, и без привлечения современных технологий эту задачу не решить. Необходимый инструмент для решения — современная мощная компьютерная система, позволяющая автоматизировать всю технологическую цепочку трасологических исследований пуль, гильз и их фрагментов: от ввода информации и создания электронной базы данных, проверок и сравнительных исследований до получения экспертного заключения.

Баллистическая идентификационная система включает в себя три основных составляющих: систему анализа образцов, станцию сбора данных и экспертную рабочую станцию, объединенных в единую сеть. Само сканирующее устройство (станция сбора данных) предназначено для получения изображений цилиндрической поверхности пуль и дна гильз и для последующего их сохранения в памяти компьютера.

Изображения боковой поверхности цилиндрического объекта записывается «поясами», при его повороте вокруг своей оси. Изображение дна цилиндрического объекта записывается «слоями» при возвратно-поступательном сдвиге. По окончании записи одного «пояса» (или «слоя») оптическая система перемещается для записи следующего. Устройство снабжено системой автофокусировки, удобными съемными кассетами для установки исследуемых объектов, а также специальной системой осветителей для выявления микрорельефа поверхности.

Принимая во внимание то, что обычно одному эксперту приходится обрабатывать очень большое количество объектов, одной из наиболее важных характеристик при работе со сканером является время записи объектов (на данный момент составляет примерно 2 минуты). Была поставлена задача сокращения времени единичного поперечного перемещения сканируемого объекта (на данный момент составляет примерно 100–150 мс, из которых 50 мс это движение шагового двигателя, а 50–100 мс – задержка создаваемая микроконтроллером для затухания колебаний системы, в противном случае изображение получается сдвоенным или смазанным). Сам механизм представляет передачу шестерня – рейка, приводимую в движение шаговым двигателем.

Динамический анализ колебаний каретки после остановки двигателя

В ходе анализа механизма поперечного перемещения были выявлены основные причина колебаний системы: шаговый двигатель (модель представлена на рисунке 1) и стойки кассетоприемника.

Колебания шагового двигателя без учета прогиба балок

После остановки вся система по инерции заставляет колебаться шаговый двигатель.

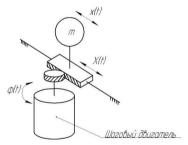


Рисунок 1 - Модель механизма поперечного перемещения

Зависимость момента создаваемого двигателем от угла поворота выражается формулой: $\mathbf{M} = -\mathbf{M}_{h} * \sin(\frac{\pi}{2\pi s} * \boldsymbol{\varphi}).$

Был произведен динамический анализ системы и смоделированы колебания непосредственно сканируемого объекта. Дифференциальное уравнение кинетостатики затухающих колебаний Д'Аламбера при постоянном моменте трения:

$$-M_h*\sin\!\left(\!\frac{\pi}{2*a}*\phi(t)\!\right) - M_{_{\mathrm{TP}}}*\mathrm{sgn}\dot{\phi} - \left(J_{_{\mathrm{perops}}} + m*\frac{D_{_{\mathrm{per}}}}{2}\right)*\ddot{\phi}(t) = 0.$$

График колебаний показан на рисунке 2.

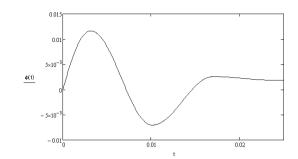


Рисунок 2 - Зависимость угла поворота ротора от времени

Колебания шагового двигателя с учетом прогиба балок кассетоприемника

Рассмотрим систему как колебания груза массы «m» соединенного с основанием упругим элементом с жесткостью «c» при колебаниях основания по закону $\phi(t)*D_{cp}/2$ (рисунок 3).

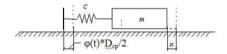


Рисунок 3 - Колебания тела при движении основания

Дифференциальное уравнение колебаний:

$$\ddot{x}(t)*m+c*x(t)-c*\phi(t)*\frac{D_{cp}}{2}-q*\phi(t)=0;$$

$$\dot{x}(0) = 0$$
; $x(0) = 6.2 * \frac{n_{cp}}{2} = 0.03162$.

Т.к. объект сканирования находится между основанием и концом балок – колебания нижней и верхней точки будут иметь вид:

$$\begin{split} X_{davers} &= \phi(t) * \frac{D_{gp}}{2} + \frac{\left(x(t) - \phi(t) * \frac{D_{gp}}{2}\right) * 0.022}{0.098}; \\ X_{up} &= \phi(t) * \frac{D_{gp}}{2} + \frac{\left(x(t) - \phi(t) * \frac{D_{gp}}{2}\right) * 0.048}{0.098}. \end{split}$$

График колебаний показан на рисунке 4.

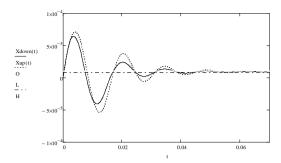


Рисунок 4 - Зависимость перемещения верхней и нижней точки объекта от времени

Расчет колебаний каретки с утолщенными балками

Наиболее простым и эффективным методом сокращения времени колебаний является изменение конструкции балок кассетоприемника (увеличение их жесткость в поперечном направлении). Дифференциальное уравнение будет иметь такой же вид, но другой коэффициент жесткости «с». График колебаний показан на рисунке 4.

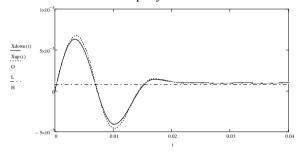


Рисунок 5 - Зависимость перемещения верхней и нижней точки объекта от времени

Заключение

Также был найден ещё более эффективный, но и более трудоемкий метод — замена передачи с рейка-шестеренка на передачу винт-гайка. Данная передача обладает эффектом самоторможения, но из-за более высокой редукции требует высокооборотного двигателя с системой управления, т.к. шаговый двигатель поддерживает высокий рабочий момент только на низких оборотах. По результатам проведенных исследований были разработаны новые конструкции и произведен их

динамический анализ. Для передачи винт-гайка на графиках зависимости линейных координат объекта от времени было видно сокращение времени единичном поперечного перемещении в 2 раза (со 100 мс до 50 мс).

Поставленная задача была успешно выполнена. Был разработан комплекс технических решений по модернизации прибора автоматизированной баллистической экспертизы, в результате сократилось время единичного шага механизма поперечного перемещения:

- для утолщенных балок на 29 мс;
- для механизма с передачей винт-гайка на 52,5 мс.

Данные результаты позволят сократить общее время записи объектов, что является одним из основных критериев производительности сканирующей системы.

- 1. Егоров О.Д., Подураев Ю.В. Конструирование мехатронных модулей. М.: Изд. МГТУ «Станкин», 2004.
- 2. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин. Изд. «Наука», 1975.
- 3. Явленский К.Н., Тимофеев Б.П. Справочник конструктора точного приборостроения. Изд. «Машиностроение», 1989.
- 4. Пановко Я.Г. Введение в теорию механических колебаний, 1991.
- 5. Стальмахов А.В. Судебная баллистика и судебно-баллистическая экспертиза, 1998.
- 6. Литвин Ф.Л. Проектирование механизмов и деталей приборов. Изд. «Машиностроение», 1973.

КОНТАКТНЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВУЮЩИХ СООСНЫХ ЦИЛИНДРОВ

Е.П. Дудьева

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

В работе рассматривается упругое взаимодействие двух соосных цилиндров. Приведено решение системы дифференциальных уравнений взаимодействующих стенок цилиндров при их перемещении относительно друг друга.

Ключевые слова: стержень, растяжение, напряжение, перемещение, граничные условия.

Введение

В технике приходится учитывать взаимодействие трущихся поверхностей, так как трение влияет не только на качество работы, но и на долговечность и надежность работающих механизмов. Особый интерес представляет собой упруго-фрикционное взаимодействие анизотропнх тел, имеющих спиралевидную структуру, так как у них наблюдается различие механических свойств в зависимости от направления. Примерами могут являться тросы, кабели, канаты и другие, подобные им тела. Износ и повреждение таких тел может привести к авариям, что сопровождается дорогостоящими разрушениям. Основными причинами повреждений являются механический и пластический износ, в результате трения волокон друг о друга или оболочку.

В работе рассматривается модель взаимодействия двух соосных цилиндров. Ко внешнему цилиндру прикладывается растягивающая нагрузка, под действием которой происходит удлинение стенок внешнего цилиндра. К внутреннему цилиндру прикладывается сжимающее усилие. При этом цилиндры взаимодействуют друг с другом за счет сил трения и сцепления (рис. 1). Требуется найти величину контактных напряжений, возникающих на поверхностях деформируемых стержней при трении.

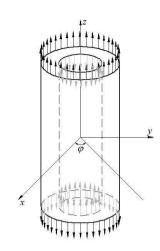


Рисунок 1 - Модель взаимодействия соосных цилиндров

Взаимодействие поверхностей цилиндров при трении описывается дифференциальными уравнениями теории упругости [1], [2]. При решении краевой задачи с учетом граничных условий будем исходить из следующей системы дифференциальных уравнений смешанного вида (1), выбрав за основные неизвестные функции u, v, σ_{xx} , σ_{xz} .

$$\frac{\partial}{\partial x} \begin{bmatrix} u \\ \sigma_{xx} \\ v \\ \sigma_{xz} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & -\frac{\partial}{\partial z} & \frac{1}{G} \\ \frac{2vG}{1-v}\beta\frac{\partial}{\partial z} & \frac{1-2v}{1-v}\beta & \frac{2G}{1-v}\beta^2 & -\frac{\partial}{\partial z} \\ -\frac{v}{1-v}\frac{\partial}{\partial z} & \frac{1-2v}{2(1-v)G} & -\frac{1}{1-v}\beta & 0 \\ -\frac{2G}{1-v}\frac{\partial^2}{\partial z^2} & -\frac{v}{1-v}\frac{\partial}{\partial z} & -\frac{2vG}{1-v}\beta\frac{\partial}{\partial z} & -\beta \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} u \\ \sigma_{xx} \\ v \\ \sigma_{xz} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 0 \\ x_y \\ 0 \\ x_z \end{bmatrix}$$
, (1)

где u, v – компоненты вектора перемещений соответственно вдоль осей z и x; σ_{xx} , σ_{xz} – контактные напряжения, возникающие на поверности цилиндра при деформации; G и v – соответственно модуль сдвига и коэффициент Пуассона; x_v, x_z – объемные силы; $\beta = 1/x$.

Применяя преобразование Фурье, придем к системе обыкновенных дифференциальных уравнений в пространстве изображений:

$$\frac{d}{dx}W(x) = \alpha(\lambda, x) \cdot W(x) - F(\lambda, x)$$

В соотношении приняты следующие обозначения:

$$W(x) = \begin{bmatrix} u \\ \sigma_{xx} \\ v \\ \sigma_{xz} \end{bmatrix}; F(\lambda, x) = \begin{bmatrix} \frac{0}{x_y} \\ \frac{0}{x_z} \end{bmatrix}; \alpha(\lambda, x) = \begin{bmatrix} 0 & 0 & -\frac{\partial}{\partial z} & \frac{1}{G} \\ \frac{2\nu G}{1 - \nu} \beta \frac{\partial}{\partial z} & \frac{1 - 2\nu}{1 - \nu} \beta & \frac{2G}{1 - \nu} \beta^2 & -\frac{\partial}{\partial z} \\ -\frac{\nu}{1 - \nu} \frac{\partial}{\partial z} & \frac{1 - 2\nu}{2(1 - \nu)G} & -\frac{1}{1 - \nu} \beta & 0 \\ -\frac{2G}{1 - \nu} \frac{\partial^2}{\partial z^2} & -\frac{\nu}{1 - \nu} \frac{\partial}{\partial z} & -\frac{2\nu G}{1 - \nu} \beta \frac{\partial}{\partial z} & -\beta \end{bmatrix}$$

Для решения данной системы уравнений была применена функция bvp4c программы matlab, что позволило получить графики зависимостей напряжений и перемещений (рис. 2).

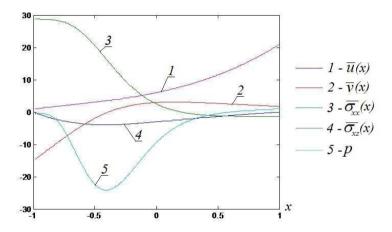


Рисунок 2 - Графики перемещений и напряжений

Так как в систему дифференциальных уравнений в явном виде входит зависимость $p=\partial/\partial z$, было введено дополнительное уравнение. Построены графики зависимостей напряжений и перемещений в зависимости от параметра p (рис. 3, 4).

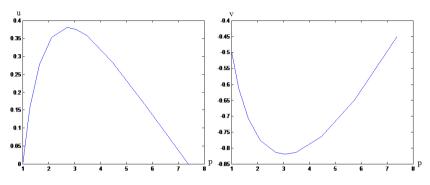


Рисунок 3 - графики перемещений u(p), v(p)

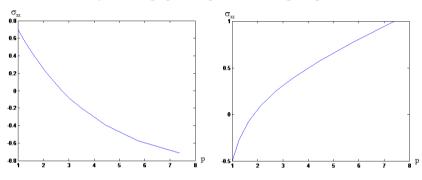


Рисунок 4 - графики напряжений $\sigma xx(p)$, $\sigma xz(p)$

При использовании функции ifourier программы matlab осуществляется переход из пространства изображений в пространство оригиналов.

- 1. Соломаха С. П. К анализу напряженного состояния соосных цилиндров при продольном взаимодействии. Сб. Устойчивость и прочность элементов конструкций. Изд-во Днепропетровского гос. университета. 1980. стр. 88—93.
- 2. Мусалимов В. М. Механика деформируемого кабеля. СПбГУ ИТМО, 2005 –203 с.

УЛК 621.31

РАЗРАБОТКА НЕЛИНЕЙНОЙ ПОЛИТРОННО – ФИЛЬТРУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ

М.И. Иващенко, А.Н. Реут

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

В свое время был разработан прибор «Политрон ЛФ-9П» А. И. Ставицким совместно с В. Н. Жуком, который использовался как нелинейный фильтр.

В статье рассмотрены: аналоговый метод обработки информации с помощью электронно-лучевой лампы политрон, его преимущества и описание электрической схемы подключения политрона к системе фильтрации.

Введение

В данной статье решался вопрос подключения напряжений на пластинах политрона ЛФ-9П. Был найден современный подход в решении вопроса компактности электронно-фильтрующей системы на двух платах. В тексте приведены результаты и примеры экспериментов по работе ЛФ-9П.

Полключение блока питания

По характеру источника питания предусмотрены три варианта "стационарный" (переменный ток: 220 В., 50 Гц.), "транспортный" (постоянный ток: 12 В.), "полевой" (постоянный ток: 9 В.).

Выходные параметры источника питания:

- 1) Анодное питание постоянное напряжение на двух плечах блока \pm 350 В относительно общей точки (). Сила тока в каждом плече до 0,015 A. (< 15 mA).
- 2) Накал переменный ток: напряжение 6.3 В., частота 50 Гц в двух изоли-рованных обмотках трансформатора, не связанных гальванически с общей точкой (). Сила тока в каждой обмотке 100 mA.
- 3) Питание постоянным током электронной аппаратуры подключения κ по-литрону: +5 B и + 12 B, а так же функциональные пластины + 8 B относительно обшей точки ().
- 4) Питание постоянным током крайних функциональных пластин -190 В..
 - 5) Источник синусоидального сигнала 18 К Гц с размахом 40 В.

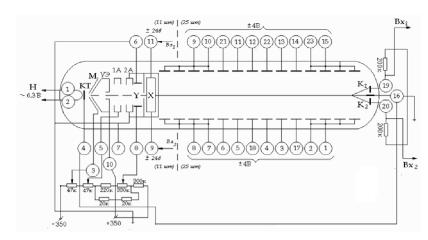


Рисунок 1 - Схема подключения политрона ЛФ-9П

Для решения задачи питания были использованы трансформаторы, диоды и стабилитроны, а для получения синусоидального сигнала – генераторно-мостовую схему Вина (рис. 1).

Таблица 1 - Настроечные параметры

			Гаолица 1 - Наст	роечные параметры
Поря	' '	Обозна	Назначение и	Допустимые
овые	_	ние	уровень настройки	пределы
номера Л		актов		отклонения
1, 2	2	IиII	Накал \sim 6.3 В.	<u>≤</u> 3%
3	I	II (M).	Модулятор –21 В.	от -10 до -60
				B.
4	I	V (KT)	Катод –230 B.	-227233
				B.
5	7	V (1A)	Первый анод +15 -	+13 - +22 B.
			+20 B.	
6	,	VI (Y)	Корректирующая	-10.1 - +10.1
			пластина	B.
7	V	'II (2A)	Второй анод	Общая точка
8	V	/III (Y)	Корректирующая	-10.1 - +10.1
			пластина	B.
9]	IX (X)	Развертывающая	<u>+</u> 24 B.
			пластина	
10	2	Х (УЭ)	Ускоряющий	+240 - +260
			электрод +250 В.	B.
11		XI (X)	Развертывающая	<u>+</u> 24 B.
			пластина	
•	,			•

Нелинейная политронно - фильтрующая система

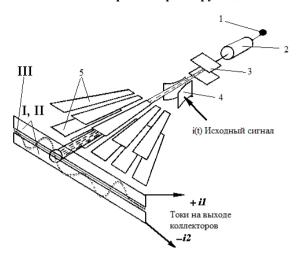


Рисунок 2 - Схема политрона

Электрически-управляемый функциональный преобразовательполитрон, реализующий статические нелинейные функции, представляет собой электроннолучевую трубку (рис. 2, табл. 2), которая, кроме накала 1, специального прожектора 2 и двух пар пластин, корректирующих 3 и развертывающих 4, имеет дополнительную отклоняющую систему 5 из десяти пар так называемых функциональных пластин, а также приемник тока, состоящий из двух коллекторов I и II и разделительного электрода III с отрицательным потенциалом.

Таблица 2 - Пояснение схемы политрона

	Наимено	вание	
	Накал		
	Электронно-лучевой		
	прожектор		
	Две	развертывающие	
	пластины X		
	Две	развертывающие	
	пластины Ү		
	Десять	пар	
	функциональных пластин		
	Две	коллекторных	
, II	пластины		
	Разделительный электрод		
II			

При подаче сигнала на развертывающие пластины электронный пучок перемещается между функциональными пластинами и сканирует вдоль линии раздела коллекторов. Если на каждую пару пластин подать некоторое напряжение, то этому напряжению будет соответствовать поперечное смещение пучка, а ток каждого коллектора будет пропорционален степени перекрытия данного коллектора электронном пучком. На рис. 1 пунктиром показана траектория центра пучка для случая, когда на соседние пары функциональных пластин поданы одинаковые по величине и чередующиеся по знаку напряжения. Изменяя величину и знак напряжений на функциональных пластинах, в цепи того или иного коллектора можно получать (в виде тока) различного рода функции.

Математическое описание реализуемой зависимости имеет вид $y=f(x,\overline{c})$, где x - напряжение на развертывающих пластинах, y - ток в цепи коллектора, а \overline{c} - вектор параметров, определяющих вид этой функциональной зависимости. Составляющие этого вектора $\overline{c}=(c_1,c_2...c_m)$ являются напряжениями на функциональных пластинах, а функция (x,\overline{c}) описывается полиномом Лагранжа или кусочно - косинусоидальными функциями вида: $y=\frac{c_1-c_{i-1}}{2}\{1-\cos[\frac{x}{x_i-x_{i-1}}(i-1)]\pi\}$

С помощью одного и того же политрона можно получить различного рода функции. В таблице 3 приведены данные по подбору на политроне некоторых наиболее применимых функций.

Таблица 3 - Данные по подбору на политроне некоторых наиболее применимых функций.

			примен	имых функций.	
Вид	Максимальное	По	Погрешности воспроизведения		
функции	абсолютное	фу	нкции, % (отно	сительно	
	значение крутизны	H	аибольшего зна	ачения)	
	(при нагрузке в цепи	Ср	Средне-	Максима	
	коллектора	едняя	квадратичная	льная	
	политрона 1 Мом),		. 1		
y=2x	0,75	0,2	0,1	0,6	
0	2.5	6	0.2	2.1	
y = 8 x	3,5	0,3	0,2	2,1	
$y=x^2$	7,4	0,6	0,1	2,7	
J		0			
$y=e^{-2}$	6,7	0,5	0,2	2,1	
	8,75	0,6	0,2	2,3	
$y=e^{-3}$	0,72	5	0,2		
y=e ⁻⁴	10	0,8	0,3	2,5	
	8,75	0,5	0,17	3,3	
y=1n	0,73	0,5	0,17	3,3	
y=sir	30	1,5	0,45	5,0	
j sii					

Примечание. Погрешности воспроизведения функциональными преобразователями серийных ABM (ЭМУ-10, "Аналог-1") немонотонных однозначных функций с количеством экстремумов не более 4 и со значением абсолютной величины первой производной не более 5 составляют менее 1%. Монотонные функции с абсолютной величиной первой производной не более 50 воспроизводится с погрешностью менее 5 %.

А,отн. ед.

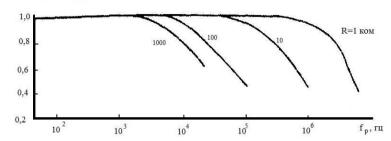


Рисунок 3 - Частотные характеристики по развертывающим и функциональным пластинам

Частотный диапазон прибора в значительное степени зависит от нагрузки в цепи коллектора. Частотные характеристики по развертывающим и функциональным пластинам, снятые для случая активной нагрузки в цепи коллектора, приводятся на /рис. З и 4 соответственно/ При использовании в качестве нагрузки настроенного контура диапазон рабочих частот может быть значительно расширен (ориентировочно в пять раз).

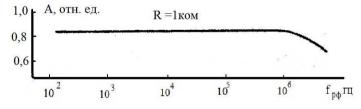


Рисунок 4 - Частотные характеристики по развертывающим и функциональным пластинам

Стабильность воспроизведения реализуемой функции (дрейф). Дрейф прибора в процессе эксплуатации оценивали по средней величине отклонения значений функции, причем была выбрана крутая многоэкстремальная функция типа синусоидальной (четыре периода), так

как наибольший дрейф прибор имеет при больших перепадах напряжений соседних пластин. Усредненные результаты для трех образцов представлены /рис. 5/. На рис. 6 показан кратковременный дрейф за 5 ч. Непрерывной работы, измеренный для десяти значений функции; он составляет не более 0.2%.

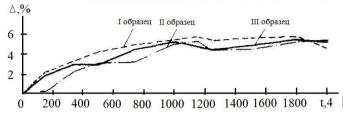


Рисунок 5 - Функции образцов

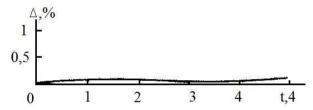


Рисунок 6 - кратковременный дрейф за 5 ч

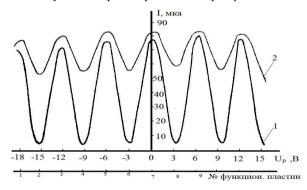


Рисунок 7 - Количественная характеристика взаимного влияния соседних пар функциональных пластин

Максимальная крутизна воспроизводимой функции S может быть записана в виде $S_1 = \frac{dI}{dU_p}$ мка/в, где U_p - напряжение развертывающих пластин, которое является заданной функцией времени. Для разных экземпляров приборов S_1 колеблется от 20 до 30 мка/в. Крутизна S_{U} , выраженная в вольтах на вольт, зависит от величины сопротивления в

цепи коллектора. Так на низких частотах (до 15 кгц) в цепь коллектора может быть включено сопротивление до 1 Мом, и тогда крутизна будет равна 20-30 в/в. Для полосы частот до 4 Мгц сопротивление должно быть уменьшено до 1 ком и крутизна составит 0.02-0.03 в/в.

