

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Ивановский государственный энергетический
университет имени В.И. Ленина»

ЭЛЕКТРОМЕХАНОТРОНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

«ЭНЕРГИЯ-2019»

**ЧЕТЫРНАДЦАТАЯ ВСЕРОССИЙСКАЯ
(МЕЖДУНАРОДНАЯ)
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
СТУДЕНТОВ, АСПИРАНТОВ
И МОЛОДЫХ УЧЁНЫХ**

Иваново, 2-4 апреля 2019 года

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ

ТОМ 4

ИВАНОВО

ИГЭУ

2019

УДК 62-1;62-5;621
ББК 30.1; 30.2-5-05; 34.5

ЭЛЕКТРОМЕХАНОТРОНИКА И УПРАВЛЕНИЕ//
четырнадцатая международная научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Энергия-2019»: Материалы конференции. В 6 т. Т. 4. – Иваново: ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина», 2019. – 152 с.

ISBN 978-5-00062-418-0
ISBN 978-5-00062-410-4 (Т.4)

Тезисы докладов студентов, аспирантов и молодых учёных, помещенные в сборник материалов конференции, отражают основные направления научной деятельности в области математического моделирования и информационных технологий.

Сборник предназначен для студентов, аспирантов и преподавателей вузов, интересующихся вопросами математического моделирования и информационных технологий.

Тексты докладов представлены авторами в виде файлов, сверстаны и при необходимости сокращены. Авторская редакция сохранена.

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ

Председатель оргкомитета: проректор по научной работе, д.т.н., проф. **Тютиков В.В.**

Заместитель председателя: начальник управления НИРС и ТМ **Макаров А.В.**

Члены научного комитета: Плетников С.Б. – декан ТЭФ; Кабанов О.А. – декан ИФФ; Мурзин А.Ю. – декан ЭЭФ; Крайнова Л.Н. – декан ЭМФ; Маршалов Е.Д. – декан ИВТФ; Карякин А.М. – декан ФЭУ.

Ответственный секретарь: Чистова И.Н.

Координационная группа: Вольман М.А., Мошкарина М.В., Смирнов Н.Н., Шадриков Т.Е., Шмелева Т.В.

СЕКЦИЯ 20
АНАЛИЗ И СИНТЕЗ СИСТЕМ
ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ

Председатель –
д.т.н., профессор **Колганов А.Р.**

Секретарь –
старший преподаватель **Захаров М.А.**

А.А. Алексеев, студент; рук. М.С. Куленко, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, Иваново)

РАЗРАБОТКА ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПО ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ ДАННЫМ

Логарифмическая амплитудно-фазовая частотная характеристика (ЛАФЧХ), или диаграмма Бode электропривода есть представление частотного отклика системы на возмущающее воздействие в логарифмическом масштабе. Построение ЛАФЧХ позволяет определить полосу пропускания контура и выявить его резонансные частоты.

Целью данной работы является создание программного инструмента для построения и анализа ЛАФЧХ на основе экспериментальных данных. В качестве тестовых были использованы данные, снятые с синхронного двигателя, управляемого контроллером движения IntServo и цифровым сервопреобразователем IntDrive [1].

Тестовые данные снимались следующим образом: в замкнутый контур положения подавалось возмущающее воздействие в виде синусоиды с экспоненциально нарастающей частотой, а на выходе регулятора положения регистрировалась реакция системы на возмущение. В разработанном инструменте реализовано дискретное преобразование Фурье, применяемое к этим двум сигналам, а также расчет и построение амплитудно- и фазочастотных характеристик на их основе (рис. 1).

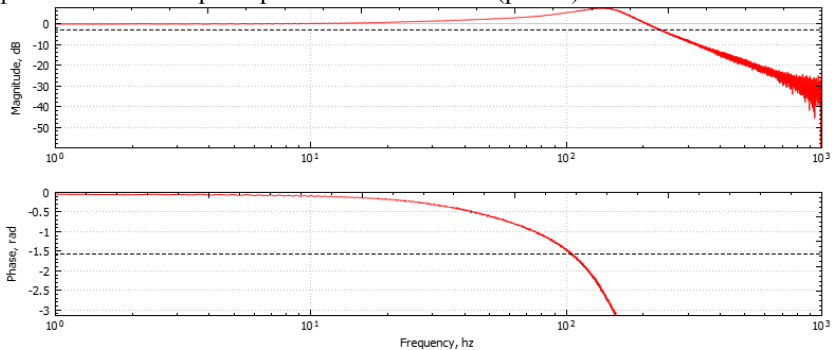


Рис. 1. ЛАФЧХ тестового электропривода

Библиографический список

1. **Бурков А.П.**, Красильникьянц Е.В., Смирнов А.А., Булдукиян Г.А., Наумов Р.Ю. Современный асинхронный электропривод для станков с ЧПУ // Автоматизация в промышленности. – 2012. – № 5. – С. 25 – 30.