Независимость регулирования значений функции отдельными парами функциональных пластин. Количественная характеристика взаимного влияния соседних пар функциональных пластин /рис. 7/. Кривая 1 получена при максимально допустимых напряжениях, чередующихся по знаку от одной пары пластин к другой; кривая 2 — при нулевых напряжениях нечетных пар. Взаимное влияние соседних пар определяется расхождением кривых 1 и 2 в точках, соответствующих центрам черных пар функциональных пластин. При использовании политрона в адаптивных системах с обратной связью это влияние не существенно, так как прибор обладает большим быстродействием. Изменение напряжений на некоторой паре пластин на 100% вызывает изменение функций в точках, соответствующих центрам соседних пар, на 5 — 10 %. Повышая напряжение питания прибора или уменьшая выходной ток (диаметр пучка), можно добиться почти полной независимости регулирования.

В таблице 4 приведены сравнительные характеристики функциональных преобразователей серийной АВМ ЭМУ-10 и устройства на политроне.

Воздействие	АВМ ЭМУ - 10	Устройство на
		политроне
Дрейф нуля за	0,05	0,1
1000 сек, %		
Максимальный	0,1	0,1
фон %		
Частотный	0-10	0 - 3000
диапазон (кГц)		
Число	40	10
настраиваемых		
параметров		

Таблица 4 - Сравнение работы политрона и АВМ ЭМУ - 10

Как видно из сравнения /табл. 4/, политрон имеет меньшое число точек настройки, но обладает существенно более широким частотным диапазоном. При этом точность политрона достаточна для моделирования ряда технических систем, характеристики которых, как правило, измеряют с погрешностью1 – 5 %. Частотные свойства политрона обуславливают его широкое применение в быстродействующих ABM[1]. Возможность быстрой перестройки позволяет исследовать различные самонастраивающиеся системы. Другой важной областью применения политрона (как и прочих функциональных преобразователей) является построение адаптивных и обучающих систем. Функциональные

преобразователи в совокупности с блоками автоматической настройки представляют собой адаптивные преобразователи в совокупности с блоками автоматической настройки представляют собой адаптивные преобразователи .

Использование политрона в схеме идентификатора нелинейных статических объектов дает возможность создать прибор для научных исследований технологических и биологических объектов в реальном масштабе времени, работающий в широком диапазоне часто. Построение адаптированных датчиков на базе политрона позволяет решать задачи автоматической коррекции датчиков с нелинейными характеристиками, автоматической калибровки датчиков и другой измерительной аппаратуры, а также создания датчиков , характеристики которых должны автоматически манятся с течением времени вследствие нестационарности объекта контроля. И, наконец, применение политрона перспективно в классификаторах аналоговых сигналов при построении как нелинейных устройств формирования признаков, так и устройств формирования разделяющей функции.

Заключение

Разработана схема подключения, проведены эксперименты. Планируется работа с экспериментальной базой и разработка методического пособия по ее эксплуатации.

- Быстродействующий нелинейный преобразователь Ставицкий А.И..1987г. №113634., 5 с.
- 2. На одном языке с природой А.Н. Ставицкий, А.Н. Никитин 1997 г.136 с.

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ СРАВНИТЕЛЬНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ НА РАЗЛИЧНОМ ОБОРУДОВАНИИ

А.В. Любивый, Р.М. Исаев

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

В работе рассмотрена методика определения эффективности изготовления деталей различной степени сложности и проведён сравнительный анализ технологий их изготовления. Сравнительный анализ эффективности изготовления деталей проводится по интегрированной группе показателей, которые позволяют оценить отдельные свойства обработки заготовки и свойства процесса проектирования технологии и управляющих программ.

Ключевые слова: интегрированная группа показателей, концентрация операции, себестоимость, обрабатывающий центр WM-508MT.

Введение

Актуальность выбранной темы обусловлена переходом ведущих приборостроительных предприятий нашей страны на новые виды оборудования, что отражается в изменении технологических процессов на выпускаемые изделия и в особенностях технологической подготовки производства. Особенно остро встаёт вопрос выбора того или иного вида оборудования, рентабельности его применения в условиях конкретно взятого предприятия.

Интегрированная группа показателей

Концентрация операции. Для оценки концентрации введен показатель k=1/m, где m- число технологических операций, выполняемых при изготовлении детали. Коэффициент К лежит в пределах: $k \in (0,1]$

Необходимость применения технологической оснастки

Штучно-калькуляционное время, позволяющее оценить себестоимость обработки

Себестоимость изготовления деталей

Время проектирования технологии обработки и, если необходимо, то включается время проектирования управляющих программ.

В качестве примера приводится изготовление двух деталей различной степени сложности и с различным количеством технологических операций на обрабатывающем центре WILLEMIN – MACODEL 508МТ и традиционном оборудовании.

Предполагается использование одинаковых по качеству ресурсов (инструмента, заготовок) как при использовании традиционного оборудованиях, так и при изготовлении деталей на ОЦ WM-508-MT.

Описание деталей.

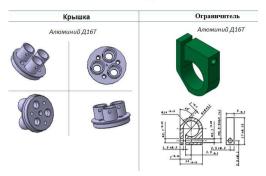


Рисунок 1 - Описание деталей

Сравнительный анализ по концентрации операций.

Нетрудно заметить, что применение ОЦ повышает концентрацию ТО, а, следовательно, сокращает время межоперационного пробега. Далее, достижение точности упрощается, так как вся обработка проходит за два установа, погрешность базирования становится минимальной.

Таблица 1. Концентрация операций

ОЦ WM-508MT	Универсальное оборудование
Изготовление детали по управляющей программе за 1 ТО	Токарная операция Фрезерная операция 1 Фрезерная операция 2 Слесарная операция 3 Слесарная операция 2 Сверлильная операция 4 Резьбонарезная операция Слесарная операция 4 Сверлильная операция 4 Сверлильная операция 4 Сверлильная операция 4 Сверлильная операция 3
1 технологическая	10 технологических
операция	операций

Концентрация ТО при изготовлении детали по ТП на ОЦ:

k = 1/1 = 1

Концентрация ТО при изготовлении детали по традиционному ТП: k = 1/10 = 0.1

Сравнительный анализ по применению технологической оснастки

Изготовление детали «Ограничитель» как на классическом универсальном оборудовании, так и на ОЦ WM-508MT не требует применения специально изготовленной технологической оснастки.

Сравнительный анализ по штучно-калькуляционному времени

Таблица 2 - Параметры нормирования детали «Ограничитель»

Определение Тшк						
Наименование опреции	Тшк	То	Тв	<u>Тпз</u> /N	Тотд	Тобс
Токарная	2,78	0,05	2,49	0,08	0,13	0,04
Фрезерная_1	1,44	1,00	0,33	28	0,07	0,02
Фрезерная_2	1,44	1,00	0,33	28	0,07	0,02
Слесарная_1	2,44	2,00	0,28	10	0,11	0,03
Фрезерная_3	3,06	1,45	1,32	0,112	0,14	0,04
Слесарная_2	2,44	2,00	0,28	10	0,11	0,03
Сверлильная	0,37	0,04	0,28	0,032	0,02	0,001
Фрезерная_4	1,55	1,10	0,33	28	0,07	0,02
Нарезание резьбы	1,43	1,00	0,33	12	0,07	0,02
Слесарная_3	2,97	2,50	0,28	10	0,14	0,04
	19,93					

Из табл. 2 видно, что суммарное время изготовления детали «Ограничитель», которое измеряется в минутах, для традиционного техпроцесса определяется по выражению:

$$\begin{split} \mathbf{T} &= \mathbf{T}_{\text{TGK}} + \mathbf{T}_{\text{dyp1}} + \mathbf{T}_{\text{dyp2}} + \mathbf{T}_{\text{crec1}} + \mathbf{T}_{\text{dyp3}} + \mathbf{T}_{\text{crec2}} + \mathbf{T}_{\text{dp4}} + \mathbf{T}_{\text{cs}} + \mathbf{T}_{\text{s.p.}} + \mathbf{T}_{\text{crec3}} \\ &= 2.78 + 1.44 + 1.44 + 2.44 + 3.06 + 2.44 + 0.37 + 1.55 + 1.42 + 2.97 \\ &= \mathbf{19.91} \end{split}$$

Машинное время изготовления детали «Ограничитель» для ОЦ, полученное в системе «GibbsCAM» и проверенное на станке, равняется T=12 мин.

Сравнительный анализ по себестоимости изготовления детали «Ограничитель»

Для определения себестоимости нашей детали (CД), изготовленной по традиционному ТП, рассчитываем стоимость каждой операции, а затем, просуммировав их, прибавляем к ней стоимость заготовки.

$$\begin{array}{c} {\rm Czar} = P_{\rm sar}({\rm Kr}) \cdot m_{\rm sar}({\rm Kr}) = 121 \cdot 0.018 = 2.18 \; ({\rm py6.}) \\ {\rm C} = C_{\rm tox} + C_{\rm dp1} + C_{\rm dp2} + C_{\rm cnec1} + C_{\rm dp3} + C_{\rm cnec2} + C_{\rm csepn} + C_{\rm dp4} + C_{\rm s.p.} + C_{\rm cnec3} = \\ = 3.24 + 1.68 + 2.85 + 2.85 + 3.57 + 2.85 + 0.43 + 1.81 + 1.66 + 3.46 \\ = 24.4 \; ({\rm py6.}) \\ {\rm C} \Box = {\rm C}_{\rm 3ar} + {\rm C} \\ {\rm C} \Box = 2.18 + 24.4 = 26.58 \; ({\rm py6.}) \end{array}$$

Теперь определим себестоимость детали, которая была выполнена по ТП для ОП:

$$\begin{split} \mathcal{C} &= \frac{T_{\rm rep} \cdot T_{\rm mr}}{60} = \frac{150 * 12}{60} + c_{\rm mp} = 30 + 1,66 = 31,66 \; (\rm py6.) \\ C_{\rm SBT} &= \frac{P_{\rm sar}({\rm TH}) \cdot m_{\rm sar}({\rm KT})}{1000} = \frac{168000 \cdot 0,014}{1000} = 2,18 \; (\rm py6.) \\ C_{\rm H} &= 31,66 + 2,18 = 33,84 \; (\rm py6.) \end{split}$$

Таблица 3 - Себестоимость изготовления детали «Ограничитель» на ОЦ

ОЦ WM-508MT	Универсальное оборудование
33,84 (руб.)	26,58 (руб.)

Сравнительный анализ по времени проектирования и отработки УП

Таблица 4 - Время проектирования ТП изготовления для детали «Ограничитель»

Время проектирования	Время отработки УП
УП (Тпр)	(Тотр)
120 мин	80 мин

Суммарное время изготовления детали «Ограничитель» определяется по выражению:

$$T_{\text{cyn}} = T_{\text{NSM}} + \frac{T_{\text{np}} + T_{\text{orp}}}{N} = 12 + \frac{120 + 80}{1000} = 12.2 \text{ (MMHz.)}$$

Сравнительный анализ по концентрации ТО

Нетрудно заметить, что применение ОЦ повышает концентрацию ТО, а, следовательно, сокращает время межоперационного пробега. Далее, достижение точности упрощается, так как вся обработка проходит за два установа, погрешность базирования становится минимальной.

Таблица 5 - Концентрация ТО

ОЦ WM-508MT	Универсальное оборудование	
1 технологическая	8 технологических операций	
операция	в технологических операции	

Концентрация ТО при изготовлении детали по традиционному ТП: k = 1/8 = 0.125 и по ТП на ОЦ: k = 1/1 = 1

Сравнительный анализ по применению технологической оснастки

Одним из важных моментов применения ОЦ Willemin–Macodel 508МТ при обработке заготовок для изготовления детали «Крышка» является возможность обработки без применения технологической

оснастки. Это позволяет сократить время выпуска продукции, так как проектирование, изготовление и применение технологической оснастки занимает большое количество времени.

Таблица 6 - Применение технологической оснастки

Традиционный метод	Современный метод
Необходим кондуктор для	Не требуется
сверлильной операции	

Сравнительный анализ по количеству видов оборудования

Таблица 7 - Количество видов применяемого оборудования

Традиционный метод		Современный метод			
Отрезная	ARG-240	-			
Токарная	ТП-130				
	U-740	ОЦ WM-508MT			
Фрезерная	(HERMLE)	ОЦ WW-308М1			
Сверлильн					
ая	C-106				
4 вида оборудования		1 вид оборудования			

Сравнительный анализ по штучно-калькуляционному времени

Таблица 8- Параметры нормирования детали «Крышка»

Определение Тшк						
Наименование операции	Тшк	To	Тв	Тпз/N	Тотд	Тобс
Операция отрезки	0,96	0,049	0,83	0,026	0,044	0,01
Слесарная операция 1	2,44	2	0,28	0,01	0,11	0,03
Токарная операция на станке ЧПУ 1	1,85	0,028	1,66	0,052	0,085	0,025
Токарная операция на станке ЧПУ 2	3,7	0,055	3,32	0,104	0,17	0,05
Фрезерная операция на станке с ЧПУ 1	7,64	0,191	2,31	0,196	0,126	0,037
Слесарная операция 2	2,97	2,5	0,28	0,01	0,14	0,04
Сверлильная операция	0,51	0,015	0,42	0,048	0,021	0,006
Слесарная операция 3	1,37	1	0,28	0,01	0,044	0,019
		21,44				

Как видно из таблицы 8, суммарное штучно-калькуляционное время изготовления детали «Крышка» для традиционного техпроцесса равняется:

$$T_{\text{иик}} = T_{\text{отр}} + T_{\text{слес1}} + T_{\text{ток1}} + T_{\text{ток2}} + T_{\phi p} + T_{\text{слес2}} + T_{\text{свер}} + T_{\text{слес3}} = 0.96 + 2.44 + 1.85 + 3.70 + 7.64 + 2.97 + 0.51 + 1.37 = 21.44 (МИН)$$

В то же время суммарное время изготовления нашей детали для современного техпроцесса, определённое программой «GibbsCAM», равняется:

Т=14мин 50с

Применение ОЦ Willemin–Macodel 508MT позволяет минимизировать время изготовления и выпуска продукции.

Сравнительный анализ по себестоимости изготовления детали «Крышка»

$$C_{\textit{3ae}} = P_{\textit{3ae}}(\textit{кe}) * m_{\textit{3ae}}(\textit{ke}) = 270*0,041 = 11,07(\textit{py6})\,,$$
 Где: $P_{\textit{3ae}}(\textit{ke}) = 270 \text{py6/kf}$; $m_{\textit{3ae}}(\textit{ke}) = 0,041 \text{(kf)}$
$$C_{\textit{otp}} = \frac{T_{\textit{tap}} * T_{\textit{uk}}}{60} = \frac{70*0,96}{60} = 1,12(\textit{py6})$$

$$C = C_{\textit{otp}} + C_{\textit{cnec1}} + C_{\textit{tok1}} + C_{\textit{tok2}} + C_{\textit{фp}} + C_{\textit{cnec2}} + C_{\textit{сверл}} + C_{\textit{cnec3}} = 1,12 + 2,85 + 2,16 + 4,32 + 8,92 + 3,47 + 0,6 + 1,6 = 25,04$$

$$C\mathcal{I} = C + C_{\textit{3ae}}$$

$$C\mathcal{I} = 25,04 + 11,07 = \textbf{36,11} \text{ (py6.)}$$

Теперь определим себестоимость детали, которая была выполнена по Π на OII:

$$C = \frac{T_{\text{тар}} * T_{\text{иж}}}{60} = \frac{150 * 14.5}{60} = 36,25 (py6)$$

$$C_{3ae} = P_{3ae}(\kappa_e) * m_{3ae}(\kappa_e) = 270 * 0,041 = 11,07 (py6)$$

$$C \mathcal{I} = 36,25 + 11,07 = 47,32 \text{ (py6.)}$$

Таблица 9 - Себестоимость детали «Крышка»

ОЦ WM-508MT	Универсальное оборудование
47,32 (руб)	36,11 (руб)

Заключение

Сравнительный анализ технологий изготовления деталей «Крышка» и «Ограничитель», проведённый по вышеизложенной методике показал, что применение обрабатывающих центров WM 508-MT для изготовления данных деталей является рентабельным только по временным параметрам. Если же оценивать эффективность технологии изготовления этих деталей по параметру себестоимости, то необходимо признать преимущество традиционной технологии.

Основываясь на методике, предложенной выше, можно утверждать, что на станке WM-508MT рентабельно изготавливать детали повышенной сложности и точности, $T\Pi$ которых состоит из большого количества операций.

Список литературы

1. Косилова А.Г., Дальской А.М. Справочник технологамашиностроителя // Москва «Машиностроение» — Пятое издание -Т.2. – М., 2001- С. 50-125.

УЛК 621.833

РАСЧЕТ КОНТАКТНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС С НЕСИММЕТРИЧНЫМ ПРОФИЛЕМ ЗУБА

Д.А. Коваль

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

Цилиндрические эвольвентные зубчатые колеса с несимметричным профилем зубьев могут обладать прочностными характеристиками, превышающими показатели повсеместно использующихся симметричных зубчатых колес. В работе приведены результаты расчета контактных напряжений для передач с различным передаточным отношением, составленных из колес с углом профиля а более 20°.

Ключевые слова: зубчатое колесо, несимметричный профиль, контактные напряжения

Введение

Зубчатые колеса с несимметричным профилем зуба имеют различный угол наклона зуба на разных сторонах. Передачи, составленные из таких колес, используются в случаях, когда нагрузка в одном из направлений значительно больше, либо режим работы предусматривает вращение преимущественно в одном направлении. Д.А. Фроловым [1] [2], было проведено исследование возможных параметров исходного контура для нарезания зубчатых колес с несимметричным профилем. Были установлены зависимости параметров профиля зубчатого колеса от таких величин, как угол профиля исходного контура, угол наклона зубьев и коэффициент смещения, и определены интервалы, в пределах которых уместно изменение параметров профиля получаемого зубчатого колеса. Нерассмотренным остался вопрос прочности зубчатых колес с несимметричным профилем, изучение которого необходимо для оценки возможных преимуществ такого рода колес.

На основе методики, описанной в ГОСТ 21354-87, произведен расчет контактных напряжений в полюсе зацепления зубчатых колес в различных зубчатых парах и приведены графики зависимости величины контактного напряжения от угла профиля исходного контура α.

Расчет контактных напряжений

Первым шагом при расчете контактного напряжения является выбор параметров рассматриваемых зубчатых колес. Параметры, выбранные на основе имеющихся данных о возможных исходных реечных контурах [2], исходя из параметров α , β приведены в таблице.

Следующим шагом является получение зависимости контактного напряжения в полюсе зацепления от величины угла профиля исходного контура а. При расчете контактного напряжения по ГОСТ 21354-87 [3]

важна лишь величина угла профиля зубьев. Изменяя значение угла, мы сможем определить контактные напряжения в зубчатых колесах с несимметричным профилем. В текущем исследовании будут рассматриваться зубчатые колеса с увеличенным углом профиля на рабочей стороне зуба.

TD - 1	D ~	~
Таблина Г	- Runnauuule	параметры зубчатых передач
т аолина т		

Наименование пара	Обозначение		Значен	
			ие	
	шестерни	z i		14
Число зубьев	колеса	Z -2		20; 50;
			100	
Модуль		me		5
Угол наклона лини	β		12°	
Угол профиля на рабочей стороне		α_1		20°40
зуба			0	
Угол профиля на нерабочей стороне		α_2		20°
зуба				
	шестерни	x_{i}		0,3
Коэффициент	Коэффициент колеса			-0,3
смещения	_			

Формула расчета контактного напряжения по ГОСТ 21354-87 «Передачи зубчатые цилиндрические эвольвентные внешнего зацепления. Расчет на прочность»:

$$\sigma_{\rm H} = Z_E \cdot Z_H \cdot Z_e \sqrt{\frac{F_{tH} \cdot K_H}{b_W \cdot a_L} \cdot \frac{u+1}{u}}, \qquad (1)$$

где $\mathbb{Z}_{\mathbb{Z}}$ — коэффициент, учитывающий механические свойства материалов сопряженных зубчатых колес;

 ${\it Z}_{ii}$ — коэффициент, учитывающий форму сопряженных поверхностей зубьев;

 Z_{a} — коэффициент, учитывающий суммарную длину контактных линий:

 $F_{\rm EM}$ — окружная сила на делительном цилиндре при расчете на контактную выносливость;

 K_{K} — коэффициент нагрузки;

b_w – рабочая ширина венца зубчатой передачи;

 d_1 – делительный диаметр шестерни;

u — передаточное число.

Для расчета контактных напряжений в зацеплении, в зависимости от угла профиля α , потребовалось определить зависящие от α величины, входящие в формулу(1). Для наглядного построения графика зависимости

величины контактного напряжения от угла профиля α, в программном пакете Mathcad из формулы(1) была составлена функция:

$$\sigma_{\mathrm{K}}(\alpha) = Z_{E} \cdot Z_{H}(\alpha) \cdot Z_{s}(\alpha) \sqrt{\frac{E_{EH}(\alpha) \cdot E_{H}(\alpha)}{b_{w} \cdot d_{s}}} \cdot \frac{u+1}{u}$$
, где $K_{\mathrm{K}}(\alpha) = K_{A} \cdot K_{Hv}(\alpha) \cdot K_{HB}(\alpha) \cdot K_{HB}(\alpha)$.

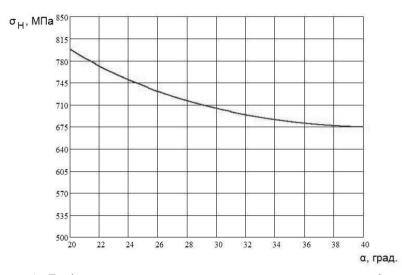


Рисунок 1 - График зависимости контактного напряжения от угла профиля зубьев при \mathbb{Z}_2 =20

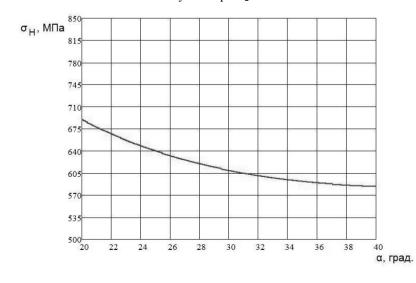


Рисунок 2 - График зависимости контактного напряжения от угла профиля зубьев при $\mathbb{Z}_{\circ} = 50$

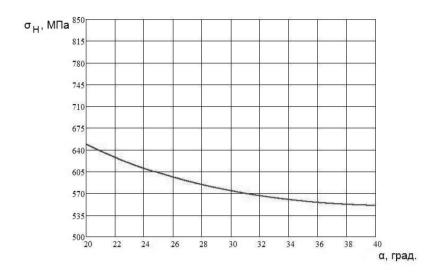


Рисунок 3 - График зависимости контактного напряжения от угла профиля ${\rm зубьев}\ {\rm пр}{\rm u}\ {\mathbb Z}_2\!\!=\!\!100$

В результате были получены графики, наглядно демонстрирующие уменьшение величины контактного напряжения в полюсе зацепления зубчатых колес в передачах с различным передаточным отношением. Графики представлены на рисунках.