Ю.С. Батанов, студент; рук. С.К. Лебедев, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)

ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ ФОРМИРОВАНИЯ ЗАДАНИЯ ПРИ ПОЗИЦИОНИРОВАНИИ

Электромехатронные модули (ЭММ) с регуляторами положения применяют для изменения положения станках и промышленных роботах, где требуется задание параметров движения [1]. Рассмотрено и реализовано на входе ЭММ задание скорости (рис. 1) формирователем траектории 1-го порядка (ФТ1).

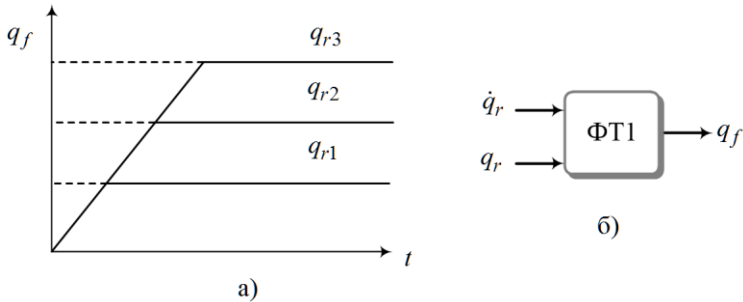


Рис. 1. Траектории позиционирования (а) и формирователь траектории ФТ1 (б)

Предложены два варианта алгоритмов ФТ1 –

$$\frac{dq_f}{dt} = \dot{q}_r S_v; S_v = \begin{cases} k, & t < \frac{|q_r|}{\dot{q}_r}; \\ 0, & t \geq \frac{|q_r|}{\dot{q}_r}. \end{cases} \quad k = \begin{cases} 1, & q_r \geq 0; \\ -1, & q_r < 0. \end{cases};$$

$$\frac{dq_f}{dt} = \dot{q}_r S_v; S_v = \begin{cases} 1, & (q_r - q_f) > 0; \\ 0, & (q_r - q_f) = 0; \\ -1, & (q_r - q_f) < 0. \end{cases}$$

Ведется разработка алгоритмов формирователя траектории 2-го порядка, обеспечивающих задание скорости и ускорения в ЭММ.

По результатам исследований характеристик ЭММ с формирователями траектории позиционирования сформулированы рекомендации по применению различных алгоритмов задания скорости и ускорения при движении.

А.А. Буцкий, В.П. Золотов, студ.;рук. А.Н. Ширяев, к.т.н.,доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)

ЭЛЕКТРОПРИВОД ЦИРКУЛЯЦИОННОГО НАСОСА АТОМНОЙ СТАНЦИИ

В докладе рассматривается частотно-регулируемый электропривод циркуляционного насоса, предназначенного для обеспечения принудительной циркуляции теплоносителя (воды) во втором контуре водо-водяного атомного реактора типа ВВЭР-1000 (рис.1).

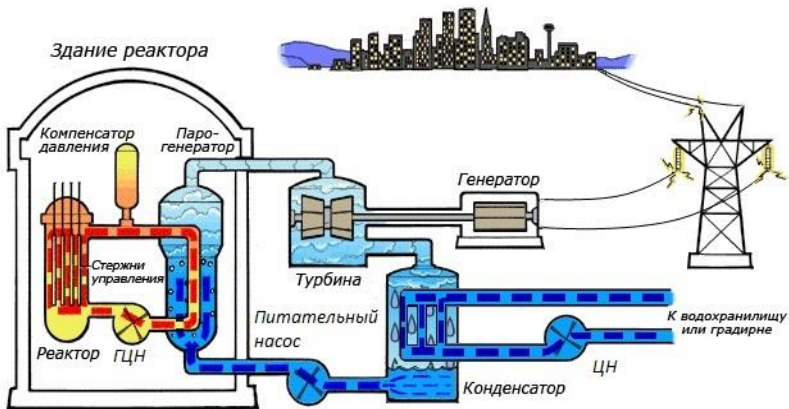


Рис.1. Упрощенная технологическая схема реактора типа ВВЭР

В качестве насосного агрегата выбран агрегат электронасосный центробежный диагональный типа 2200vkm.

Насосный агрегат комплектуется вертикальным асинхронным трехфазным электродвигателем с короткозамкнутым ротором производства «Hyundai Heavy Industries Co., LTD» типа HRQ3 715-68Y мощностью 3900 кВт, напряжением 6 кВ в общепромышленном исполнении с классом защиты IP 54.

Для управления двигателем используется высоковольтный частотный преобразователь Siemens Perfect Harmony GENIII с напряжением 6 кВ и выходной мощностью 5196 кВА.

В докладе рассматривается состав электропривода и особенности конструкции преобразователя серии Perfect Harmony.

Приведены результаты анализа энергетических и регулировочных характеристик электропривода.