Заключение

Математический эксперимент показал, что увеличение угла профиля α рабочей поверхности зуба, при проектировании зубчатой передачи, приводит к уменьшению контактного напряжения в полюсе зацепления. Таким образом, в зубчатых передачах, составленных из колес с несимметричным профилем зуба, контактные напряжения при вращении в рабочем направлении передачи будут меньше, чем в обычных зубчатых передачах.

Список литературы

1. Тимофеев Б.П., Фролов Д.А. Расчет геометрических параметров цилиндрических эвольвентных передач с несимметричными зубьями

- // Теория механизмов и машин. Вып. 2 (6). Т. 3. СПб: СПбГПУ, 2005 С. 15–29.
- 2. Тимофеев Б.П., Фролов Д.А. Возможные исходные реечные контуры для нарезания зубчатых колес с несимметричным профилем // Теория механизмов и машин. Вып. 1. Т. 2. СПб: СПбГПУ, 2004 С. 56–61.
- 3. ГОСТ 21354-87 «Передачи зубчатые цилиндрические эвольвентные внешнего зацепления. Расчет на прочность».

УДК 681.2.088

оценка точности беспроводного датчика ускорения

А.А. Красковский

Научный руководитель к.т.н., профессор В.М. Мусалимов

В статье рассматривается разработанный беспроводной датчик ускорения, основанный на микромеханическом акселерометре. Проводится исследование точности акселерометра в качестве датчика ускорения и перемещения. Исследования проведены на основе статистического анализа. Отдельно уделено внимание определению калибровочных величин датчика

Ключевые слова: Акселерометр, анализ точности.

Введение

Появилась необходимость в разработке миниатюрного датчика ускорения для различных назначений. Был разработан беспроводной датчик ускорения. Датчик разработан на основе микромеханического акселерометра. В качестве беспроводного интерфейса используется Bluetooth спецификации 2.0. Датчик имеет три оси измерения ускорения. Диапазон измерения ускорения может иметь пределы: 2g, 4g, 8g, 16g. Частота измерения может изменяться от 100 до 800 Гц. Датчик также оборудован фильтром высокой частоты для удаления частот превышающих частоту семплирования.

Для возможности использования датчика ускорения в практических целях, необходимо оценить точность измерения ускорения и других параметров движения: скорости и перемещения. В качестве исходных данных для анализа использования данные полученные при отсутствии внешних ускорений за исключением гравитационного ускорения.

Для оценки точности акселерометра предлагается произвести изучение распределения сигналов, частотный анализ шума сигнала и оценка точности.

Для анализа сигналов использован пакет MATLAB.

Калибровка датчика

Перед измерением ускорения с помощь акселерометра необходимо провести предварительную калибровку чувствительности и смещения. Калибровочные параметра представляют собой шесть величин – смещение и коэффициент чувствительность по каждой оси. Для калибровки датчик помещается в заранее определенные условия (гравитационное поле). Для получения изначальных данных, необходимо провести измерение гравитационного ускорения в 3 осях и в двух противоположных направлениях по каждой оси.

Снижение частоты пропускания акселерометра приводит к снижению уровня шума акселерометра[3], а калибровка смещения и коэффициента преобразования требует только измерение постоянной составляющей, то для калибровки использовалось среднее значение ускорения, полученное в течение нескольких тысяч измерений. Калибровочные данные представлены на рис. 1.Таким образом, обеспечивается низкая частота среза и как следствие повышается точность калибровки. Для нахождения величин чувствительности решается система уравнений.

$$(ax_t * kx)^2 + (ay_t * ky)^2 + (az_t * kz)^2 = g$$

$$(a_n + sm_n) + (a_n^t + sm_n) = 0$$

Где ax_i -измеренное ускорение , g –ускорение свободного падения a_n , a_n ускорения измеренные в противоположных направлениях

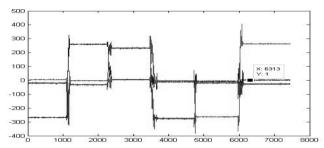


Рисунок 3 - Калибровочные данные

Вычисленные значения лежат от 0.036 до 0.04 $*10^{-3}$ м/с 2 /единица для чувствительности и ± 40 единиц смещение.

Оценка точности единичного измерения ускорения

Для оценки точности и достоверности единичного измерения необходимо определить параметры распределения измеренных значений ускорения[1]. Сначала было проведено исследование зависимости параметров распределения от ускорения. Проверка проводилась для диапазона от -9.8m/c^2 до 9.8 m/c^2 .

Для исследования был взят набор данных с одного датчика по чувствительной оси Y. Анализ данных проводился с помощью программы dfittool из ППП MATLAB. Данная программа позволяет проводить построение и исследование диаграмм распределений [2] Графический результат исследования показан на рисунке 2. Значение σ =1,33±0.15 для каждого из измерений. Следовательно, уровень шума не зависит от ускорения.

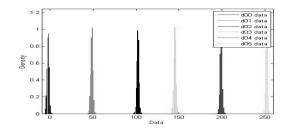


Рисунок 4 - Распределение шумов при различных значениях ускорения

Для осей X,Y значение σ одинаковое в пределах погрешности, а для оси Z значение σ составляет 1.6±0.15. Для оценки погрешности можно использовать правило $3\sigma[1]$, таким образом погрешность измерения ускорения для осей X,Y составляет ± 0.06 м/с² и для оси Z 0.07 м/с² при достоверности измерения 0.97[1].

Анализ точности акселерометра при измерении скорости и перемещения

Точность при интегрировании показаний акселерометра зависит от двух статистических параметров: смещение нуля и среднеквадратичное отклонение.

Для оценки ухода нуля датчика были проведен набор большого количества данных условиях отсутствия ускорений, кроме гравитационного ускорения.

Данные были исследованы в ППП МАТLAB. В процессе анализа вес имеющийся набор данных разбивался на отрезки соответствующие удвоенному времени интегрирования. На первой половине отрезка данных проводилось суммирование ошибки измерения ускорения, и из суммы ошибок вычислялась средняя ошибка на одно измерение. Полученная величина вычиталась из всего отрезка данных. Таким образом, осуществлялась калибровка датчика непосредственно перед проведением интегрирования (измерения). На рис. 3,4,5 приведены графики групп измерений для различных длительностей измерения.

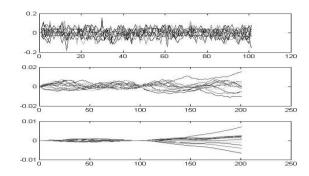


Рисунок 5 - Измерение длительностью 1сек

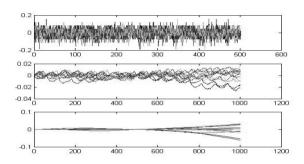


Рисунок 6 - Измерение длительностью 5сек

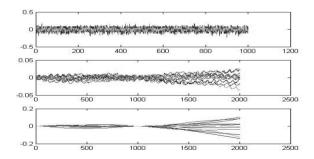


Рисунок 7 - Измерения длительностью 10сек

Таким образом, можно составить таблицу и график, который показан на рисунке 6, зависимости точности от времени интегрирования.

 Таблица 1. Точность измерения перемещения в зависимости от времени

 интегрирования

Время	0				1	2	5	1	1
измерения	.5	1	2	5	0	0	0	00	000
Накопл									
енная	0	0	0	C	(0	1		2
погрешность	.005	.01	.03	.1	.3	.55	.5	4	0

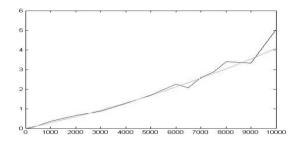


Рисунок 8 - Эмпирическая зависимость точности от времени

На график точности наложена кривая 2 порядка с коэффициентами 1.4299e-008, 2.6451e-004, 0.0037 полученная методом наименьших квадратов или линейная с коэффициентами 0.0004, -0.0947. Данные функции достаточно точно, для практических требований, аппроксимируют ошибку измерения положения для акселерометра.

Было проанализировано распределение величин отклонений от нулевого значения. Распределения отклонения были построены для различных периодах интегрирования и были получены близкие распределения. В качестве примера нормированное по вероятности 0.97 распределение, полученное для периода 10с, представлено на рисунке 7.

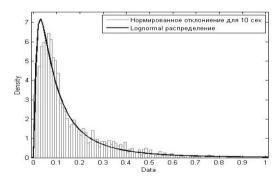


Рисунок 9 - Распределение отклонений

Как видно на рис. 7 отклонение близко к логнормальному распределению. Распределение показывает, что для многократных измерений можно значительно повысить точность измерения.

Заключение

Задача оценки точность акселерометра, поставленная данной работе, была решена. Решение этой задачи определило точность результатов измерений с помощью акселерометра без дополнительных расчетов и исследований. На основе результатов данной работе предполагается изучать возможность повышения точности датчика с помощью различных математических фильтров и методов, в частности для повторяющихся процессов.

Список литературы

- 1. Шишкин И.Ф. Теоретическая метрология. Часть 1. Общая теория измерений 4 изд., Питер 2010 –192с.
- 2. Иглин С.П. Теория вероятностей и математическая статистика на базе MATLAB. Издательство НТУ "ХПИ", 2006, Харьков, Украина, 612 с.
- 3. Распопов В.Я. Микромеханические приборы: Учебное пособие.- М: Машиностроение,2007.- 400с.

УДК 629.3.027.75

ЗАДАЧИ УПРАВЛЕНИЯ ШЕСТИНОГИМИ РОБОТАМИ ПАУКАМИ

А.И. Крутиков, А.С. Родькин

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

Шестиногие роботы пауки, по-видимому, являются самой многочисленной из всех когда-либо и где-либо разработанных категорий механизмов, способных перемещаться с помощью искусственных ног. Популярность этих роботов в значительной степени обусловлена тем, что проблемы обеспечения статической устойчивости движущихся шестиногих роботов, решаются относительно просто по сравнению с другими конструкциями.

Ключевые слова: роботы, управление, шестиногие, движение, сервоприводы, контроллер, программирование.

Введение

На практике, потребность в роботах пауках возникает в связи с необходимостью использования роботов для передвижения по местности с большим количеством препятствий или неровностей, а также так, где от него требуется умение взбираться и спускаться по ступенькам обычной лестницы. Роботы пауки представляют основной интерес для движения по заранее неподготовленной местности с препятствиями. Традиционные колесные и гусеничные транспортные машины оставляют за собой непрерывную колею, тратя на это значительно большую энергию, чем в случае передвижения шагами, когда взаимодействие с грунтом происходит только в местах упора стопы. Помимо этого роботы пауки обладают и большей проходимостью на пересеченной местности вплоть до возможности передвигаться прыжками, преодолевать препятствия и т.п. При движении меньше разрушается грунт, что, например, важно в тундре. А в случае если движении происходит по достаточно гладким и подготовленным поверхностям, этот способ уступает колесному в экономичности, скорости передвижения и простоте управления. Для того что бы частично или полностью адаптировать робота паука в неподготовленной местности с препятствиями, нужно решить ряд задач, которое возникают при управлении робота паука.

В задачу системы управления роботов пауков входят:

- стабилизация в процессе движения положения корпуса машины в пространстве на определенной высоте от грунта независимо от рельефа местности;
- 2. обеспечение движения по определенному маршруту с обходом препятствий;
- 3. связанное управление ногами, реализующее определенную походку с адаптацией к рельефу местности.

- 4. В системе управления выделяют обычно следующие 3 уровня управления:
- 5. первый, нижний уровень управление приводами степеней подвижности ног:
- 6. второй уровень построение походки, т.е. координации движений ног, со стабилизацией при этом положения корпуса машины в пространстве;
- 7. третий уровень формирование типа походки, направления и скорости движения, исходя из заданного маршрута в целом.

Первый и второй уровни реализуются автоматически, а третий уровень осуществляется с участием человека-оператора ("водителя").

Проблемой также является устойчивость. Для того чтобы какое-либо тело при движении находилось в устойчивом положении, в общем случае необходимо, чтобы оно имело опору по крайней мере в трех точках. Следовательно, чтобы робот паук был устойчивым, ему необходимы, по крайней мере, три ноги. Взаимодействие ног в процессе ходьбы, также нужно учитывать при управлении роботом пауком.

Работу ног при движении робота паука будем называть процессом ходьбы. В процессе ходьбы каждая нога может находиться в одном из двух принципиально различных состояний:

- опорное положение в это время нога касается поверхности и служит опорной для корпуса аппарата;
- 2. свободное положение в это время нога находится над поверхностью и "готовится" к выполнению опорных функций на следующем шаге.

Для того что бы изготовить робота паука, адаптированного к местности, и управлять им, нужно рассмотреть конструкцию робота и алгоритм движения.

Конструкция робота паука

На рис. 1 представлен робот паук с шестью конечностями, каждая из которых имеет три степени свободы. Круглый корпус робота обеспечивает гибкость при управлении, когда требуется передвигаться в любую сторону. Здесь при смене направления движения не нужно разворачивать корпус. Данная модель предназначена для демонстрациивозможностей подхода.

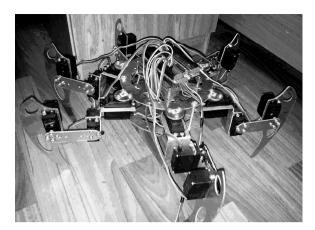


Рисунок 1 - Шестиногий робот паук

Примеры использования такого робота паука, могут быть самыми разнообразными:

- 1. в местах повышенной радиации и излучения;
- 2. при работе с взрывоопасными материалами или объектами;
- 3. для тушения пожаров;
- 4. для выполнения поисковых и спасательных работ;
- 5. исследование незнакомой территории, шахт и пещер;
- 6. проведение сварочных работ;
- 7. для слежения и охраны местности или объекта;
- 8. в военных целях;
- 9. игрушка для детей.

Шасси робота паука было изготовлено из АМг2. Данный сплав содержит в себе примерно 2 % магния, что придает сплаву твердость, жесткость, легкую пластичность, а так же высокую коррозионную стойкость.

Для движения конечностями робота паука использовались сервоприводы. Уже на этапе проектирования шестиногого робота возник вопрос о мощностях сервоприводов.

Рассчитаем минимальную мощность сервопривода в самом нагруженном месте, там, где необходимо поднять корпус робота с положения «лежа» в положение «стоя»

$$M_{\text{cry}} = \frac{m \cdot l}{3}; \tag{1}$$

где тмассам всего робота, Ідлина «плеча».

Так как минимальное количество ног, которое нужно для того, что бы робот мог стоять, равно трем, то и в формуле (1) делим полученное статическое усилие на три. В итоге мы получим минимальную мощность

сервопривода нужное для того, что бы поднять корпус. Но так как это является минимальной мощностью, то рекомендуется использовать сервоприводы мощнее раза в два от полученного результата, так как может потребоваться в будущем нагрузить робота различным оборудованием.

При моделировании робота паука были взяты двенадцать сервоприводов «HexTronichx12k» и шесть «HexTronichx5010». Размеры по высоте, ширине и длине 38 мм./ 20 мм./ 40 мм.соответственно.

Характеристики«HexTronic hx12k»:

1. скорость работы:0,17сек/ 60° (4.8В без нагрузки);2. скорость работы:0,13сек/ 60° (6,0В без нагрузки);

3. крутящий момент: 8,9 кг/см при 4,8В; 4. крутящий момент: 10 кг/см при 6В;

5. рабочее напряжение: 4,8 - 6B;
6. вес: 55 гр.;
7. тип: цифровой;
8. материал шестеренок: металлический.

Характеристики «HexTronichx5010»:

1. скорость работы: 0,16сек/ 60° (4.8В без нагрузки); 2. скорость работы: 0,13сек/ 60° (6,0В без нагрузки);

3. крутящий момент: 6,5 кг/см при 4,8В;4. крутящий момент: 7,1 кг/см при 6В;

5. рабочее напряжение: 4,8 - 6B;
6. вес: 39 гр.;
7. тип: аналоговый;
8. материал шестеренок: нейлоновый.

Кинематика

На рис. 2 представлена структурная схема конечности. Вращательные кинематические пары \mathbf{A} , \mathbf{B} , \mathbf{C} представляют собой плоские шарниры с одной степенью свободы. Вращение вокруг оси OZобеспечивается вращательной кинематической парой \mathbf{A} . Вращение вокруг OX обеспечивается вращательной кинематической парой \mathbf{B} и \mathbf{C} .

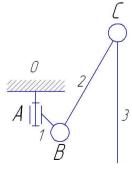


Рисунок 2 - Структурная схема конечности

Для определения степени подвижности механизма пользуются формулой (2) Сомова-Малышева:

$$W = 6n - \sum_{i=1}^{6} tP_i, \tag{2}$$

где n — число звеньев механизма, i — класс кинематической пары.

Исходные данные:

n = 3

 $A: \emptyset - 1 P_{c}$

 $B: 1-2 P_{c}$

 $C: 2-3 P_s$

Решение имеет следующий вид:

$$W = 6 \cdot 3 - 5 \cdot 3 = 18 - 15 = 3$$

Из решения следует, что механизм обладает 3 степенями подвижности, и в случае контакта выходного звена с рабочей поверхностью, будет обладать 2 степенями свободы.

Чтобы определить положение и ориентацию выходного звена, необходимо решить прямую позиционную задачу, для решения которой используются матрицы однородного преобразования или, так называемые, матрицы «перехода». Прямая позиционная задача или прямая задача кинематики может быть сформулирована так: задана кинематическая схема манипулятора рис. З и в некоторый момент времени известны значения обобщенных координат, определяющие положение всех звеньев манипулятора относительно друг друга. Требуется определить положение и ориентацию выходного звена манипулятора в системе отсчета, связанной со стойкой, геометрические размеры звеньев считаются известными.

Пусть ρ — однородный вектор. Тогда однородное преобразование осуществляется следующим образом: гдеT — матрица однородного преобразования 4x4 (или однородная матрица)

Здесь R — матрица поворота 3x3, Xix — проекция оси $\mathcal{O}_j X_j$ на ось $\mathcal{O}_t X_i$, $Xix = \cos(\overline{X_i} \overline{X_j})$, p — вектор переноса; f — вектор, связанный с вектором центрального проектирования; m — коэффициент масштабирования.

Положение и ориентацию выходного звена ищем в форме матрицы однородного преобразования:

$$T = \begin{pmatrix} R & p \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Пусть матрицы — однородные матрицы, задающие переход от системы координат i-го звена к системе координат j-го звена. Тогда, очевидно, матрица $T_N = A_{81}A_{72} \dots A_N$ является решением поставленной задачи.

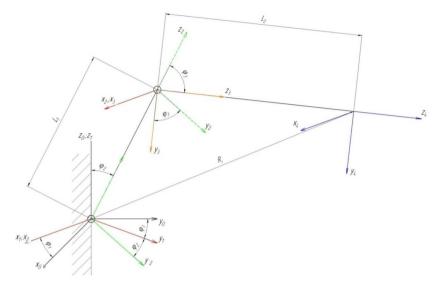


Рисунок 3 - Общая схема перехода от системы координат 0 к системе координат IV

Система управления

На рис. 3 представлен сервоконтроллер для управления большим количеством сервоприводов Arduino.

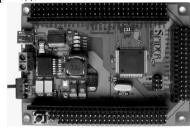


Рисунок 4 - Arduino

Arduino - совместимый контроллер RedBackSpidercontroller разработан специально для роботов, использующих большое количество сервоприводов.Контроллер позволяет управлять максимум 48 сервоприводами под управлением библиотеки Arduinoservo.

Характеристики:

1. контроллер ATmega1280 MCU , 128K FLASH, 8K SRAM, 4K EEPROM;

- 2. встроенный источник питания 3A, 5V. Входное напряжение от 7 до 30B:
- 3. 70 встроенных портов ввода/вывода на стандартных 3-х портовых серворазъемах;
- 4. USB и ISP интерфейсы;
- 5. выключатель питания и кнопка сброса;
- 6. Arduino загрузчик;
- 7. Arduino совместимый конструктив;
- 8. 16 аналоговых входов (10 бит АЦП);
- 9. до 15х PWM выходов (зависит от числа использованных сервоприводов);

Среда разработки

На рис. 3 представлена среда ArduinoIDE, где программируется алгоритм движения робота паука.



Рисунок 5 - Среда разработки ArduinoIDE

Интегрированная среда разработки Arduino это кроссплатформенное приложение на Java, включающее в себя редактор кода, компилятор и модуль передачи прошивки в плату.

Среда разработки основана на языке программирования Processing и спроектирована для программирования новичками, не знакомыми близко с разработкой программного обеспечения. Программы обрабатываются с помощью препроцессора, а затем компилируется с помощью AVR-GCC.

Язык Arduino основан на C/C++ и поддерживает все стандартные конструкции языка С и некоторые из функций языка C++. Он также ссылается на библиотеку AVR libc и может использовать любые из ее возможностей.

Заключение

Таким образом, показана, управление роботом пауком не представляет особой сложности, если пользоваться средствами кинематического анализа включая разработку метода и технологию управления. Данная разработка будет полезна для студентов.

Список литературы

- 1. Артоболевский И.И., Теория механизмов. М.: Издательство «Наука», 1965 г. 776 стр.
- 2. Воробьев Е.И., Попов С.А., Шевелева Г.И., Механика промышленных роботов, Книга 1 «Кинематика и динамика». М.: Издательство «Высшая школа», 1988 г. 304 стр.
- 3. Reza N. Jazar, Theory of Applied Robotics: Kinematics, Dynamics and Control. Springer Science + Business Media, LLC, 2007
- 4. T.D. Barfoot, E.J.P. Earon, G.M.T. D'Eleuterio, Experiments in learning distributed control for a hexapod robot. Institute for Aerospace Studies, University of Toronto, 2006

УЛК 621.81.004.17:620.191.355.001.5

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ НА АДГЕЗИЮ В УСЛОВИЯХ ПРОИЗВОДСТВА "ВАЗОВСКИЕ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЕ ЗАВОДЫ" – АО г. СОПОТ, БОЛГАРИЯ

Д.Б. Леонов

Научный руководитель к.т.н., доцент А.Ю. Иванов

В данной статье рассмотривается возможный вариант оптимизации микрогеометрии поверхности для ее определенного функционального свойства (адгезия), в условиях производства "Вазовские Машиностроительные Заводы" – АО г. Сопот, Болгария. В данном исследовании для оптимизации микрогеометрии будет использован непараметрический метод оценки и контроля.

Ключевые слова: шероховатость поверхности, адгезия, непараметрический метод.

Введение

Организация производства "Вазовские Машиностроительные Заводы" ориентирована на массовое производство широкой гаммы продуктов специального предназначения. Для их комплектации используются детали, разнообразные по форме, размерам и видам материалов. Производимые продукты должны безотказно и надежно функционировать в различных условиях. Поэтому ко всем деталям предъявляются жесткие требования по качеству. Важной задачей для производства является оптимизация характеристик поверхностного слоя деталей. В данной статье будет рассмотрен возможный вариант такой оптимизации. С этой целью, в стандартных производственных условиях, для отдельных видов материалов необходимо провести исследование влияния шероховатости поверхности на адгезию покрытия, определить лучшую микрогеометрию из возможных, для этого функционального свойства поверхности.

В качестве объекта исследования рассмотривается деталь из алюминия, приведенная на рис. 1.

Объект исследования и понятие адгезии

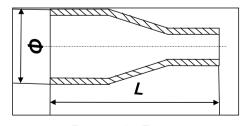


Рисунок 1 - Деталь

Технологический процесс изготовления детали включает механическую и гальваническую обработки, а также нанесение лакокрасочного покрытия в электростатическом поле на внешнюю поверхность детали. При производстве детали возникает проблема с адгезией покрытия - наблюдается плохое сцепление покрытия с поверхностью образца.

Чтобы определить причины, приводящие к проблеме, коротко остановимся на теории процесса адгезии. Как известно адгезия — это явление, заключающееся в установлении связи между пленкой краски и подложкой, на которую она нанесена. Количественно об адгезии обычно судят по величине адгезионной прочности, которая по сути представляет собой работу, затраченную на разрушение адгезионных связей. Работа адгезии W_a , характеризующая прочность адгезионной связи, определяется работой обратимого разрыва адгезионной связи, отнесенной к единице площади. Полная работа адгезии, приходящаяся на всю площадь контакта тел s, равна:

$$W_s = W_a S \tag{1},$$

где W_a - работа адгезии;

S – число связей.

В соответствии с равенством (1), величина адгезии зависит не только от наличия, но и от числа связей между контактирующими телами. В свою очередь число связей определяется площадью фактического контакта между покрытием и подложкой. Величина этой площади обуславливается процессом формирования покрытия, она зависит также от свойств поверхности самого покрытия и подложки, на которой оно наносится. К числу таких свойств следует отнести наличие и размеры выступов и впадин шероховатой поверхности подложки; методов образования покрытия; процесс заполнения выемов поверхности подложки в зависимости от температурно-временных характеристик и ряд других [1].

На формирование адгезионного контакта оказывают влияние следующие факторы:

- подготовка поверхности;
- условия нанесения лакокрасочных покрытий;
- вид материала;
- шероховатость поверхности.

Решение проблемы

Повышение качества изделий за счет оптимизации поверхностных характеристик деталей давно доказано на практике. В данном исследовании для оптимизации микрогеометрии будет использован непараметрический метод оценки и контроля. Этот метод позволяет экспериментально определить "оптимальную" шероховатость поверхности

деталей для конкретных ее функциональных свойств. Согласно непараметрическому методу, оценка и контроль микрогеометрии поверхности осуществляется с использованием непараметрических критериев, в качестве которых представлены графические изображения различных функций: функции плотности распределения ординат и тангенсов углов наклона профилей, или опорных кривых профилей (кривых Аббота) [2].

Формируются 4 группы по 5 образцов в каждой из них. Образцы в отдельных группах изготовливаются из одного материала, с одинаковыми размерами, но с разной исходной шероховатостью исследуемой поверхности. Чтобы получить разные шероховатости на поверхности, используют различные методы и режимы обработки. После механической обработки образцов, перед процессом нанасения антикоррозионного покрытия, с поверхности каждого образца при помощи профилографа снимается информация о его шероховатости. Создается база данных, содержащая сведения о процессах обработки этих поверхностей и их шероховатости. Получая информацию о микрогеометрии профиля, в результате статистической обработки данных профиля, кроме стандартных параметров шероховатости Ra, Rz, получаются графики выше указанных функций. На рис.2 представлены графики плотности распределения тангенсов углов наклона профиля для четырех образцов (по одному из каждой группы).

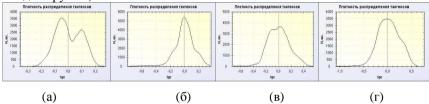


Рисунок 2 - Графики плотности распределения тангенсов углов наклона

профилей

После нанесения покрытия анализируется исследуемое функциональное свойство поверхности. Проверка проводится с использованием метода решетчатых надрезов на исследуемой поверхности образца. Метод заключается в следующем: лезвийным инструментом делается решетка из шести вертикальных и шести горизонтальных надрезов. Расстояние между надрезами определяется в зависимости от толщины нанесенного покрытия и от вида материала. После этого поверхность решетки очищается мягкой щеткой, сверху укладывается самоклеющаяся пленка. Пленка снимается через определенное время и делаются выводы о сцеплении покрытия и поверхности образца по шестибальной шкале.

Заключение

Образец (группа образцов), показавший при этом испытании лучший уровень функционального свойства поверхности принимается как эталон. Из базы данных берется информация о шероховатости его поверхности и о методах получения этого микрорельефа, который впоследствии принимается в качестве оптимального для данного функционального свойства. В заключении эксперимента, график любой из этих функций принимается как эталонный для этого функционального свойства поверхности (адгезия) для конкретного материала, и назначается допуск на отклонения от эталона, чтобы в дальнейшем проводить контроль по требованиям к шероховатости поверхности [3].

Список литературы

- 1. Зимон А.Д., Адгезия пленок и покрытий, М.: Химия, 1977, 351 с.
- 2. Мусалимов В.М., Валетов В.А. Динамика фрикционного взаимодействия / Монография. СПб: СПб ГУ ИТМО, 2006. 191 с.
- 3. Иванов А.Ю., Леонов Д.Б., Технологические методы обеспечения качества изделия, Научно-технический вестник СПбГУ ИТМО, 2011, № 5(75), с. 111 113.

УЛК 629.7.036:621.373

РАЗРАБОТКА СРЕДСТВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОСНАЩЕНИЯ ДЛЯ ЛАЗЕРНОГО МАРКИРОВАНИЯ СФЕРИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ

Р.М. Мухаметов, О.С. Юльметова

Научный руководитель д.т.н., профессор А.Г. Щербак

Представлены конструкция и схема функционирования разработанной технологической оснастки, позволяющей наносить оптические элементы требуемой конфигурации на прецизионные сферические детали методом лазерного маркирования. Сферические детали диаметром 10 мм и 50 мм, выполненные из бериллия и покрытые методом катодно-ионной бомбардировки износостойким покрытием из нитрида титана, находят широкое применение в гироскопическом приборостроении.

Ключевые слова: лазерное маркирование, технологическая оснастка.

Введение

Среди изделий точного приборостроения важное место занимают гироскопические приборы. В ряде случаев основным конструктивным элементом таких изделий являются сферические детали с нанесенным на их поверхности растровым рисунком. Технология создания рисунка играет важную роль, так как именно качество нанесенного рисунка определяет точность съема полезного сигнала в процессе работы изделия. При этом качество рисунка определяется рядом таких характеристик, как точность формы рисунка и четкость его границ.

Проведенные ранее исследования показали, что одним из наиболее перспективных методов создания рисунка является технология лазерного маркирования [1, 2], которая позволяет формировать рисунок требуемой контрастности за счет локального окисления материала покрытия детали, не вызывая ее деформаций [3]. Однако для того, чтобы получить четкий равномерный рисунок на поверхности детали требуется выполнение двух основных условий: постоянства фокусного расстояния и перпендикулярное падение лазерного излучения на маркируемую поверхность.

Целью работы являлось создание специальных средств оснащения для маркирования сферических поверхностей, позволяющих формировать рисунок требуемой конфигурации и точности, а также обеспечивающих постоянство фокусного расстояния и ориентацию лазерного излучения по нормали к обрабатываемой поверхности в процессе маркирования.

Разработка средств технологического оснащения для маркирования сферических поверхностей

Основными объектами исследований являлись сферические детали диаметром 10 мм и 50 мм, выполненные из бериллия марок ДГП или ТИП

с нанесенным износостойким покрытием нитрида титана. Покрытие наносится методом катодно-ионной бомбардировки и его толщина составляет 0,6 мкм для сферы диаметром 50 мм и 3 мкм для детали диаметром 10 мм. На рис. 1 представлена конфигурация наносимого рисунка для сферической детали 10 мм. [4].

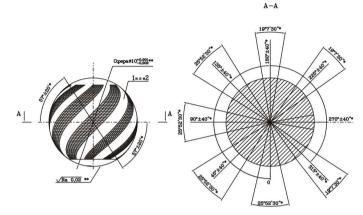


Рисунок 1- Конфигурация растрового рисунка, наносимого на сферическую деталь диаметром 10 мм.

Как видно из рис. 1, растр, наносимый на деталь состоит из восьми винтообразных полос. Для нанесения полос рисунка было предложено техническое решение, основанное на совместном использовании вращателя ПВ60М (рис. 2) и разработанной оснастки (рис. 3), обеспечивающей возможность маркирования восьми полос на сферической детали диаметром 10 мм.



Рисунок 2 - Поворотное устройство ПВ60M, разработка ООО «Лазерный центр»

В таблице представлены основные характеристики вращателя ПВ60М.

Таблица 1 - Характеристики вращателя ПВ60М

Шаг углового позиционирования	0,006 град					
Диапазон изменения угла наклона оси	0-90 град.					
вращения						
Размеры и масса детали, зажимаемой в патроне						
Диаметр наружный	от 0,5 до 50 мм					
Диаметр внутренний	до 60 мм					
Macca	до 0,5 кг					

Вращатель ПВ60М обеспечивает стабильность фокусного расстояния и перпендикулярное падение лазерного луча на маркируемую поверхность. Он предназначен для нанесения маркировки на цилиндрические поверхности. В нашем случае маркируемая деталь имеет сферическую форму. И вследствие изменения кривизны поверхности сферы при маркировании полос наблюдается нечеткая прорисовка полосы по краям (рис. 3), что вызвано очевидным изменением фокусного расстояния.



Рисунок 3 - Размытость границ рисунка после маркирования детали на вращателе ПВ60М

Для того чтобы обеспечить стабильность фокусного расстояния при маркировании сферы было спроектировано устройство, для которого на рис. 4 представлены фрагмент сборочного чертежа и трехмерная модель.

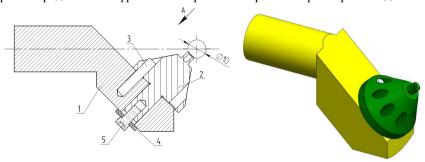


Рисунок 4 - Устройство для маркирования винтовых полос

Разработанное устройство состоит из пяти основных деталей: держателя 1, к которому винтом 5 крепится калибр 2. В держатель запрессовывается штифт 3, который служит направляющим элементом для каждого из 8-ми отверстий калибра 2 в соответствии с количеством полос рисунка. Держатель крепится в зажимной механизм вращателя (рис 2). К калибру 2 предварительно осуществляется приклеивание сферической детали. Выполнение держателя 1 в виде консоли с наклоном поверхности, на которой базируется калибр 2, относительно оси вращения поворотного устройства ПВ60М обеспечивает требуемую угловую ориентацию полос.

Конструкция устройства полностью определяется характером наносимого рисунка. При разработке приспособления был осуществлен расчет ряда посадок: с натягом - для запрессовки штифта 3 в деталь 1 и переходных - для свободного извлечения калибра 2 из держателя 1, а также допусков, обеспечивающих нанесения рисунка с требуемой точностью [5].

Важным аспектом проектирования оснастки было выполнение следующих требований: обеспечение расположения геометрического центра сферической детали на оси вращения приспособления; создание скоса, который позволяет получить угол наклона винтовых полос в 45°20″ и обеспечение точности восьми отверстий калибра, определяющих требуемую точность нанесения восьми полос. Кроме этого, требовалось учесть максимальную нагрузку не более 0,5 кг (см. таблицу), которую может выдержать вращатель ПВ60М.

Схема нанесения восьми полос рисунка представлена на рис. 5

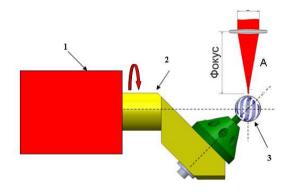


Рисунок 5 - Схема работы устройства

Из представленной на рис. 5 схемы видно, что вращение устройства 2, вставленного во вращатель 1, обеспечивает падение луча лазера перпендикулярно к поверхности сферической детали 3 и сохраняет постоянным фокусное расстояние в процессе обработки. При этом направление лазерного луча А перпендикулярно оси вращения устройства

2. Осуществляется маркирование первой полосы, после чего калибр с приклеенной деталью вынимают, поворачивают на 45°, фиксируют следующую позицию креплением штифта в соответствующем отверстии калибра и осуществляют маркирование второй полосы и т.д.

Однако для детали диаметром 50 мм необходимо нанесение принципиально иного рисунка. На рис.6 представлены оптические элементы, которые необходимо нанести для сферической детали диаметром 50 мм.

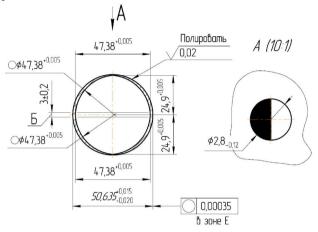
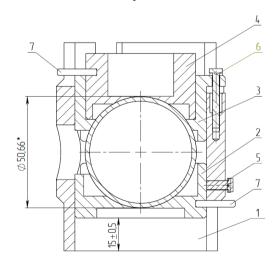


Рисунок 6 - Оптические элементы, наносимые на сферическую деталь диаметром 50 мм.



Рисунок, который требуется нанести на сферический узел 50 мм, представляет собой две полудисковые метки диаметром 2,8 мм, расположенные строго на полюсах сферы. Так как фокус постоянен при маркировании миниатюрной метки на сфере диаметром 50 мм, то основная задача — это точное позиционирование меток на полюсах. Задача прецизионного нанесения полудисковых оптических меток решалась разработкой приспособления, представленного на рис. 7.

Представленное на рис. 7 приспособление для маркирования полудисковых меток с двух сторон по полюсам сферы состоит из восьми деталей. Схема маркирования с использованием разработанного приспособления может быть описана следующим образом. В стакан 1 помещается нижний вкладыш 2, который фиксируется на винтах 5. Далее вставляется сферическая деталь с ориентацией ее оси вращения соосно стакану 1, опускается верхний вкладыш 3 и сферическая деталь фиксируется от проворота винтами 6. Накладывается верхняя маска 4. Осуществляется маркировка одного полюса, после чего производится съем маски, поворот сборного приспособления на 180° и маркировка второй полюсной метки. Деталь-маска повторяет с внутренней стороны контур сферической детали, плотно прилегая к ней, и имеет отверстие, форма и точность которого соответствуют конфигурации оптической метки, которую следует нанести. Точность рисунка при этом обеспечивается точностью изготовления маски и приспособления.

Заключение

В результате проведенной работы были спроектированы приспособления, позволяющие наносить растровый рисунок требуемой точности и конфигурации на сферические узлы гироприборов. Перспективы дальнейших исследований связаны с варьированием формы и контрастности наносимого рисунка, что создает возможность управления точностными параметрами изделия.

Список литературы

- 1. Юльметова О.С., Щербак А.Г. Исследование процесса формирования светоконтрастного растра посредством лазерного маркирования. // "Научно-технический вестник ИТМО" №05(69)/2010, с. 28-34
- 2. Юльметова О.С. Исследование контрастности лазерных меток на прецизионных металлических поверхностях.// Тезисы докладов IX конференции молодых ученых и специалистов. СПб.: ГНЦ ФГУП ЦНИИ «Прометей», 2010, с. 55.

- 3. Вейко В.П. Опорный конспект лекций по курсу "Физикотехнические основы лазерных технологий". Раздел технологические лазеры и лазерное излучение. СПб: СПбГУ ИТМО, 2005 50 с.
- 4. Беляев С.Н. Исследование процессов прецизионного формообразования сферических элементов узлов гироприборов с использованием прогрессивных методов выполнения неразъемных соединений.: Дис. ... канд. техн. наук. СПб., 2009.- 155 с.
- 5. ГОСТ 25347-82. Единая система допусков и посадок.

УЛК 621.01

СИНТЕЗ ПАРАМЕТРОВ МЕХАНИЗМА ДВИГАТЕЛЯ СТИРЛИНГА Д.В. Новиков

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

Аннотация: В данной статье показано, что выбор нетрадиционной кинематической схемы для двигателя Стирлинга, и синтез его параметров для более точного воспроизведения поршнем идеального закона движения, позволяет добиться более высоких значений КПД и удельной мощности, вследствие уменьшения «паразитной» работы над рабочим телом.

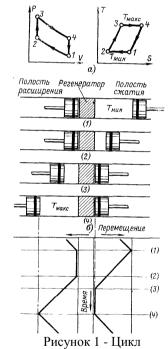
Ключевые слова: синтез механизма, двигатель внешнего сгорания, двигатель стирлинга.

Введение

Маломощные преобразователи энергии, как двигатели внутреннего сгорания (использующиеся в передвижных и стационарных энергоустановках, в транспортных системах и т. п.), являются в настоящее время самыми распространенными потребителями углеводородного топлива, следовательно, и одними из главных источников загрязнения окружающей среды.

С одной стороны, постоянно растущие цены на топливо заставляют искать способы повышения эффективности таких преобразователей. С другой, в качестве мер борьбы с загрязнениями различного рода, вызванными современными двигателями, многими странами постоянно ужесточаются требования к составу выхлопных газов и уровню шума. В связи с этим требуется принципиально иной подход к решению этой проблемы

Двигатель Стирлинга как раз обладает необходимыми преимуществами перед традиционными (экономичность, экологичность и т.д.). Но главным его недостатком являются повышенные габариты и материалоемкость, по сравнению с традиционно использующимися двигателями



Стирлинга.

a — p, V — и T, S — диаграммы; δ — положение поршней в основных точках цикла; ϵ — диаграмма «время — перемещение»

внутреннего сгорания (из-за высокого давления рабочего тела и температуры нагревателя). Стоит так же отметить, что в подавляющем большинстве механизмов двигателей закон движения поршня (вытеснителя) близок к функции $x_p(\phi)=A\cdot\sin(\phi+\phi_0)+b$, существенно отличающейся от идеального закона движения (рис. 1). Следствием этого является то, что над рабочим телом производится «паразитная работа»; в результате – снижение КПД и удельной мощности.

Рассмотрим цикл Стирлинга, приведенный на рисунке 1, является в некоторых отношениях более простым, чем цикл Карно.

Рассмотрим цилиндр, имеющий два противоположно расположенных поршня с помещенным между ними регенератором. Регенератор можно рассматривать как некую термодинамическую «губку», обладающую способностью поочередно поглощать и отдавать теплоту. Один из двух объемов, расположенный между регенератором и поршнями, называемый полостью расширения, находится при высокой температуре $T_{\text{макс}}$. Другой объем, находящийся при низкой температуре $T_{\text{мин}}$, называется полостью сжатия. Здесь так же, как и в цикле Карно, принимается, что движение поршней происходит без трения и без утечек рабочего тела, находящегося между поршнями.

Предположим, что в начале цикла поршень полости сжатия находится в верхней мертвой точке, а поршень полости расширения — в нижней мертвой точке, около торцевой поверхности регенератора. Во время процесса сжатия (1-2) правый поршень движется по направлению к нижней мертвой точке, а поршень полости расширения остается неподвижным. Рабочее тело сжимается в полости сжатия, и давление его увеличивается.

В процессе 2-3 оба поршня движутся одновременно: поршень полости сжатия к регенератору, а поршень полости расширения — от регенератора. Постепенное увеличение температуры газа при прохождении его через насадку регенератора при постоянном объеме вызывает повышение его давления.

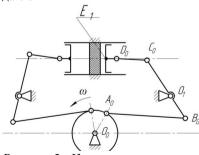


Рисунок 2 - Кинематическая схема механизма для одноцилиндрового

двигателя

В процессе расширения 3-4 левый поршень продолжает двигаться от регенератора в направлении верхней мертвой точки; правый поршень остается неподвижным в нижней мертвой точке. Температура рабочего тела остается постоянной, поскольку теплота Q_e подводится к системе от внешнего источника.

Последний процесс в цикле 4-1, во время которого поршни движутся. При прохождении газа через насадку регенератора теплота от рабочего тела

передается материалу насадки и вследствие этого температура рабочего тела уменьшается и достигает $T_{\text{мин}}$ — температуры полости сжатия.

Для примера рассмотрим многопоршневую систему двигателя Стирлинга. Главным преимуществом перед машинами вытеснительного типа является возможность нагревания и охлаждения посредством теплообменника, в котором, в свою очередь, имеется возможность значительно увеличить поверхность теплообмена, нежели в машинах вытеснительного типа. Это может значительно повысить скорость теплообмена, как следствие обороты и мощность двигателя. Оппозитное расположение поршней позволяет минимизировать мертвые объемы, за счет отсутствующих соединительных трубок между камерами сжатия, расширения и теплообменником.

Был выбран плоский рычажный механизм с оппозитным расположением цилиндров (рис.2).

Достоинства этих механизмов определяются в основном особыми свойствами низших пар, в которые входят звенья. В низших парах соприкасающимися элементами звеньев являются поверхности, поэтому удельные давления и износ в них меньше, чем в высших кинематических парах. Элементы звеньев, образующих эти пары, изготовляются достаточно просто и точно, так как технология обработки плоскостей и цилиндрических поверхностей в настоящее время разработана тщательно и полно. Кроме того, для механизмов, образованных при помощи звеньев, входящих в низшие пары, в отличии, например, от кулачковых механизмов, не требуется пружин и других устройств, обеспечивающих постоянное замыкание кинематических пар.

При помощи плоских механизмов с низшими парами можно теоретически точно воспроизвести любую плоскую кривую. Однако практическое применение этих механизмов ограничивается тем, что они получаются, как правило, многозвенными.

Задача о воспроизведении заданного закона движения состоит в определении таких параметров кинематической схемы, которые обеспечивают точное или приближенное движение выходного звена.

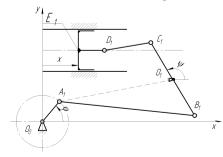


Рисунок 3 - Кинематическая схема «элементарного» механизма

Рассмотрим синтез параметров шестизвенного механизма.

Пусть закон движения входного звена O_0A_1 задан в виде зависимости его угла поворота φ от времени t, т.е.

 $\varphi = \varphi(t),$

а закон движения выходного звена D_1E_1 задан в виде зависимости его линейной координаты x также от времени t, τ . e.

$$x = x(t)$$
.

Исключая из уравнений (1) и (2) время t получаем функцию положения:

$$x = x(\varphi)$$
.

Можно задать идеальную функцию Е_і(ф) положения поршня (исходя из рисунка 1 и условий $50 \le E_x \le 150$ мм, $E_y = const$).

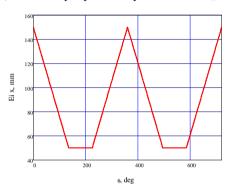


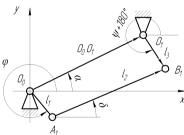
Рисунок 4 - Идеальная функция положения точки Е ползуна

на рисунке 4 это длины l_1 , l_2 , l_3 , O_0O_1 и угол α .

Синтез шестизвенного механизма является достаточно сложным и трудоемким, поэтому целесообразно разбить механизм два и работать четырехзвенными механизмами, введя промежуточную функцию положения

$$\psi = \psi(\varphi),$$
 и $x = x(\psi).$ Связь между переменными x и ψ , ψ и φ устанавливается через размеры звеньев механизма.

Следовательно. чтобы удовлетворить условиям (4) и (5), необходимо соответствующим образом подобрать параметры механизма. Для шарнирного четырехзвенника число независимых параметров можно считать равным пяти. Для изображенного



Зададим отдельные положения звеньев O_0A_1 и O_1B_1 углами $\phi_1, \phi_2, \dots \phi_5$ $\Psi \Psi_1, \Psi_2, \dots \Psi_5.$

Представим стороны шарнирного четырехзвенника (рисунок 5) в виде векторов $\overline{l_1}$, $\overline{l_2}$, $\overline{l_3}$, $\overline{Q_0Q_1}$, тогда имеем

$$\overline{l_1} + \overline{l_2} = \overline{O_0 O_1} + \overline{l_3}$$

Проектируем обе части уравнения (6) на оси Ох и Оу и получаем для произвольного і-го положения механизма уравнения проекций на оси Ох и Оу в виде:

Рисунок 5 - Кинематическая

схема первого четырехзвенника

или

$$\begin{cases} l_1 \cos(\varphi_t) + l_2 \cos(\delta) = O_0 O_1 \cos(\alpha) + l_3 \cos(\psi_t + \pi) \\ l_1 \sin(\varphi_t) + l_2 \sin(\delta) = O_0 O_1 \sin(\alpha) + l_3 \sin(\psi_t + \pi) \end{cases}$$

$$\begin{cases} l_2\cos(\delta) = \theta_0\theta_1\cos(\alpha) + l_3\cos(\psi_t + \pi) - l_1\cos(\psi_t) \\ l_2\sin(\delta) = \theta_0\theta_1\sin(\alpha) + l_3\sin(\psi_t + \pi) - l_1\sin(\psi_t) \\ \theta_0\theta_1^2 + l_1^2 + l_2^2 + l_3^2 - 2l_1l_3\cos(\psi_t + \pi - \psi_t) + 2l_3\theta_0\theta_1\cos(\alpha) \cdot \cos(\psi_t + \pi) + 2l_3\theta_0\theta_1\sin(\alpha) \cdot \sin(\psi_t + \pi) - 2l_1\theta_0\theta_1\cos(\alpha) \cdot \cos(\psi_t) + 2l_1\theta_0\theta_1\sin(\alpha) \cdot \sin(\psi_t) = 0 \end{cases}$$

Возводим правую и левую часть уравнений (8) в квадрат и складываем их. Тогда получаем:

Приводим уравнение (9) к виду

$$\begin{split} p_1 \cos(\psi_t + \pi - \varphi_t) + p_2 \cos(\psi_t + \pi) + p_3 \sin(\psi_t + \pi) + p_4 \cos(\varphi_t) + p_5 \sin(\varphi_t) + 1 &= 0 \\ , \text{где} \ p_i = p_i (l_1, l_2, l_3, O_0 O_1, \alpha). \end{split}$$

Подставляя в равенство (10) заданные углы $\varphi_1, \varphi_2, \dots \varphi_5$ и ψ_1, ψ_2, \dots ₩5, получаем систему из пяти линейных уравнений

$$\begin{cases} -p_1\cos(\psi_1-\varphi_1)-p_2\cos(\psi_1)-p_3\sin(\psi_1)+p_4\cos(\varphi_1)+p_5\sin(\varphi_1)+1=0\\ -p_1\cos(\psi_2-\varphi_2)-p_2\cos(\psi_2)-p_3\sin(\psi_2)+p_4\cos(\varphi_2)+p_5\sin(\varphi_2)+1=0\\ &\cdots\\ -p_1\cos(\psi_5-\varphi_5)-p_2\cos(\psi_5)-p_3\sin(\psi_5)+p_4\cos(\varphi_5)+p_5\sin(\varphi_5)+1=0 \end{cases}$$

Решая данную систему уравнений, определяем из нее величины р₁, р2, р3, р4, р5. Определив эти величины, с помощью соотношений (11) находим искомые параметры l_1 , l_2 , l_3 , O_0O_1 и угол α .

К уравнениям (11) также следует добавить неравенство, при котором возможно существование кривошипа

$$l_1 + O_0O_1 \le l_2 + l_2$$

По аналогичному алгоритму (уравнения (6) – (13)) для второй части механизма (рисунок 6) находим недостающие параметры.

Как видно из графика на рисунке 7 функция положения точки Е поршня максимально приближена к идеальной кривой.

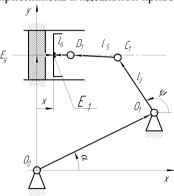


Рисунок 6 - Кинематическая схема второго четырехзвенника

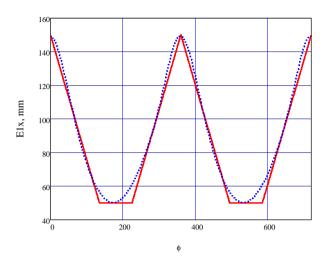


Рисунок 7 - Графики функции положения (координата x) точки E ползуна (показана сплошной линией) и идеальной функции положения точки E ползуна (показана прерывистой линией.

Заключение

Мы видим, что выбор нетрадиционной кинематической схемы для двигателя Стирлинга, и синтез его параметров для более точного воспроизведения поршнем идеального закона движения, позволяет добиться более высоких значений КПД и удельной мощности, вследствие уменьшения «паразитной» работы над рабочим телом.

Список литературы

- Walker G. (1973) Stirling-cycle machines. Universiti of Calgary. Canada. Clarendon Press, Oxford. 1973.
- 2. Айзерман М. А. Классическая механика Издание 2-е, переработанное.- М.: Наука, 1980. 367 с.
- 3. Антовиль А. М. Теория механизмов и машин. М., «Высшая школа», 1961.
- 4. Артоболевский И. И. Теория механизмов. М., «Наука», 1965.
- 5. Кореняко А. С, Кременштейн Л. И. Теория механизмов и машин. Киев, Гостехиздат, 1955.

- 6. Пейсах Э.Е., Нестеров В.А. Система проектирования плоских рычажных механизмов. Москва, изд-во "Машиностроение", 1988, 232 с.
- 7. Уокер Г., Машины работающие по циклу Стирлинга: Пер. с англ.: М.: Энергия, 1978

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТРИБОЛОГИЧЕСКОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

О.Г. Новоселова

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

В данной статье рассматриваются вопросы связанные с трением и изнашиванием сопрягаемых поверхностей, получением качественной и количественной информации об этих процессах. Приводится анализ экспериментальных данных взаимодействия образцов, а так же синтезируется и моделируется нелинейная сила трения.

Ключевые слова: трение, процесс, трибологическое взаимодействие, эксперимент.

Введение

При решении научных, инженерных и производственных задач возникает необходимость в получении объективной количественной и качественной информации о состоянии сопряжения поверхностей. Это основная задача науки – Трибологии.

В число таких задач входят: выбор смазочных материалов; определение температуры в зонах трения; оценка режимов смазки работающего узла трения; определение степени износа трущихся поверхностей; оптимизация параметров микро- и макрогеометрии рабочих поверхностей деталей.

Не менее важной задачей является получение качественной и количественной информации, а также визуализации процессов в зонах трения при проведении экспериментального исследования.

На ряду с существующими типовыми методами, исследование которых производится в условиях, приближенных к реальным, кафедрой Мехатроники СПбГУИТМО разработано устройство для экспериментального определения трибологических и механических характеристик протяженных элементов гибких конструкций (кабелей, тросов, стеклянных волокон)[1].

Принята идея возвратно-поступательного движения испытуемых образцов относительно друг друга, с разработанной измерительной системой. Общая схема устройства приведена на рис.1.

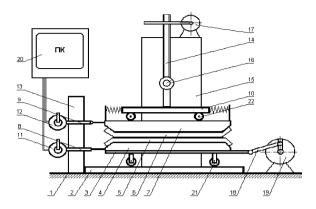


Рисунок 1 - Схема устройства для определения трибологических характеристик трущихся элементов конструкций

На основании 1 закреплены две направляющие 2, по которым движется ползун (платформа) 3. К ползуну жестко крепится держатель 4 образца 5. Держатель 7 образца 6 нагружается через шарикоподшипники 22 нагрузочной площадки 10 винтовым домкратом 14 определенной нагрузкой, измеряемой динамометром 16. Нагружение производится двигателем 17, закрепленным на стойке 15. Перемещение нижнего держателя осуществляется двигателем 19 с помощью шатуннокривошипного механизма 18 и фиксируется датчиком-индикатором 11 через стержень 8, жестко соединенным с держателем 4. Сила трения, действующая на образцы, измеряется датчиком-индикатором 12, закрепленным на стойке 13. Информация с датчиков 11, 12 вводится в персональный компьютер 20[2].

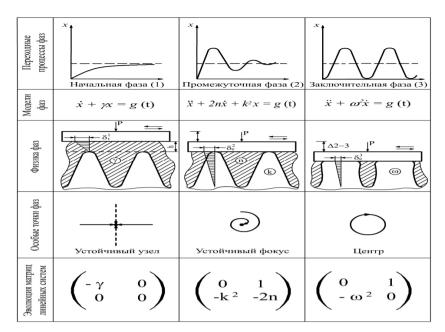


Рисунок 2.1 - Эволюция динамической системы

При исследовании динамики трибологического взаимодействия в реальном режиме времени было установлено, что разрушение поверхности начинается в момент прохождения динамической системой точки бифуркации. В процессе испытаний систематически проводились оценки динамических моделей, соответствующих процессу трения; на каждом из этапов идентифицировались две системные характеристики: импульсная переходная и единичная переходная функции. На (рис. 2.1) в строке "переходные процессы фаз" представлены характерные единичные переходные функции, которые идентифицированы моделями в пространстве состояний. Во второй строке рисунка представлены соответствующие модели. Отметим, что каждой из фаз соответствуют свои значения коэффициентов демпфирования, собственных частот колебаний и качества поверхности.

На (рис. 2.2a) показаны зависимости коэффициентов демпфирования n (кривая 1) и частот собственных колебаний k (кривая 2)- (параметров сопротивления) от реализации фазы процесса.

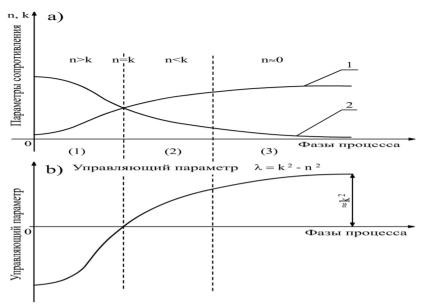


Рисунок 2.2 - Изменение коэффициентов демпфирования и собственных

частот

Анализ экспериментальных данных позволил следующим образом объяснить "физику фаз "- третья строка (рис.2.1). В начальной фазе в контакты включены наружные поверхностные слои, состоящие из загрязнений, адсорбированных газов и окислов. Здесь трибологическая характеристика определяется в основном коэффициентом демпфирования слоя γ (заштрихованная область), а сам слой имеет толщину h и, кроме того, его продукты заполняют впадины между высотами профиля поверхности, - упругость материала профиля в этой фазе играет минимальную роль.

При переходе ко второй фазе, когда от наружных поверхностных слоев осталась функционировать только её часть между впадинами, включается в сопротивление упругая составляющая материала профиля поверхности (собственная частота колебаний k), а вязкое сопротивление характеризуется коэффициентом демпфирования $n < \gamma$.

Наконец, в заключительной фазе профили поверхности становятся деформированными с упрочнением, а остатки поверхностного слоя не оказывают демпфирующего действия, и всё сопротивление определится упругой составляющей упрочненного материала профиля поверхности $\omega > k$. Каждой из фаз сопоставляется определенная динамическая система,

которая характеризуется особыми точками (предпоследняя строка рисунка 2.1); здесь же (последняя строка рисунка 2.1) представлена эволюция матриц динамических систем.

Введем естественный параметр $\lambda = n^2 - k^2$ (рис.2.2b). Сопоставим значения параметра с особыми точками фаз: при $\lambda < 0$ мы обнаруживаем точку притяжения (в линейных системах управления - это апериодическое звено). Далее, на границе 1-ой и 2-ой фаз n = k,- это точка бифуркации Хопфа; затем следует устойчивый фокус - при $\lambda > 0$ (в линейных системах управления - это колебательное звено); наконец, по завершении 3-ей фазы прош $F_H = \Omega \left[(x-y)^2 - \lambda \right] (\dot{x}-\dot{y})$ консервативное звено). Были рассчитаны статье просеме даравтериетики.

Таким образом, при трении скольжения, обнаружен (зарегистрирован) фазовый переход 2 рода, или бифуркация Хопфа, после чего начинается процесс изнашивания. Рассчитан масштаб явления, позволяющий учитывать появление дополнительной степени свободы.

Синтезирована сила трения:

(1)

где \dot{x} - скорость нижней платформы, \dot{y} - скорость верхней платформы, x -перемещение нижней платформы, y - перемещение верхней платформы, Ω - коэффициент пропорциональности, λ - управляющий параметр.

Построена система нелинейных дифференциальных уравнений:

$$m_1\ddot{x} = -F_H + C_1(x_0 \sin pt - x)$$

 $m_2\ddot{y} = F_H + C_2 y$ (2)

где m_1 -приведённая масса нижней платформы, m_2 - приведённая масса верхней платформы, C_1 - упругая связь нижний платформы, C_2 - упругая связь верхней платформы, x_0 - амплитуда кинематического возбуждения, p- частота кинематического возбуждения[3].

Преобразовав систему дифференциальных уравнений, путем подстановки (1) в (2), поставим задачу Коши. И решим ее при помощи программного пакета Simulink.

В результате мы получим следующие графики (рис.3).

При $\lambda < 0$ формируются релаксационные колебания, главной особенностью которых является наличие медленных и быстрых движений на фазовых портретах xd(x) и yd(y). Т.е. в этом случае мы наблюдаем автоколебательный процесс в системе.

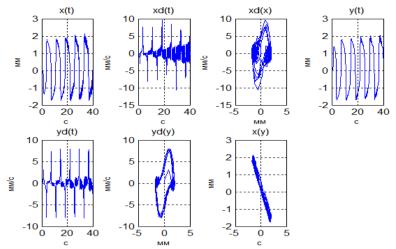


Рисунок 3 - Результаты моделирования для λ=-3

Список литературы

- 1. Патент на изобретение №2244290 (Мусалимов В.М., Исмаилов Г.М., Аникеенко А.Д., Ларичкин М.П., Власов Ю.А.). Опубл. Бюл.2005,№1
- 2. Мусалимов В.М., Сизова А.А., Иванов Е.К., Крылов Н.А.,
- 3. Ткачёв А.Л. Основы трибоники. СПб: СПбГУ ИТМО. 2009, 77 с.
- 4. Мусалимов В.М., Валетов В.А. Динамика фрикционного взаимодействия. СПб: СПбГУ ИТМО, 2006. 191 с.:илл.

УДК 621.01 и 51-74

ПУТИ ОПТИМИЗАЦИИ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТОРСИОННЫХ ПОДВЕСОВ ЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИБОРОВ УИСАТ-1

А.Д. Перечесова

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

Поставлена задача оптимизации устройства для изготовления спирально-анизотропных торсионов УИСАТ-1, предназначенного для изготовления торсионных подвесов чувствительных элементов (ЧЭ) приборов. Составлен функционал для параметрической оптимизации устройства.

Для достижения поставленной цели использованы элементы теории машин и механизмов, методы аналитической механики, методы линейного программирования, а также современные средства компьютерного моделирования – MatLab, Компас.

Ключевые слова: устройство для изготовления спирально-анизотропных торсионов УИСАТ-1, синтез оптимального профиля переключателя, кулачок, оптимизация, линейное программирование.

Введение

Целью исследования является оптимизация устройства для изготовления спирально-анизотропных торсионов УИСАТ-1, предназначенного для изготовления торсионных подвесов чувствительных элементов (ЧЭ) приборов.

Устройство относится к технике производства плетеных изделий, главным образом предназначено для изготовления торсионных подвесов ЧЭ приборов, и может найти применение в магнитометрии, сейсмологии, геодезии, метеорологии, электротехнике и др., т.е. использоваться для производства торсионов ЧЭ высокочувствительных магнитометров, акселерометров, сейсмометров, наклономеров, микробарографов, гальванометров, а также в датчиках охранной сигнализации.

Для улучшения характеристик приборов такого типа используются достижения теории спирально-анизотропного тела и торсионный подвес ЧЭ изготавливают в виде «косички», сплетенной из кевларовых волокон.

На сегодняшний день данные торсионные подвесы используются в качестве подвеса магниточувствительного элемента (МЧЭ) торсионного магнитометра (ТМ), входящего в состав геофизического комплекса GI-MTS-1 (СПбФ ИЗМИРАН). Главным достоинством ТМ с таким МЧЭ является регистрация магнитных полей и их вариаций в диапазоне частот 0...15 Γ ц со среднеквадратичным уровнем шумов не превышающим $1 \left[nT_{7} / \sqrt{\Gamma_{4}} \right]$, при этом приборы менее чувствительны к изменению температуры и климатических факторов, обладают повышенной устойчивостью к динамическим нагрузкам.

Упругий торсионный подвес представляет собой «косичку» из трех прядей (по одной нити в каждой пряди) и служит для создания оси вращения индикаторного магнита. Плотность плетения — 10 узлов/мм. Огибающая поперечного сечения упругого торсионного подвеса представляет собой эллипс с большей осью 0,04 мм и меньшей осью 0,03 мм; общая длина подвеса — 100 мм. Удельная разрывная нагрузка — 1,5 H.

Существующая конструкция не всегда обеспечивает необходимую равномерность и скорость плетения.

Принцип работы УИСАТ-1

Внешний вид и кинематическая схема устройства приведена на рис. 1.

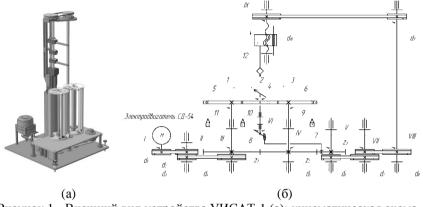


Рисунок 1 - Внешний вид устройства УИСАТ-1 (a); кинематическая схема (б)

1..3 – пряди, 4 – переключатель, 5,6 – диски, 7 – шатун, 8 – рычаг стрелки, 9..11 – грузы, 12 – гайка, I..IX – валы, $z_1 \dots z_3$ – зубчатые колеса, $d_1 \dots d_{10}$ – шкивы

Процесс плетения реализован следующим образом: при помощи электродвигателя М через механический редуктор ($d_1...d_4$) приводятся в движение два диска 5 и 6, в пазы которых пропущены три пряди (1..3) будущей косы. При помощи зубчатых колес z_1 и z_2 реализовано вращение этих дисков во взаимно-встречном направлении. Синхронно с вращением дисков через коромысловый механизм привода переключателя 4 (z_3 ,7,8) реализуется его возватно-вращательное движение. Таким образом, переключатель перемещает пряди из пазов одного диска в свободные пазы другого диска. Механизм подачи ($d_1...d_{10}$, IX, 12) осуществляет

равномерный подъем узла плетения по мере скрещивания прядей механизмом плетения.

В качестве привода устройства выбран электродвигатель с редуктором СД-54.

На рис. 2 изображен эскиз исполнительного механизма, схема одного цикла работы устройства и вид получаемого торсионного подвеса соответственно [1].

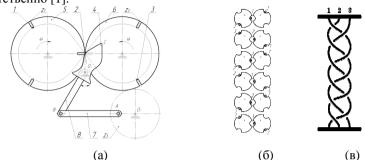


Рисунок 2 - Исполнительный механизм устройства УИСАТ-1 (a), схема одного цикла его работы (б) и результат работы («косичка») (в).

1..3 – пряди, 4 – переключатель, 5,6 – диски, 7 – шатун, 8 – рычаг переключателя, $z_1 \dots z_3$ – зубчатые колеса

Оптимальная форма основного элемента плетения

Критическим элементом в устройстве является исполнительный механизм, который осуществляет перекидку нитей, поэтому предложено оптимизировать профиль переключателя — основного элемента плетения. Переключатель рассматривается, как кулачок. Опираясь на теорию машин и механизмов, а именно область анализа и проектирование кулачковых механизмов, необходимо решить задачу синтеза кулачкового механизма при условии, что задан теоретический (центровой) профиль, который в системе координат кулачка описывает центр сечения рабочего профиля пряди, при движении ее по конструктивному профилю кулачка. Под конструктивным понимается наружный рабочий профиль кулачка. Оптимальная траектория движения прядей задана.

На рис. 3. представлен исполнительный механизм устройства УИСАТ-1 с оптимизированным профилем переключателя.

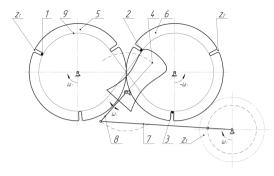
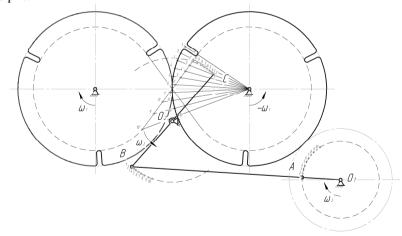


Рисунок 3 - Исполнительный механизм устройства УИСАТ-1 с оптимизированным профилем переключателя.

$$1..3$$
 – пряди, 4 – переключатель, $5,6$ – диски, 7 – шатун, 8 – рычаг переключателя,

9 – оптимальная траектория движения прядей, $z_1 ... z_3$ – зубчатые колеса

Способ построения оптимального профиля переключателя приведен на рис. 4



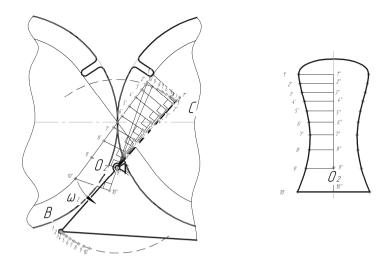


Рисунок 4 - Построение оптимизированного профиля переключателя

Постановка задачи оптимизации УИСАТ-1.

В качестве объекта оптимизации рассмотрим устройство УИСАТ-1.

Математическое программирование — математическая дисциплина, изучающая теорию и методы решения задач о нахождении экстремумов функций на множествах конечномерного векторного пространства, определяемых линейными и нелинейными ограничениями (равенствами и неравенствами).

В процессе проектирования ставится обычно задача определения наилучших, в некотором смысле, структуры или значения параметров объектов. Такая задача называется оптимизационной. В данном исследовании оптимизация связана с расчетом оптимальных значений параметров при заданной структуре объекта, это параметрическая оптимизация.

Для того, чтобы корректно поставить задачу оптимизации необходимо задать:

- Допустимое множество;
- Целевую функцию;
- Критерий поиска (max или min).

В данном исследовании целевая функция и ограничения являются линейными функциями, следовательно, задачи оптимизации разрешаются методами линейного программирования.

Оптимизируемые параметры устройства УИСАТ-1

В работе поставлена задача оптимизации устройства для изготовления спирально-анизотропных торсионов УИСАТ-1, предназначенного для изготовления торсионных подвесов чувствительных элементов (ЧЭ) приборов. Представлено описание УИСАТ-1, разработан оптимальный профиль переключателя — основного элемента плетения. Составлен функционал для параметрической оптимизации устройства.

Список литературы

- Yuri A. Kopytenko , Pavel A. Sergushin, Maksim S. Petrishchev, Valery A. Levanenko, Anna D. Perechesova. Device for Manufacturing Torsion Bars with Helical Anisotropy UISAT-1 // Key Engineering Materials, Vol. 437 (2010) pp 625–628 © (2010) Trans Tech Publications, Switzerland.
- 2. Попов Н.Н. Расчет и проектирование кулачковых механизмов. Изд.2, перераб. и доп. 1980. 214 с.
- 3. Габасов Р., Кириллова Ф.М. Методы линейного программирования. Ч.1: Общие задачи. Ч.1. Изд. 2. 2010. 176 с.

УДК 658.78

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ОПТИМИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА

А. Б. Пиголкин

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

Конкурентноспособность предприятия зависит не только от условий рынка, но и от выбранной производственнгой стратегии. Внедрение системы Бережливого производства — это переход предприятия на новый, более качественный уровень, что предполагает вовлечение в процесс всех сотрудников компании. При этом активное участие обеспечивается как материальными стимулами (за внедренные или утвержденные к внедрению предложения), так и нематериальными (например, возможностью участия в управлении предприятия, реализацией своих идей, карьерным ростом и т.д.). Это должно стать отдельным элементом системы стимулирования и мотивации персонала, действующей на предприятии. На примере одного их производственных предприятий показано, что одним из решений проблем стала концепция формы организации производства, обеспечивающая максимально полное использование рационализаторских резервов. Для успеха самого предприятия внедрение такой концепции должно быть осуществлено как можно раньше для своевременной поставки высококачественных изделий на рынок.

Введение

Оптимизация производства - это подходы, методы, направленные на уменьшение всех возможных издержек и увеличение производительности. Эти инструменты ориентированы, в первую очередь, на производственную часть компании. В общем случае возможно два подхода к оптимизации – управленческий и технологический. Управленческий подход рассматривает оптимизацию производства в первую очередь с точки зрения управления затратами и только в случае необходимости затрагивает модернизацию производства. Связано это с тем, что обновление технологии и основных фондов – процесс дорогостоящий, а значит требует детальной проработки и точного понимания зачем он реализуется и какой эффект окажет.

В настоящее время российским компаниям можно предложить такие методологии оптимизации производства как "Бережливое производство" (Lean Manufacturing) и программы тотальной оптимизации производства (ТОП). Концепции построены на разных принципах, но все они направлены на повышение эффективности производственных процессов на предприятии.

Бережливое производство

Внедрение системы Бережливого производства — это переход предприятия на новый, более качественный уровень, что предполагает вовлечение в процесс всех сотрудников компании. При этом активное

участие обеспечивается как материальными стимулами, так и нематериальными.

Два основных термина в философии Бережливого производства – поток создания ценности для потребителя и муда (muda) - потери в производстве. Основная идея Бережливого производства заключается в том, что каждую операцию над материалом, полуфабрикатом или деталью необходимо рассматривать с двух сторон — "какую ценность создает операция для конечного потребителя?" и "как минимизировать то, что не создает ценности, то есть потери?". Таким образом, оценивая, какие качества продукции важны для клиента, предприятие стремиться искоренить процессы, операции, которые не создают конечной ценности, т.е. являются потерями. Для производства определяют семь видов муда:

- потери из-за перепроизводства;
- потери времени из-за ожидания;
- потери при ненужной транспортировке;
- потери из-за лишних этапов обработки;
- потери из-за лишних запасов;
- потери из-за ненужных перемещений;
- потери из-за выпуска дефектной продукции.

В компании ООО «БСХ Бытовые Приборы» была разработана концепция *Pokayoke* ("защита от дурака"), в соответствии с которой процесс выстраивается таким образом, что работник, совершая какую-либо операцию, не может выполнить ее неправильно.

Еще одно большое достижение ООО «БСХ Бытовые Приборы» - контроль за тем, чтобы продукция с дефектом не перешла на следующий участок. Устранение дефекта производится в месте его обнаружения собственными силами и с помощью специальных групп реагирования. Вот оно - всестороннее управление качеством, концепция *TQM* (*Total Quality Management*) в действии. Ответственность за качество возлагается на сотрудников всех уровней - сверху донизу.

Логика бережливого производства вобрала в себя много разнообразных методов и инструментов. Один из них - принцип *Kaizen*. Это японское слово, означающее проведение постоянных улучшений. Основной постулат: никто не знает процесс лучше, чем человек, непосредственно в нем участвующий. Причем наилучший результат дают небольшие, но частые улучшения в процессе.

Программы тотальной оптимизации производства

Тотальная оптимизация производства (ТОП) – проект, направленный на повышение эффективности производства "снизу-вверх". Возможные направления программы: сокращение затрат, повышение надежности поставок, повышение качества (брак и время простоев), утилизация отходов, устранение "узких мест" в производстве.

В целом реализацию программы тотальной оптимизации производства можно разбить на две фазы. Первая – когда на предприятии создаются необходимые управленческие механизмы, в результате начальных мозговых штурмов находятся существенные резервы сокращения затрат и внедряются соответствующие улучшения. Второй этап – когда программа начинает работать на постоянной основе.

Для успешной реализации проекта ТОП необходимо придерживаться следующих принципов:

- 1. Никто лучше сотрудников предприятия не разбирается в собственном производстве, а значит, не может определить направления повышения его эффективности. При обсуждении проектов на рабочих группах следует рассматривать даже самые смелые и фантастические идеи.
- 2. За принятые и реализованные рацпредложения сотрудники должны быть вознаграждены материально, что будет служить значительной мотивацией персоналу, участвующему в проекте.
- 3. Программа по оптимизации должна поддерживаться высшим руководством предприятия и находиться под его постоянным контролем.

Ниже приведена схема по оптимизации производственной линии (рис 1). Принцип работы заключается в следующем:

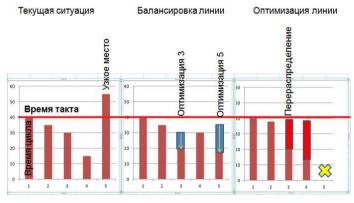


Рисунок 1 - Схема оптимизации производственной линии

Определение времени такта производственной линии

Время такта — это интервал времени или периодичность, с которой потребитель запрашивает готовую продукцию. После определения времени такта выявляем «узкие места». «Узкое место» на предприятии — это процесс в цепи, ограничения, в пропускной способности которого ограничивают пропускную способность всей сети.

В определенный промежуток времени в процессе существует только одно узкое место, однако устраняя его, вы получаете возможность увидеть другое ограничение в процессе. Выявление и устранение «узких мест» – процесс постоянный и непрерывный. Это процесс непрерывного совершенствования.

Проведение балансировки линии

Балансировка линии — это встраивание принципа времени цикла в стандартные операции производственной линии в целях достижения максимальной эффективности. Выравнивание времени всех операций в пределах одной линии или процесса.

Непосредственная оптимизация линии

Для этого производится перераспределение оперций на линии. В результате чего один и тот же производственный план можно выполнить за счет меньшего количества производственных ресурсов.

Methods-Time Measurement

Одним из важных инструментов для оптимизации производства и бережливого производства в целом является *MTM* (методы измерения времени).

С помощью методов *МТМ* трудовые процессы расчленяются на основные движения необходимые для их выполнения. Каждому основному движению приписаны нормативные значения времени (временные модули) в зависимости от влияющих факторов. Из этих временных модулей статистически или аналитически можно составить метод работы. Факторы влияющие на каждое основное движение представляют собой определенные отправные точки для формирования методов труда, а также процессов, и даже конструкции.

В настоящее время *МТМ* - самая распространенная во всем мире система микроэлементов (основных движений) являясь тем самым единой нормой планирования и производительности для предприятий, действующих в глобальном масштабе.

Инструменты MTM позволяют определить самые лучшие методы выполнения, что приводит к существенному повышению производительности путем упрощения или устранения основных движений, не приносящих добавленную ценность. Применение инструментов MTM находит свое отражение в лучшем использовании ресурсов, формировании расходов, большей эффективности и производительности.

Примеры внедрения процессов бережливой логистики

В компании ООО «БСХ Бытовые Приборы» мною были внедрены и реализованы такие проекты как KANBAN, Milkrun, Supermarket, 5s, Poka Yoka и др.

Рассмотрим некоторые из них более подробно:

Сущность системы *KANBAN* заключается я в том, что на все производственные участки завода, включая линии конечной сборки, строго по графику поставляется именно то количество сырья, материалов, комплектующих деталей и узлов, которое действительно необходимо для ритмичного выпуска, точно определенного объема продукции. Средством для передачи приказа о поставке определенного количества конкретных изделий служит сигнал в виде специальной карточки в пластиковом конверте. Количество канбан-карт рассчитывается по следующей формуле:

$$N = \frac{L + (D * RT * (1 + SF))}{CO}$$

 $D = \Pi$ отребительский спрос [ед / ед.вр]

RT = Время пополнения [ед. вр.]

SF = фактор безопасности [0-1]

CQ = Количество контейнеров (#)

L = объем партии (ед)

N= количество канбанов

Основой для создания КАНБАН процесса является то, что каждая точка доставки должна соответствовать критериям КАНБАН. Каждая точка доставки должна быть организована по следующему образцу:

- каждая полка/стеллаж должна иметь четкое предназначение и расположение на фабрике;
- для каждого материала должнен быть подготовлен отдельный слот;
- слот не может быть использован больше чем для одного материала;
- каждый слот должен быть подписан номером материала, находящимся внутри;
- самая верхняя полка стеллажа должна быть подготовлена для пустой тары;
- каждый стеллаж должен иметь коробку для КАНБАН карт;
- стеллажи должны быть снабжены инструкциями по работе с КАНБАН.

КАНБАН карта должна содержать следующую информацию: номер материала, адрес доставки, количество коробок в цикле и количество материала в коробке. Необходимо, чтобы каждая коробка, доставляемая по системе КАНБАН, была снабжена КАНБАН картой.

После использования материала, рабочий должен снять КАНБАН карту и положить ее в желтую коробку для КАНБАН карт. Это является сигналом для внутренней логистики привезти данный материал. Каждая

КАНБАН карта должна быть помещена на новую полную коробку с материалом (рис 2).



Рисунок 2 - КАНБАН карта

Каждый стеллаж должен быть снабжен рабочей инструкцией, чтобы каждый оператор на линии знал, как обходиться с КАНБАН картами.

Основой для структурированного материального потока является адресное хранение материла на заводе. Вся фабрика поделена на зоны доставки материалов и четко определены конкретные места доставки материалов (рис 3).



Рисунок 3 - место доставки материала

Milkrun представляет собой тягач с телегами для доставки материала на линию. Внедрение этого метода позволяет более эффективно использовать время и снижать количество материала при смене модели на линии сборки. Так же это приводит к снижению рабочей загруженности и сокращению расстояний перемещений, так как доставка материалов происходит по графику и строго по определенному маршруту.

Заключение

В заключение стоит отметить, что оба подхода — Бережливое производство и Тотальная оптимизация производства основываются на раскрытии творческого потенциала сотрудников предприятия. В отличие от других управленческих технологий, ориентированных на жесткую регламентацию деятельности и усиление контроля "сверху-вниз", данные подходы позволяют вовлечь в процесс оптимизации работников всех уровней. При этом достигается комплексный эффект: предприятие работает более эффективно, сотрудники вовлечены в процесс реализации проекта и имеют возможность улучшить свои условия труда и материальную компенсацию.

В некоторых случаях результаты перехода к организации производства на принципах логика бережливой логистики могут показаться фантастическими. По данным *Lean Interprise Institute* в мировой практике итогом внедрения этой идеологии становится:

- снижение дефектов на 90%;
- снижение длительности производственного цикла на 90%;
- ускорение сроков выхода на рынок от 50 до 75%;
- снижение затрат на 73%.

Список использованных сичтоников

- 1. Маликов О.Б. Деловая логистика. СПб.: Политехника, 2003г.
- 2. Семененко А.И. Предпринимательская логистика. СПб.: Политехника,1997г.- С.349
- 3. Günther H.-O. Produktion und Logistik, l. Auflage, Springer-VerlagB, erlin-Heidelberg-NeYwork, 1994
- Takeda H. Das Synchrone Produktionssystem, Verlag ModemeI ndustrie,l andsberg/Lech,1 995.
- Маликов О. Б. Деловая логистика: Конспект лекций. Ч. 1. СПб.: ПГУПС, 1999. 66 с.
- 6. Юнеман Р. Поток материалов и логистика. Берлин: Шпрингер, 1989. 512 с.
- Вайссенбах А., Орлова А.А. Усиление рыночной позиции повышение конкурентоспособности посредством последовательного реинжинеринга сборочных и логистических процессов//Сборка в машиностроении, приборостроении – 2006. – №9. – С. 11–16.

УДК 681.52:372.862.896

СИСТЕМА ОЦЕНКИ ДИНАМИЧЕСКОЙ ОСТРОТЫ ЗРЕНИЯ Ю.А. Роти

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

Разработана новая система для оценки динамической остроты зрения (ДОЗ). Реализован подход к определению величины ДОЗ на основе расчета времени движения зрачка исходя из анализа координат его перемещения. Исследовано состояние глазодвигательной системы и ДОЗ у трех человек. Разработана методика определения величины ДОЗ. Проведено сравнение полученных результатов с данными исследований, проведенных ранее.

Ключевые слова: оценка зрения, динамическая острота зрения, оптотип, распознавание образов.

Веление

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.). Разработка и реализация методов оценки динамической остроты зрения необходима для оценки профессиональной пригодности, скорости реакции, адаптационных возможностей человека, оптимизации зрительной работы, коррекции зрения в условиях активного развития техники.

Профессионально значимые зрительные функции: острота центрального зрения, поле зрения, светоощущение, цветоразличение, аккомодация, конвергенция, бинокулярное зрение, их результирующая – зрительная работоспособность.

Широкое применение методов определения ДОЗ сдерживается отсутствием специального оборудования, стандартизованных методов исследования, нормативных показателей ДОЗ, недостаточной осведомленностью об этом показателе зрения врачей и другими причинами. Остаются недостаточно изученными и механизмы мозга, определяющие величину ДОЗ.

Все известные средства оценки зрения имеют те или иные недостатки.

Целью работы является разработка новой методики для оценки ДОЗ и средства для ее реализации, получение опытных данных о ДОЗ, сравнение опытных результатов с данными полученными в экспериментах, проведенных ранее.

Средства оценки ДОЗ

В 2005 г. А.И. Кубарко и Лукашевич И.В. применили свой способ определения ДОЗ [1]. Принцип эксперимента: после адаптации зрения испытуемых к темноте им предлагалось распознавать направление дефекта

кольца Ландольта во время его движения по темному экрану монитора. Для исследования скорости обработки зрительных сигналов и оценивался минимальный временной интервал между предъявлением двух визуальных стимулов, достаточный для различения последовательности их презентации на экране.

Так же на основе заявки на изобретение № А61В3/032 в 2010 г. реализован опытный образец прибора для определения динамической остроты зрения, позволяющего повысить точность измерения ДОЗ за счет использования непрерывно движущихся оптотипов. Он позволяет проводить оценку ДОЗ, исключающую погрешность от мелькания и инерционности экрана. Прибор поддерживает режим реверса. Мобилен. Прост и понятен в использовании. Не требует специальных знаний в офтальмологии.

Принцип получения данных: цилиндр с таблицей оптотипов приводится во вращение, с постепенно увеличивающейся скоростью до момента, когда оптотипы выбранной линии станут для испытуемого неподвижными. Регистрируется соответствующая этому моменту угловая скорость вращения и рассчитывается время перемещения оптотипа выбранной линии на следующую позицию, соответствующее времени перемещения на величину, равную двойной стороне оптотипа-квадрата:

$$t = \frac{2 \cdot a}{r \cdot a}$$

где t – искомое время – значение динамической остроты зрения, a – сторона квадрата-оптотипа, r – радиус цилиндра, ω – текущая скорость вращения цилиндра.

Прибор протестирован на группе из 40 человек [2].

Новая установка для оценки ДОЗ включает высокоскоростную камеру, боковой монитор для предъявления оптотипов, шкалу определения расстояния до оптотипа, устройство фиксации головы испытуемого, устройство обработки информации (компьютер с пакетом прикладных программ MATLAB и программой обработки изображений Osprey).

Условия эксперимента

Испытуемый усаживается перед высокоскоростной камерой. Голова испытуемого фиксируется в определенном положении (положение глаз проверяется по уровню). Соблюдается постоянное расстояние от глаза до объектива. Объектив камеры располагается по высоте на уровне глаз.

Количество испытуемых: 3 человека. Испытуемые отбирались по следующим показателям: желательно европейский разрез глаз, широко раскрывающиеся веки, высокий контраст кромки радужной оболочки и «белка» глаза (карие). Данное требование было сформулировано для повышения вероятности правильного обнаружения радужной оболочки (РО) глаза программой Osprey.

Расстояние от глаза до камеры (точки фиксации взгляда): 300 мм.

Расстояние до объекта: L=1,118м.

Размер внутреннего отверстия шаблона (№8115g)= 14 мм.

Величина оптотипа подбирается аналогично толщинам колец Ландольта, используемых в классических таблицах для определения статической остроты зрения, с погрешностью 5% [3, 4]. Для выбранного расстояния от глаза до оптотипа расчетная величина оптотипа составила 0.5 мм.

Эксперимент проводился в хорошо освещенном помещении. Требование необходимо для обеспечения получения четких высококонтрастных снимков. Ввиду недостаточности естественного освещения в сочетании с общим искусственным освещением помещения, в установке был использован дополнительный осветительный элемент — лампа, расположенная на расстоянии 30 см от объекта съемки и направленная прямо на него.

Т.к. степень утомленности влияет на величину ДОЗ, испытания проводились с людьми не подвергавшимися предварительной физической нагрузке.

Испытания проводились в дневное время суток. Это следует отметить, т.к. время суток так же может повлиять на результат эксперимента (ввиду психофизиологических особенностей индивида).

Продолжительность записи информации – 60 кадров.

Калибровка

Для последующей настройки параметров программы Osprey была получена серия калибровочных снимков (рис. 1). Рядом с глазом испытуемого закреплялся шаблон, таким образом, чтобы в кадре отверстие имело форму круга. После калибровки масштаб по умолчанию применялся для всех остальных изображений. От испытуемого требовалось зафиксировать взгляд на одной точке и не моргать в течение 1 секунды (интервал съемки).



Рисунок 1 - Калибровочный снимок

Эксперимент 1

Получение серии снимков глаза в статике.

Для этого от испытуемого требовалось зафиксировать взгляд на одной точке и не моргать в течение 1 секунды (интервал съемки).

Эксперимент 2

Получение серии снимков глаза в динамике (рис. 2).



Рисунок 2 - Динамика взгляда: слева – исходное положение; справа –

взгляд на оптотипе

Был проведен тест по оценке ДОЗ.

Задание: зафиксировать взгляд на одной точке не моргая, затем по команде перевести взгляд из точки фиксации на оптотип, который появлялся на боковом экране в момент начала теста, за максимально короткое время распознать его и перевести взгляд в исходное положение.

Начало записи изображений синхронизировано с началом теста.

Данный метод оценки ДОЗ является частично субъективным, т.к. время фиксации взгляда испытуемого на оптотипе для его распознавания основано на доверии.

Таким образом было получено:

- 1. серия снимков с шаблоном при неподвижном положении зрачка для калибровки;
- 2. несколько серий снимков для 3-х человек при неподвижном положении зрачка;
- 3. несколько серий снимков характеризующих траекторию движения глаза при выполнении теста по оценке ДОЗ. Расчеты и анализ ланных

Изображения обрабатывались в программе Osprey. Программа позволяет на изображении в формате bmp распознавать и измерять несложные геометрические объекты, определять линейные и угловые размеры, формировать массивы данных измерений и т.п.

По итогам измерений сформированы массивы значений положения центра зрачка (ЦЗ) в статике и массивы значений координат центра зрачка

при перемещении по определенной тестом траектории. В качестве дополнительной информации получены массивы радиуса радужной оболочки, отклонения формы и др.

Данные массивы проанализированы статистическим пакетом среды MATLAB. Ниже графически представлен массив значений координаты х ЦЗ (рис. 3).

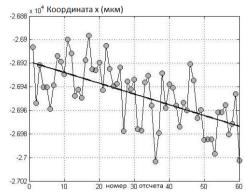


Рисунок 3 - Определение координаты x Ц3 на серии из 60 кадров и ее линейная аппроксимация

Величину ДОЗ выражают показателями предельной скорости движения — град/с и минимального времени презентации объекта, при которых испытуемый способен различать его детали. Эти величины могут лежать только в положительной области значений. Для моделирования распределений таких величин используются одно- и двухпараметрические законы, такие как Вэйбулла или его частные случаи: экспоненциальный и Рэлея. С помощью стандартных команд определены параметры распределений значений координат центра зрачка: математическое ожидание — MO (mean), среднее квадратическое отклонение — sko (std) и параметр масштаба (в предположении, что ДОЗ подчиняется закону распределения Рэлея). Коэффициент масштаба для закона распределения Рэлея можно рассчитать по следующей формуле:

$$k = \Gamma(1 + \frac{1}{b}),$$

где Γ – гамма-функция, b – коэффициент формы. Получено значение k=1 через функцию gamma.

Параметр масштаба *а* в распределении Рэлея равен отношению математического ожидания выборки, полученной при помощи *randtool*, и коэффициента масштаба:

$$a = \frac{MO}{k}$$
.

Измерения показывают высокую стабильность определения положения центра зрачка в статике. Расчетные данные СКО показывают, что для точного определения положения центра зрачка достаточно 7-10 изображений.

В качестве примера приводятся рассчитанные параметры распределения для координаты ЦЗ х в статике (Испытуемая: возраст 24 года, глаза голубые):

MO = -26947 MKM:

cko = 25.7616:

b = -27004 - коэффициент формы;

a = -26946 — параметр масштаба.

Как отмечалось, ДОЗ измеряется в показателях времени.

По данным, полученным белорусскими исследователями [1], средняя величина динамической остроты зрения у здорового человека составляет 90 мс. Существенные отклонения полученного значения от 90 мс характеризуют динамическую остроту зрения испытуемого как лучшую (чем меньше значение t, тем лучше динамическая острота зрения), так и худшую (чем больше значение t, тем хуже динамическая острота зрения) по сравнению со средним значением.

По данным, полученным при помощи прибора для оценки ДОЗ, собранном Ротц Ю.А и испытанном на группе из 40 человек, средняя величина ДОЗ равна 77,57 мс. В соотношении с исследованиями А.И. Кубарко и соавт., значение ДОЗ 77.57 мс, может характеризоваться как "лучше среднего" [2].

Данные, полученные с помощью представленной в данной работе, установки, представляют собой перемещение. График отклонений взгляда от исходного положения приведен на рис. 4.

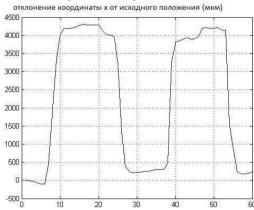


Рисунок 4 - График массива отклонений взгляда от исходного положения

Зная величину перемещения, можно рассчитать время.

Для этого была написана программа в MATLAB. Программа позволяет вычислить количество кадров, затраченных на перемещение взгляда, из исходного положения на оптотип и выдает номера соответствующих кадров. Далее можно посмотреть по номеру кадра его время относительно начала эксперимента и вычислить промежуток времени по разности временного интервала между кадрами начала и конца движения. Можно вычислить среднее время движения взгляда по выборке значений из нескольких экспериментов.

Подобным образом вычисляется время задержки взгляда на оптотипе. Программа в MATLAB так же подсчитывает количество кадров задержки и выдает их номера.

Перемещение взгляда из исходного положения на оптотип соответствует временному интервалу от 32 до 50 мс (3 кадра видеоряда). Задержка взгляда на объекте составляет в среднем 13 кадров, что соответствует временному интервалу 240 мс.

Величина ДОЗ определяется как сумма времени движения взгляда и времени задержки взгляда на оптотипе. Получаем ДОЗ равную примерно 272 мс.

Заключение

Разработана новая система для оценки динамической остроты зрения (ДОЗ). Установка позволяет проводить высокоскоростную съемку движений глаз.

Получены серии четких изображений глаз 3-х человек, пригодные для компьютерной обработки в программе Osprey для получения данных для последующего анализа с помощью MATLAB.

Реализован подход к определению величины ДОЗ на основе расчета времени движения зрачка исходя из анализа координат его перемещения.

Проведено сравнение полученных результатов с данными исследований, проведенных ранее.

Анализ полученных массивов позволяет оценить:

- 1. скорость реакции (расчет промежутка времени от начала эксперимента до начала движения глаза);
- 2. ДОЗ (время, затрачиваемое на перемещение взгляда из исходного положения на оптотип, на какое время задерживается взгляд на одном объекте, чтобы распознать его);
- 3. глазодвигательные способности зрительного анализатора, плавность движений глаз (расчет скоростей перемещения зрачка на протяжении траектории движения).

Дальнейшее моделирование в среде MATLAB позволит развивать теорию оценки ДОЗ, основанную на статистике.

Список литературы

- 1. Кубарко А.И., Лукашевич И.В., "Анализ механизмов динамической остроты зрения", Медицинский журнал, №1, 19, 2007.
- 2. Ротц Ю.А., Мусалимов В.М. "Экспериментальная оценка динамической остроты зрения (ДОЗ)", СПб: СПбГУИТМО, труды VII Международной конференции молодых ученых и специалистов "Оптика 2011", 2011.
- 3. Мусалимов В.М., Воронцов Е.А., "Прямые и обратные перспективы на цилиндре как средство оценки зрительной восприимчивости", СПб, "Фундаментальные проблемы оптики–2006", 2006.
- 4. Воронцов Е.А., Черноусов А.С. Классификация методов и средств определения остроты зрения, СПб: СПбГУИТМО, Научнотехнический вестник, № 28, стр. 75–82, 2006.
- 5. Шмидт Р. Физиология человека, Р. Шмидт, Г. Тевс. М.: Мир. 323 с., стр. 237, 1996.

УЛК 623.4.084.8

РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО ПРИВОДА М.Ю. Сачков

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

Работа посвящена проектированию мехатронного модуля. Данный модуль осуществляет ориентацию выходного звена, закрепленного в кардановом подвесе, по двум взаимно ортогональным осям. Для осуществления заданного движения используется рычажный механизм. Произведен кинематический анализ механизма и расчет мотор-редуктор.

Ключевые слова: привод, карданный подвес, мехатронный модуль, зубчатые передачи, редуктор простого ряда.

Введение

Электромеханические привода играют роль исполнительных механизмов в робототехнике. Робототехнические манипуляторы, как правило, состоят из нескольких приводов объединенных по схеме двигатель-стойка. В них используются двигатели постоянного и переменного тока, а для реализации отрицательной обратной связи используются датчики положения, угловых скоростей, ускорений, установленные непосредственно на валу двигателя или связанные с звеном манипулятора, положение и перемещение которого необходимо отслеживать. Подобный класс механизмов применяется в автоматизированных сборочных линиях, обитаемых и необитаемых глубоководных аппаратах, космических аппаратах и т.д.

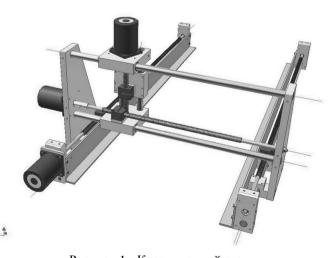


Рисунок 1 - Координатный стол

В современные станках с числовым программным управлением и координатных столах (Рис. 1) электромеханические привода служат для позиционирования исполнительного инструмента или обрабатываемой детали в системе координат станка.

Еще одной областью распространения приводов данного типа может служить радиолокационное оборудование. Они осуществляют точное позиционирование антенны в пространстве. Как правило, данные системы слежения стационарные или входят в состав бортовой аппаратуры. Точность поворота антенны может достигать долей угловых секунд.

Для нестационарных систем одним из немаловажных критериев служит массогабаритные показатели. При проектировании систем космического, авиационного базирования к оборудованию предъявляются жесткие требования по минимизации инерционных характеристик.

Сейчас во многих образцах подобных устройств используются редукторные мехатронные модули разработанные еще в 60-70 годы прошлого века. В них используются известные элементы и машины, зарекомендовавшие себя, как простые и безотказные устройства. Однако многие из этих устройств в наступившем веке уже морально устарели. Благодаря развитию компьютерной технике и совершенствованию исполнительных механизмов стали появляться современные аналоги этих устройств, выполняющие те же функции с большим эффектом.

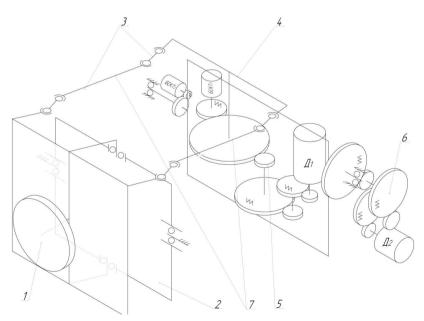


Рисунок 2 - Кинематическая схема привода

Кинематическая схема привода

Для осуществления ориентации рабочего органа по двум взаимно перпендикулярным осям был разработан электромеханический привод со следующей кинематической схемой[1]:

На рис. 2: 1 – антенна: 2 – рамка подвеса антенны: 3 – карданы Гука, при помощи которых тяги 7 соединены с рамкой 2 и редуктором прокачки по углу азимута 5; 4 – рамка подвеса редуктора и двигателя канала азимута; 6 – редуктор с электродвигателем канала угла места. Значение углов поворота снимается с бесконтактных синусно-косинусных трансформаторов (БСКТ₁, БСКТ₂).

Для данной схемы был произведен кинематический анализ с разбиением данной схемы на два плоских механизма. При расчете значения приведенного к валу двигателя момента инерции было учтено, что момент инерции внутренней кинематической схемы изменяется в зависимости от угла поворота рабочего органа. Ввиду этого обстоятельства при расчете внешней кинематической цепи было принято максимальное значение приведенного момента инерции внутренней.

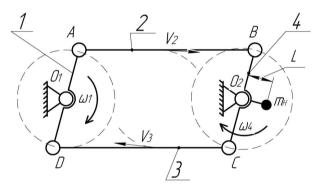


Рисунок 3 - Расчетная схема внутренней кинематической цепи

Исходные данные для внутренней кинематической цепи (Рис. 3) $l_2 = l_3 = 120 \text{ mm}; \quad l_1 = l_4 = 121 \text{ mm}; \quad m_1 = 7.21 \cdot 10^{-2} \text{ kp}; \quad m_2 = m_8 = 4.4 \cdot 10^{-2} \text{ kp};$ $m_a = 1,24 \cdot 10^{-2}$ кг. Длины звеньев 2, 3 и 1,4 равны, и угловая скорость 4-го и 1-го звеньев равны: $\omega_1 = \omega_4 = 90^{\circ}/\text{сек}$. Скорость $V_2 = -V_3 = \omega_1 \cdot 1_{\text{AC}}$;

Из условия равенства кинетических энергий определим значение приведенного момента инерции:

$$J_{np} = J_1 + m_2 \cdot \left(\frac{v_z}{\omega_z}\right)^2 + m_3 \cdot \left(\frac{v_z}{\omega_z}\right)^2 + J_4 + (J_H + m_H \cdot L^2); \tag{1}$$

В соответствии с формулой (1):
$$J_{\rm rip} = 4.32 \cdot 10^{-5} + 4.4 \cdot 10^{-2} \cdot (6 \cdot 10^{-2})^2 + 4.4 \cdot 10^{-2} \cdot (-6 \cdot 10^{-2})^2 + +11.8 \cdot 10^{-5} + 5 \cdot 10^{-4} + 3 \cdot (1.7 \cdot 10^{-2})^2 = 2.06 \cdot 10^{-3} \ {\rm H \cdot m^2}_{\it i}$$

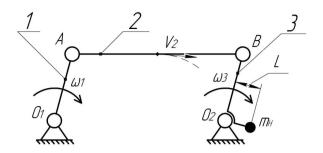


Рисунок 4 - Расчетная схема внешней кинематической цепи

Во внешней кинематической цепи (Рис. 4): $l_1 = l_3 = 72$ мм; $l_1 = 121$ мм; $m_2 = 0.91 \cdot 10^{-2}$ кг; $m_2 = 8.8 \cdot 10^{-2}$ кг; $m_3 = 1.24 \cdot 10^{-1}$ кг. Скорость вращения 3-го звена задана. Длины звеньев 1, 2 равны, угловые скорости 3-го и 1-го звеньев равны: $\omega_1 = \omega_3 = 90^{-9}$ /сек Скорость $V_2 = \omega_1 \cdot l_{AD}$;

Из условия равенства кинетических энергий определим значение приведенного момента инерции:

$$J_{ny} = J_1 + m_2 \cdot \left(\frac{V_R}{\omega_e}\right)^2 + J_3 + (J_H + m_H \cdot L^2);$$
 (2)

В соответствии с формулой (2):

$$J_{\text{rip}} = 1,36 \cdot 10^{-3} + 8,8 \cdot 10^{-2} \cdot (7,2 \cdot 10^{-2})^2 + 1,31 \cdot 10^{-4} + 5 \cdot 10^{-4} + 3 \cdot (1,7 \cdot 10^{-2})^2$$

$$= 2.7 \cdot 10^{-3} \text{ H} \cdot \text{m}^2;$$

С учетом полученных значений был спроектирован мотор редуктор. В качестве исполнительного двигателя был выбран электродвигатель постоянного тока ДП35-16-4-12-P09-O2.

Расчетные значения кинематической погрешности составили 54,38 угл. минуты, момента трогания $1,12~{\rm H\cdot mm}^2$, кинематического мертвого хода $16,94~{\rm угл}$. мин. при суммарном упругом мертвым ходом $3,2~{\rm угл}$. мин.[2-4].

Заключение

В дальнейшем наиболее значимой задачей является улучшение показателей качества редуктора[5]. На основе применения современных компьютерных средств моделирования и внедрения комплексного метода распределения параметров оптимизации зубчатых передач. Как правило для решения этой задачи расчеты производят исходя из минимума приведенного момента инерции, габаритных и массовых характеристик или точностных параметров. Однако повышение характеристик по одному из выше обозначенных параметров вызывает ухудшение остальных, а существующие рекомендации по методике распределения общего передаточного отношения носят лишь общий характер и не учитывают целый ряд требований, предъявляемых к передачам.

Список литературы

- 1. ГОСТ 2.770-68 «Обозначения условные графические в схемах. Элементы кинематики».
- 2. ГОСТ 9178-81 «Передачи зубчатые цилиндрические мелкомодульные. Допуски».
- 3. ГОСТ 21098-82 «Цепи кинематические. Методы расчета точности».
- 4. Расчет и проектирование зубчатых редукторов: Справочник/В.Н. Кудрявцев, И.С. Кузьмин, А.Л. Филипенков; Под общей редакцией В.Н. Кудрявцева. СПб.: Политехника, 1993. 439 с.: ил.
- 5. Справочник конструктора точного приборостроения/Г.А. Веркович, Е.Н. Головешкин, В.А. Голубков и др.; Под общ. Ред. К.Н. Явленского, Б.П. Тимофеева, Е.Е. Чаадаевой. Л.: Машиностроение. Ленингр. Отд-ние, 1989. 792 с.: ил.

УЛК 621.179.118.2

АВТОМАТИЗАЦИЯ КОНТРОЛЯ МИКРОГЕОМЕТРИИ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ МАШИН И ПРИБОРОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТОПОГРАФИЙ

Е. А. Филимонова

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

В работе рассмотрена проблема автоматизированного контроля микрогеометрии поверхностей. Разработана методика оценки и контроля микрогеометрии с помощью непараметрических критериев.

Ключевые слова: микрогеометрия, автоматизированный контроль, непараметрические, критерии

Введение

Выявление микрогеометрии, оптимальной для данных конкретных условий, является одной из важнейших задач для повышения качества поверхностного слоя изделия. В то же время применение параметрических критериев оценки для для этих целей в данный момент не представляется возможным, т.к. для полного описания профиля поверхности как случайной величины требуется от 3 до 25 параметров[1], а сейчас при нормировании чаще всего используется один критерий(Ra или Rz).

В 1976 г. для решения этой проблемы профессором Валетовым В.А. было предложено использовать так называемые непараметрические критерии, а именно графические изображения различных функций: в простейшем случае — это графики функции распределения ординат и тангенсов углов наклона или кривая Аббота, в более сложных случаях — это функции плотности распределения ординат и тангенсов углов наклона профиля [2 - 4].

Рассмотрим профили двух поверхностей, полученные разными способами обработки: растачиванием и фрезерованием. Сравнивая данные поверхности только по параметрам Ra и Rz (см. табл. 1), можно сделать предположение о том, что шероховатость профилей одинакова. Однако остальные стандартные параметрические критерии отличаются, следовательно, профили различны. Если посмотреть на непараметрические критерии (см. рис. 1), то сразу видно отличие в шероховатости поверхностей для этих профилей.

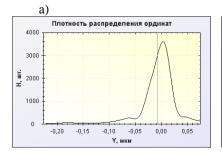
Таблица 1 - Параметрические критерии для двух поверхностей

M	Обработ	F	R	R	F	S	S
атер.	ка	a,	z,	max,	q,	, MKM	m,
		MKM	MKM	MKM	MKM		MKM
Ч	Растачив	1	1	1	2	1	5
угун	ание	,60	1,01	3,69	,07	0,58	1,46
Ч	Фрезеров	1	1	1	2	2	9
угун		,60	1,01	1,58		3,13	0,84



Рисунок 1 - Плотность распределения ординат безразмерного профиля; 1 - фрезерование, 2 - растачивание; H – частость, Y – высота профиля; Rq - среднеквадратическое отклонение.

Для автоматизирования оценки и контроля микрогеомерии с помощью непараметрических критериев был выработан следующий алгоритм. Во-первых, производим измерение микрогеометрии нужной поверхности на профилометре. Затем нужно отфильтровать полученный профиль. Далее строим непараметрические критерии для данного профиля (см. рис. 2).



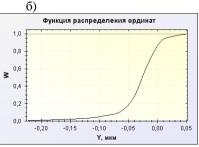


Рисунок 2 - Непараметрически критерии оценки микрогеометрии; а — плотность распределения ординат профиля; б — функция распределения ординат профиля

С помощью данной методики можно осуществить сравнение двух и более профилей, например, сравнить контролируемую поверхность с эталоном.

Для эталонного графика строится допустимая зона его отклонений. Для сравнения достаточно совместить графики непараметрических критериев (см. рис. 3) и визуально установить факт совпадения с допуском или факт выхода за его пределы контролируемой поверхности.

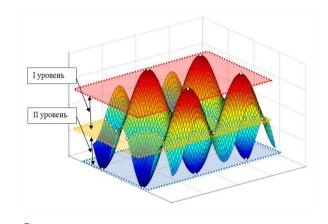


Рисунок 3 - Сравнение профиля с эталоном по плотности распределения тангенсов углов наклона профиля (1- эталон с полем допуска, 2 – контролируемая поверхность)

Для автоматизации процесса контроля микрогеометрии с помощью непараметрических критериев по этой методике было создано программное обеспечение в среде Microsoft Visual Studio 2008[5, 6].

Осуществлять автоматизированный контроль микрогеометрии можно также с использованием микротопографий поверхности. С помощью профилометра получаем микротопографию нужной поверхности. Далее применяем фильтрацию и разбиваем топографию уровни. Для наглядности микротопография на рис. 4а разбита на 2 уровня. После указанных действий необходимо построить плотности распределения ординат (рис. 4б) и тангенсов углов наклона микротопографий.

a)



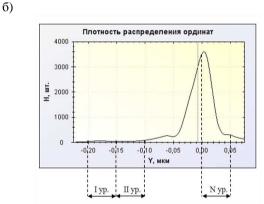


Рисунок 4 - Оценка микрогеометрии с использованием микротопографий поверхности; а - результат разбиения микротопографии на уровни и подсчет числа ординат, попавших в каждый уровень (слой); б - плотность распределения ординат топографий H(y); H -отношение числа ординат, попавших в слой, к общему числу ординат трехмерной топографии; y_i — фактические значения ординат, определяющих границы слоя.

Сравнение плотностей распределения осуществляется так же, как и в предыдущем алгоритме, путём совмещения графиков непараметрических критериев оценки.

Данная работа позволяет решить как практические, так и исследовательские задачи в области контроля оптимизации

микрогеометрии функциональных поверхностей с помощью непараметрических критериев.

Разработка и внедрение программного обеспечения на основе данной методики на предприятии позволит решить проблему оптимизации микрогеометрии поверхностей в массовом масштабе.

Список литературы

- 1. Валетов В.А. Возможные критерии оценки шероховатости обработанных поверхностей // Труды Ленингр. кораблестроит. ин-та. 1976.
- 2. В.А.Валетов, А.Ю. Иванов. Непараметрический подход к оценке качества изделий. Издательство "Политехника", "МЕТАЛЛООБРАБОТКА", 6(60),2010, c.55-59.
- 3. Валетов В.А. Целесообразность изменения стандарта на шероховатость поверхностей деталей // Машиностроение и автоматизация производства: Межвуз. сб. №6. СПб.: СЗПИ, 1997.
- 4. В.А. Валетов Оптимизация микрогеометрии поверхностей деталей в приборостроении. Учебное пособие, Ленинград, ЛИТМО, 1989г., 100 стр.
- 5. "Программа автоматизированного контроля микрогеометрии поверхностей с помощью непараметрических критериев" зарегистрирована в Реестре программ для ЭВМ 18.05.2011, регистрационный номер: 2011613843.
- 6. В.А. Валетов, Е.А. Филимонова Программа автоматизированного контроля микрогеометрии поверхностей с помощью непараметрических критериев, Металлообработка, №5, 2011г, с. 44-47

УДК: 004.896

Взаимодействие технологических интеллектуальных агентов в технологической интегрированной среде

Н.Е. Филюков

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

В статье рассматривается способ взаимодействия между технологическими агентами мультиагентной системы АСТПП на примере разрабатываемой системы на кафедре приборостроения СПб НИУ ИТМО. Рассмотрены основные вопросы и возможные решения в данной проблеме.

Ключевые слова: АСТПП, мультиагентная система, взаимодействие агентов.

Введение

В настоящее время, существующие системы АСТПП представляют собой набор баз данных и баз знаний, взаимодействующих в одной системе и предоставляющие технологу ограниченные возможности при принятии решений. Такая система получается весьма ограниченной, она не может в полной мере расширяться, а поддержание таких систем на предприятиях время- и трудозатратно. Необходимо новое решение для организации работы систем АСТПП – разделение системы на отдельные модули, не зависящие друг от друга, что позволит легко расширяться системе, а также предоставление программы по средствам интернете, что позволило бы клиентам с простотой и без лишних затрат взаимодействовать с системой. Одна из основных и сложнейших задач при построение такой системы является взаимодействие модулей в сети между собой.

Но для того, чтобы войти в курс дела остановимся на основных принципах организации системы отдельно. На сегодняшний день многие иностранные фирмы (а на данный момент и отечественные) разрабатывающие системы САПР начинают разработку своих основных продуктов в виде облачных SaaS-систем. То есть такие программы планируется предоставлять клиентам в браузерах их компьютеров по средствам интернета как услуги. Оплата за использование в таких системах идет за конкретное время их использования. С точки зрения надобности подобного перехода можно выделить, что клиенту всегда доступна последняя версия выбранного им приложения (нет необходимости производить обновление). Если это PDM-система, то пользователи автоматически работают в едином информационном пространстве. Можно выделить еще много плюсов подобного перехода, но о них будет рассказано в других статьях. Современная АСТПП, что не уступать последним вехам развития современных технологий, а также в

первую очередь для удобства и комфорта клиентов также должна строиться виде SaaS-приложения.

Но предоставление работы программы через интернет — это единственное условие для создания интеллектуальной, гибкой и масштабируемой АСТПП нового поколения. Такая система должна делиться на интеллектуальные модули, способные взаимодействовать друг с другом. Такой принцип построения информационной системы определен в основных понятиях мультиагентных технологий.

На кафедре технологии приборостроения проходит активная разработка и тестирования системы АСТПП нового поколения, которая удовлетворяет выше изложенным требованиям, а также которая могла бы удовлетворять потребности современных промышленных предприятий, работающих по кооперации и занимающиеся в сфере машино- и приборостроения. Данная система реализовывается по принципам мультиагентных технологий. Система делится на интеллектуальные агенты, где каждый агент выполняет свою заданную функцию, что имеет большое значение при создании расширяемой интеллектуальной системы АСТПП. В такой системе технологические отдельные функции берет на себя агент. Сложность, которая стоит в данный момент и, которая с успехом реализовывается и тестируется, является взаимодействие между агентами системы.

Суть проблемы в том, чтобы агенты, работали в одном так называемом языковом поле. Чтобы при запросах между, принимающий агент понимал, что от него хотят, и передавал информацию, также в понятном виде для агента, посылающего запрос.

Для этих целей была разработана мини-спецификация основанная на спецификации FIPA Abstract Architecture (FIPA – Foundation for Intelligent Physical Agents). Рассмотрим эту мини-спецификацию.

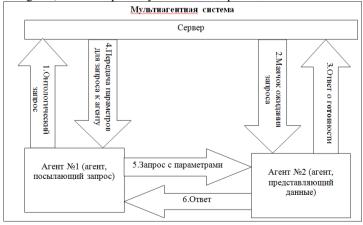


Рисунок 1 - Упрощенная схема взаимодействие агентов.

Суть любого взаимодействия это работа с сервером и взаимодействие с ним. Были рассмотрены и протестированы различные способы взаимодействия агентов, из которых был выбран способ, показанный на рис.1.

Рассмотрим данную схему более подробнее по порядку взаимолействия:

- 1. «Онтологический запрос» запрос к серверу для нахождения необходимых данных (знаний) среди агентов системы. Агент формирует специальную строку, в которой выделяется в какой области знаний ему необходимо получить информацию и посылает ее на сервер. При правильном построении строки она должна совпасть со строками описания методов агентов системы, хранящимися в БД сервера.
- 2. «Маячок ожидания запроса» если сервер, находит необходимый агент с необходимыми данными, то он посылает к нему так называемый маячок с информацией об агенте, которому необходимы эти данные. Это необходимо для того, что бы агент предоставляющий данные был в ожидании запроса от известного агента системы, а также не был загружен попросту чужими запросами.
- 3. «Ответ о готовности» если агент, предоставляющий данные готов к ожиданию, то он передает обратно на сервер информацию о том, что тот готов и ждет запроса от другого агента.
- 4. «Передача параметров» сервер, после подтверждения о готовности агента передает информацию о нем, а именно путь в сети к нему и необходимые параметры для запроса к агенту, которому необходимы данные.
- 5. «Запрос с параметрами» агент, запрашивающие данные напрямую обращается к агенту, предоставляющие данные с необходимыми параметрами, необходимыми для запроса.
- 6. «Ответ» агент, предоставляющий данные передает необходимые данные.

7. Сессия закрыта.

Но выше описанного не достаточно для корректного взаимодействия между агентами. Для корректной работы им также необходимо работать в одной семантической базе (иметь один «языковой» словарь) для составления запросов друг к другу (не к серверу), а также передавать сами данные в понятной друг для друга форме. Для поиска агентов в базе сервера используется онтологическое описание агентов, то есть описание в понятном для человека и для машины виде для их поиска для дальнейших запросов. Такие описания должны быть четкими и однозначными. Агенты, предоставляемые одни и те же функции не должны описываться разными способами, иначе поиск их в системе для взаимодействия будет не корректный и может даже вообще невозможный.

Все эти три задачи сложны. На данном этапе они решены наиболее простыми способами, но не достаточными

	Проблема	Решение на данном	Необходимое		
		этапе	решение		
-	Семантическая база для запросов между агентами, передача параметров (длина, шероховатость, скорость резанья)	При составлении агента программисту предоставляются все имеющиеся в программе параметры для работы, из которых он выбирает необходимые и включает в агент	Составление единой базы данных параметров. Такая система, также являясь агентом, по стандартному запросу предоставляет необходимые параметры агентам для дальнейших запросов.		
	Передача данных в понятной для всех агентов форме	Создание стандартных структур, хранящих тип данных и сами данные. Такие структуры предоставляются абстрактным классом, из которого в последствии формируются агенты	На данный момент автор видит данную проблему решенной.		
	Онтологическая база, для описания функционала агентов (расчет режимов резанья, выбор оснастки, выбор оборудования)	Формируется вручную программистами при создании агентов. Ошибка может стоит некорректной работы системы. Программист агента должен быть в курсе всех агентов подключенных к системе, что в будущем будет не возможно.	Создание базы данных среды агентов в области приборостроения, описывающей все возможные варианты. Дополнение базы данных при необходимости. Предоставлении программисту агентов данной базы для подстановки в агент необходимой области из уже имеющихся.		

Заключение

Приведенный способ взаимодействия агентов мультиагентной системы АСТПП позволяет построить систему АСТПП, работающую в интернете, где агенты при правильном построении могут без участия со стороны пользователя взаимодействовать между собой и выдавать конечному пользователю необходимый результат.

При усовершенствовании семантики и онтологии системы возможно почти полная автоматизация построения запросов между агентами. Задача будет состоять в правильном выборе программиста агента в правильном описании агента, чтобы тот не затерялся среди агентов и выполнял свои функции.

Список литературы

1. В.А. Лапшин «Онтология в компьютерных системах» - М.: Научный мир, 2010.-224 с.

Круглый стол

«Интегрированные технологии проектирования и производства изделий из полимерных композиционных материалов»

Круглый стол проводился 12 апреля 2012 года в рамках V сессии научной школы «Проблемы механики и точности в приборостроении» и был посвящен интегрированным технологиям проектирования и производства изделий из полимерных композиционных материалов.

Соруководители круглого стола:

- д.т.н., профессор Мусалимов В.М.,
- к.т.н., доцент Яблочников Е.И.

На круглом столе были обсуждены следующие темы:

- 1. применение систем виртуального моделирования при проектировании изделий из полимерных композиционных материалов (ПКМ);
- 2. актуальность создания баз данных ПКМ;
- 3. особенности патентных исследований по ПКМ
- моделирование технологических процессов литья под давлением при производстве деталей из ПКМ;
- интегрированные компьютерные технологии проектирования и подготовки производства деталей из полимерных оптических материалов;
- б. планирование тем бакалаврских, магистерских, научноисследовательских и опытно-конструкторских работ;
- 7. математические методы механики:
- 8. оптимальное проектирование конструкций из композитов.

Яблочников Е.И. В настоящее время наш университет выполняет научно-исследовательские работы по государственному контракту № 07.514.12.4015 от 06 октября 2011 года по теме «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».

Ключевым современным трендом в разработке материалов является переход от эмпирических подходов к компьютерному моделированию материалов, при котором используются сложные математические модели материалов, учитываются особенности и требования процессов производства, возможное поведение материала и конструкций при эксплуатации и утилизации. Анализ задач, решаемых при автоматизированном проектировании новых ПКМ, позволил определить состав и структуру программного обеспечения, а также определить требования к созданию информационного обеспечения межотраслевой информационно-телекоммуникационной платформы. Реализация такой платформы позволит интегрировать специалистов различных дисциплин

(конструкторов, материаловедов, технологов) при выполнении НИОКР, связанных с исследованиями и разработкой изделий с применением новых полимерных композиционных материалов.

На круглом столе обсуждаются промежуточные результаты исследований, которые проводятся в области информационнотелекоммуникационных систем для решения задач Технологической платформы «Новые полимерные композиционные материалы и технологии». Университет ИТМО заключил государственный контракт с Министерством образования и науки Российской Федерации на выполнение научно-исследовательских работ по данной теме.

Конкурентоспособность ПКМ в различных областях их применения может быть существенно повышена за счет использования современных информационных технологий.

Во-первых, это возможность создания эффективных интегрированных процессов, что позволит обеспечить условия для согласованного принятия решений при проектировании и производстве изделий из полимерных композиционных материалов. Во-вторых, возможность виртуального моделирования и инженерного анализа все большего спектра эксплуатационных характеристик изделий, параметров производственных процессов, свойств материалов. В-третьих, создание информационного обеспечения для решения всего комплекса задач в виде актуальных баз данных о материалах и их применениях, обеспечит поддержку автоматизированных систем, входящих в интегрированную платформу, с другой стороны, даст возможность в удаленном режиме получать нужную информацию всем заинтересованным специалистам.

Васильков С.Д. Одной из тенденций развития промышленного производства является все более активное использование полимерных композиционных материалов (ПКМ) в авиационной, космической, автомобильной, судостроительной и других отраслях. При разработке изделий приборостроения из ПКМ эффективно использовать параллельное принятие решений, как о применяемых материалах, так и о конструктивных параметрах изделий, и при этом учитывая технологии их изготовления. Требуется создание системы, включающей в себя отдельные системы виртуального моделирования изделий из ПКМ, а также актуальную базу данных ПКМ.

Разработанная схема проектирования ПКМ и изделий из них позволила объединить несколько систем виртуального моделирования. Рассмотрена возможность применения САЕ-систем, выполняющих моделирование производственных процессов изготовления изделий из ПКМ методом литья под давлением (система Moldex3D); моделирование свойств новых материалов, проектируемых с учетом заданных эксплуатационных требований к изделию (система Digimat); структурный анализ различных характеристик изделия (система Samcef); а также поиск и хранение информации о свойствах материалов (система Smarteam).

Сложность создания базы данных определяется значительным структурным многообразием исходных данных, способов и форматов их представления (табличные, текстовые и графические данные, диаграммы, 3D-модели). Данный интегральный подход позволит обеспечить более тесное взаимодействие между организациями-разработчиками и потребителями ПКМ и, тем самым, эффективнее использовать ресурсы организаций для быстрого вывода новых ПКМ на рынок, при этом данный подход применим в различных промышленных отраслях.

Куликов Д.Д. Работа с базами данных и поиск материалов-аналогов играют важную роль при создании нового ПКМ. Поэтому важно рассмотреть вопросы, связанные с поиском информации, необходимой для проектирования нового ПКМ. Создаваемая локальная база данных является весьма ограниченной и не может заменить баз данных, содержащихся в международных системах по полимерным материалам. Если требуемый материал в базе данных не найден, то предполагается использование внешних поисковых систем в первую очередь, таких как М-Ваѕе и CAMPUS, а так же MatWeb; IDES; PoLyInfo; Plastic Techology и т. д.

Была разработана инфологическая модель локальной базы данных полимерных композиционных материалов, основанная на фреймовом подходе к определению структуры рассматриваемой модели данных.

Предлагаемая модель позволяет строить гибкие И легкомасштабируемые решения, позволяющие отказаться использования классического реляционного подхода к проектированию специализированных баз данных. Таким образом, базовым структурным элементом БД ПКМ должен стать объект с универсальным интерфейсом, позволяющим ему сочетать общие черты фрейма (т.е. содержать произвольно расширяемый набор слотов, в каждый из которых может быть записано некоторое значение), а также участвовать в отношениях с другими подобными объектами, т.е. являться частью синтагматической

В качестве базового инструмента для построения базы данных по полимерным композиционным материалам была выбрана система управления данными об изделии ENOVIA SmarTeam. Выбор обусловлен наличием средств создания и управления структурой базы данных, основанной на не реляционной модели.

Система SmarTeam основана на объектно - ориентированный подход к описанию данных. Разработан комплекс классов, экземпляры которых содержат информацию с характеристиками полимерных композиционных материалов. Иерархия классов позволяет наследовать те или иные параметры, моделируя тем самым иерархическую фреймовую модель предметной области. Таким образом, можно сказать, что основа классификатора материалов в базе данных по ПКМ строиться за счет наличия иерархических связей, образующихся при наследовании классов SmarTeam.

При работе с БД необходимо осуществлять комплексный анализ характеристик изделий из ПКМ с учетом технологии изготовления. Исходя из этого, БД ПКМ предполагает выполнение следующих задач:

- Определение области применения изделия из ПКМ.
- Оценка характеристик изделия.
- Определение основных характеристик выбранных материалов.
- Поиск и предварительная оценка материалов аналогов по их характеристикам, включая технологию изготовления изделия.
- Поиск марки материала и выбор предприятия изготовителя.
- Уточненная оценка марки материала по характеристикам, представленным предприятием изготовителем.
- CAE анализ изделия по найденным характеристикам марок материалов.
- Уточнение технологии изготовления изделия.

Если материалы, являющиеся результатами поиска по БД, не обеспечивают заданные характеристики изделия, то выполняется проектирование нового ПКМ, при этом необходимо ориентироваться на существующие материалы, которые могут служить в качестве матриц, наполнителей и добавок. Следовательно, в БД ПКМ должна храниться информация и об этих материалах, а не только о ПКМ.

Медунецкий В.М. В настоящее время существуют достаточно большое количество коммерческих компьютерных информационных систем для поиска полимерных материалов. Некоторые из баз данных, баз знаний по ПКМ содержат не только основные их характеристики для потребителя материалов, но и данные, которые необходимы для проектирования ПКМ, расчета и анализа конструкций и технологий.

В настоящее время области применения ПКМ на современном этапе развития техники имеют тенденцию к расширению, в том числе и в приборостроении. Применение современных ПКМ во многих случаях требует создания новых методов изготовления компонентов (элементов) приборов и изменения принципов их конструирования. Появление микроприборов и микромеханических систем во многом связано с созданием новых ПКМ и их патентованию.

Поиск не выявил наличия патентов, препятствующих проведению дальнейших исследований по автоматизированному проектированию материалов и изделий из ПКМ. Исследования показали и подтвердили актуальность работы и возможность дальнейшего внедрения результатов в практику преимущественно в области приборостроения. Так как создание информационно-телекоммуникационной единой платформы для материаловедов, конструкторов и технологов для формирования новых конструкционных ПКМ с заданными свойствами позволяет проектировать и создавать новые виды приборов, которые востребованы во многих областях науки и техники. В настоящее время выполняются работы по патентованию разработанной структурной модели базы по ПКМ.

Восоркин А.С. Интересен комплексный анализ характеристик изделий из ПКМ с учётом технологии изготовления. На основе комплексного применения систем инженерного анализа и моделирования можно определять характеристики проектируемого изделия еще на этапе его проектирования.

Были исследованы факторы, влияющие на характеристики изделия, и выделены основные исходные данные, которые необходимы для осуществления анализа на основе применения систем моделирование. Как показал анализ опыта применения и производства изделий их ПКМ, на характеристики изделия оказывают влияние следующие факторы:

- Материал, из которого сделано изделие. В случае ПКМ материал представляет собой многокомпонентную структуру, свойства которой зависят от свойств ее компонентов. Подбирая материал или проектируя новый материал, мы определяем будущую конструкцию изделия, технологию его изготовления.
- Конструкция изделия. Конструктивные элементы определяют основные характеристики изделия в отношении прочности жёсткости и других механических характеристик.
- В случае применения ПКМ определить характеристики изделия с достаточной точностью невозможно без учета технологии изготовления, поскольку процессы, протекающие при переработке любых полимерных материалов, приводят к возникновению эффектов оказывающих влияние на изделие, например, ориентация волокон при заполнении литьевой формы и вызывает анизотропию свойств материала. Кроме того учета требуют и остаточные напряжения вызванные неравномерностью охлаждения и усадки, линии спая возникающие при оформлении некоторых элементов изделия (или сложно формы изделия, требующей применения многоточечного впрыска).

Анализ технологии изготовления изделия осуществляется в системе Moldex3D/eDesign. На этапе моделирования технологического процесса изготовления решаются несколько задач. Анализируется конструкция изделия на технологичность. В случае сложной геометрии изделия могут возникнуть проблемы с заполнением формующей полости. Кроме того, недостаточная проработка изделия именно при литье под давлением термопластов могут приводить к получению некачественного изделия.

Эта проблема может быть отчасти решена и изменением конструкции литьевой формы, которая также может быть подвергнута анализу. С точки зрения моделирования технологии изготовления изделия, в данном случае под конструкцией формы подразумевается геометрия литниковой системы и системы охлаждения, поскольку эти две системы оказывают решающее влияние на готовое изделие, и на данный момент системы моделирования технологических процессов оперируют только ими. Т.е. можно проводить разработку и оптимизацию конструкции на ранних стадиях проектирования.

Комиссаров В.П. В силу своего широкого применения ПКМ подвержены различным факторам воздействия со стороны окружающей среды. Среди них основными являются: уровни и длительности механических воздействий, а также температурные воздействия.

Поскольку в процессе конечно-элементного анализа в явном виде моделируется только пространственная конфигурация изделия, учёт внешних факторов сводится к заданию граничных условий и нагрузок.

В системе SAMCEF могут быть исследованы характеристики изделий из ПКМ под воздействием двух основных групп: механических и тепловых нагрузок. К узлам расчётной модели могут быть приложены 3 физически различных типа нагрузок:

- сосредоточенные или распределённые силовые нагрузки (например, давление);
- нагрузки от сосредоточенных или распределённых потоков (тепловой поток);
- волновые нагрузки (например, акустическая нагрузка).

Не существует единой модели, описывающей совместно, как линейные свойства волокон, так и вязкоупругие характеристики полимерной матрицы, учитывающей, к тому же, эффект локальной анизотропии свойств получаемого ПКМ. Именно поэтому вместо стандартных математических моделей материалов, доступных в библиотеке SAMCEF, используется модель, полученная в Digimat.

Алгоритм учета физико-механических факторов влияния внешней среды на физической модели ПКМ ориентирован на следующую последовательность действий:

- Из всего многообразия влияющих факторов окружающей среды выбираются значащие (наиболее существенные) для конкретного численного эксперимента (в данной работе, механические).
- Определяется соответствующий им тип нагрузок, исходя из функциональных возможностей расчётного комплекса, а также численное значение или функциональная зависимость от какоголибо параметра (например, времени).
- Выбирается подходящая математическая модель материала, наиболее адекватно описывающая его характеристики. Если таковой не нашлось, на основе экспериментальных исследований создаётся пользовательская модель, либо при помощи программного интерфейса используется готовый алгоритм. В данной работе модель материала, полученная в Digimat, была использована в качестве пользовательской при расчётах механических характеристик в SAMCEF.

В зависимости от основных уравнений, описывающих исследуемый процесс, выбирается подходящий программный решатель. Для решения статической задачи с применением модели материала Digimat

используется решатель SAMCEF-MECANO. Расчёт критических нагрузок и форм потери устойчивости осуществляется с помощью решателя STABI.

Пирогов А.В. Проблема моделирования процессов подготовки производства изделий из полимерных материалов актуальна благодаря высоким требованиям к современным приборам (улучшить прочностные характеристики, заменить стеклянные линзы на полимерные, для снижения веса и стоимости).

Кафедра Технологии приборостроения реализует проект Интегрированные компьютерные технологии проектирования и подготовки производства деталей из полимерных оптических материалов

Цель данного проекта – разработка технологии моделирования процессов изготовления оптических изделий из полимерных материалов на базе современных компьютерных технологий проектирования, анализа и моделирования технологической подготовки производства.

В рамках проекта будет реализовано:

- Разработка базы данных полимерных материалов.
- Аналитический выбор систем проектирования, инженерного анализа и моделирования процессов производства изделий из полимерных оптических материалов.
- Аналитический выбор технологических методов производства изделий из полимерных оптических материалов, таких как:
 - инжекционное литье;
 - инжекционно-компрессионное литьё;
 - прессование и пр.
- Проектирование техпроцесса и средств технологического оснащения для производства изделий из полимерных оптических материалов. Проектирование ПФ и средств технологического оснащения в системах Catia и Cimatron с учетом данных, полученных из систем 3D анализа;
- Разработка методики оптимизации свойств оптического изделия за счет выбора наиболее эффективных материала и конструкции изделия.
- Предполагаемые результаты:
- Реализация проекта позволит построить интегрированную среду для решения задач для изделий из полимеров оптического назначения, с учетом анализа конструкций и технологий изготовления.
- Будет создана база данных для полимерных материалов оптического назначения.
- Разработка методики оптимизации свойств оптического изделия за счет выбора наиболее эффективных материала и конструкции изделия позволит создать качественное и конкурентоспособное изделие.

Савченко В.П. В настоящее время все больше и больше изделий оснащается оптическими линзами. Растет число фотоаппаратов, бытовых

видеокамер, проекторов, а так же устройств оснащённых функциями фото и видео: ноутбуки, телефоны и т.д. Помимо устройств захвата изображений оптические системы применяются так же в устройствах хранения данных, светодиодном освещении и других продуктах. Распространение оптоэлектронных устройств и стремительный рост их производительности, а так же миниатюризация этих устройств значительно повысило требования к их оптической части. Вместе с тем наблюдается тенденция перехода все к большему применению полимерных оптических изделий.

Полимерная оптика имеет ряд преимуществ перед оптикой из стекла. Главными из них являются: высокая ударопрочность, низкий вес и самое главное, более широкие возможности по выбору конструкции полимерного оптического элемента и лучшая технологичность. Гибкость при выборе конструктивных решений особенно полезна в системах, которые могут использовать асферические линзы, что позволяет упростить конструкцию и уменьшить количество оптических элементов системы, тем самым снизить вес и их стоимость. Оптические характеристики современных полимерных материалов сопоставимы с оптическими свойствами стекла. Однако полимерная оптика имеет и ряд недостатков. Наиболее существенными из них являются относительно низкая температурная стойкость и низкая стойкость к царапинам.

Процесс создания оптического изделия начинается с проектирования и оптимизации параметров оптического элемента. Особенностью процесса на данном этапе является то, что при конструировании предполагаются равномерные показатели материала (показатель преломления, параметры светопропускания) с идеальными поверхностями. Но на практике это не осуществимо, производство всегда связано с погрешностями и отклонениями, которые конструктор должен учитывать при проектировании изделия.

При создании изделий оптического назначения в центре внимания наряду с их конструктивными особенностями всегда находится исходный материал, который должен подвергаться обработке в литьевой форме с использованием определённой технологии и с обеспечением надлежащей точности оптического изделия. Основанием для выбора материала конструктором является показатель преломления. Однако требования к оптическим свойствам и требования к геометрической точности зачастую находятся в противоречии. Каждый материал обладает своими физическими свойствами, которые определяют поведение материала на разных стадиях производственного процесса. Может оказаться так, что материал который подходит по своим оптическим свойствам не может обеспечить должным образом заполнение литейной формы в данной конфигурации, а следовательно, и геометрическую точность изделия, либо его структурные характеристики. Это приводит к дополнительным затратам ресурсов и времени на перепроектирование, тем самым

увеличивая конечную стоимость изделия. Необходимо разработать методику целенаправленного выбора материала для разных типов светопроводящих систем и конструкций.

Таким образом, технологическая подготовка производства играет важную роль при производстве полимерных линз. Необходимо определить какое оборудование, и какие технологические параметры обеспечат производство изделия данной конструкции заданными характеристиками. Выбор станка и технологии литья довольно сложная задача, так как, даже зная характеристики и возможности оборудования, невозможно точно спрогнозировать параметры геометрической точности и оптические характеристики изделия. Не менее важным фактором выбора оборудования и технологии является экономичность данного метода литья. Разработка технологии это сложный процесс, который должен учитывать взаимное влияние совокупности многих факторов. Необходимо выявить зависимости качества готового изделия от всех влияющих параметров, таких как: размер изделия, используемый материал, конструктивные особенности изделия, выбранная технология, конструкция литьевой формы, место впрыска расплава, температура расплава и формы, давление впрыска и многих других значимых переменных. Учесть такое количество разнообразных взаимовлияющих факторов невозможно без использования систем инженерного анализа и виртуального моделирования, которые позволяют предсказать характеристики изделия в зависимости от выбора тех или иных технологических параметров. Это позволяет, оптимизировать параметры технологии, не прибегая к производству пробного изделия.

Результатом данного исследования станут рекомендации к процессу разработки оптических изделий, содержащие в себе рекомендации для по проектированию изделия и целенаправленному выбору, а возможно и разработки нового материала, в зависимости от используемой производственной технологии. Для технолога будут описаны зависимости критических оптических характеристик изделия от используемой технологии и параметров технологического процесса, что в совокупности с применением систем виртуального моделирования процесса литья поможет сократить время технологической подготовки производства изделия. Это позволит ускорить процесс и сэкономить средства производителя оптических изделий.

Мусалимов В. М. отметил необходимость новых постановок задач оптимизации конструкций с учетом выбора оптимальных форм и структуры композиционных материалов. Оптимальное проектирование ведется в условиях неполноты информации с учетом взаимодействия конструкции из композиционных материалов с внешней средой. Интерес в области оптимального проектирования усилился в связи проблемами авиационной и космической техники, точного машино- приборостроения. На основе оптимального проектирования достигается снижения веса конструкций, улучшаются их механические характеристики.

Основные математические трудности обусловлены наличием локальных функционалов и неизвестных границ. Кроме того, определенные трудности обусловлены наличием масштабного фактора, технологическая причина которого заключается в том, что практически невозможно достаточно точно смоделировать технологические процессы.

Существенно, что для решения задач оптимального проектирования используется аппарат вариационного исчисления и механики разрушения. Работы в данном направлении являются необходимой составляющей для разработки модулей пакетов прикладных программ, встраиваемых в архитектуру программного комплекса по структурному анализу и оптимизации конструкций из полимерных композиционных материалов.

Таким образом, обсуждение рассмотренных выше интегрированных технологий позволило уточнить области их использования, определить проблемы организации эффективного функционирования комплекса программных систем для ПКМ, а также наметить перспективы дальнейших исследований по созданию интегрированной системы поиска, проектирования и производства изделий из ПКМ.

Под редакцией д.т.н., Д.Д.Куликова

НИУ ИТМО ІХ ВСЕРОССИЙСКАЯ МЕЖВУЗОВСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ

V сессия научной школы «Проблемы механики и точности в приборостроении»

Сборник докладов

Научно-исследовательское издание

В авторской редакции

Редакционно-издательский отдел НИУ ИТМО

Зав. РИО Н.Ф. Гусарова

Лицензия ИД № 00408 от 05.11.99

Подписано к печати 25.06.12

Заказ № 2525

Тираж 100

Отпечатано на ризографе