*М.П. Веретенникова, студент; рук. С.К. Лебедев, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИНОМОВ БЕССЕЛЯ В ЭЛЕКТРОМЕХАТРОННЫХ МОДУЛЯХ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ

Электромехатронные модули (ЭММ) позиционирования для станков и промышленных манипуляторов предлагается синтезировать с настройкой на динамику фильтров Бесселя [1]. В [2] полиномы Бесселя, нормированные по времени группового запаздывания.

Предложено нормировать полиномы Бесселя по значению полосы пропускания:

$$hp(s) = s^n + a_1\omega_{bp}s^{n-1} + a_2\omega_{bp}^2s^{n-2} + \dots + a_n\omega_{bp}^n,$$

где a_i – коэффициенты полинома (табл.1); ω_{bp} – полоса пропускания.

Таблица 1. Коэффициенты полиномов Бесселя

n	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	a_8	a_9	a_{10}
2	2,207	1,624	–	–	–	–	–	–	–	–
3	3,797	6,008	3,802	–	–	–	–	–	–	–
4	6,365	18,23	27,08	17,238	–	–	–	–	–	–
5	9,548	42,54	108,3	155,14	98,755	–	–	–	–	–
6	13,37	85,09	325,0	775,71	1086,3	691,46	–	–	–	–
7	17,82	153,2	812,4	2844,3	6517,8	8989,4	5722,1	–	–	–
8	22,92	255,3	1787	8533,2	28244	62925	85829	54621	–	–
9	28,65	255,3	3575	22186	98856	314628	686642	928769	591184	–
10	35,01	601,7	6639	51765	296556	1258463	3890861	8358803	11232586	7149966

Сформулирован алгоритм настройки регуляторов ЭММП на динамику Бесселя при заданной полосе пропускания с учетом реальной инерционности контура момента.

Получены зависимости ω_{bp} от T_m для модифицированных ПИД-регуляторов положения ЭММ:

$$\omega_{bp_П(Д)} = \frac{0,263}{T_m}; \quad \omega_{bp_ПИ(Д)} = \frac{0,156}{T_m}; \quad \omega_{bp_ПИИ(Д)} = \frac{0,105}{T_m}.$$

Даны рекомендации по использованию результатов работы.

Библиографический список

1. **Веретенникова М.П., Воронов А.В.** Настройка ПИД-регуляторов положения на динамику Бесселя для электромехатронных модулей // Радиозлектроника, электроэнергетика и электротехника: 24-я Междунар. науч.-техн. конф. студентов и аспирантов: Тезисы докладов.–М.: Издательский дом МЭИ, 2018.–С.449.
2. **Мошиц Г., Хорн П.** Проектирование активных фильтров.–М.: Мир, 1984.–320 с.

*А.В. Воронов, студент; рук. С.К. Лебедев, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ В *MATHCAD*

Предложена методика синтеза и анализа вариантов электромехатронных модулей позиционирования (ЭММП) [1,2] с использованием возможностей символьных преобразований *MathCAD*. При этом удастся избежать присущих *Simulink (Matlab)* ограничений при получении частотных и корневых характеристик. Кроме того использование *MathCAD* экономически обосновано, учитывая соотношение стоимости этих программных продуктов.

Основой методики является описание ЭММП в пространстве состояний:

$$\dot{\mathbf{X}} = \mathbf{A}\mathbf{X} + \mathbf{B}\mathbf{U}; \mathbf{Y} = \mathbf{C}\mathbf{X} + \mathbf{D}\mathbf{U}. \quad (1)$$

По (1) получаем характеристический полином (ХП):

$$hp(s) = \det(s\mathbf{I} - \mathbf{A}),$$

ХП позволяет определить параметры регулятора положения, обеспечивающего заданную динамику. По (1) формируется и матрица передаточных функций (ПФ):

$$\mathbf{H}_{\text{eq}}(s) = \mathbf{C}(s\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}\mathbf{B} + \mathbf{D}. \quad (2)$$

Для получения временных, частотных и корневых характеристик извлекаем из матрицы необходимую ПФ и, применяя символьные возможности *MathCAD*, получаем выражения характеристик по управлению и возмущению. Представленная методика действий реализована при анализе вариантов ЭММП и показала высокую эффективность при синтезе и анализе характеристик линейной ЭММП.

В настоящее время ведется работа по внедрению методики к учебный процесс кафедры ЭП и АПУ, в лабораторный практикум бакалавриата по дисциплине «Программные средства анализа систем электропривода и автоматике».

Библиографический список

3. Лебедев С.К., Колганов А.Р., Гнездов Н.Е. Электромехатронные системы позиционирования с наблюдателями нагрузки/ФГБОУВО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина». – Иваново, 2016. – 340 с.
4. Веретенникова М.П., Воронов А.В. Настройка ПИД-регуляторов положения на динамику Бесселя для электромехатронных модулей // Радиоэлектроника, электроэнергетика и электротехника: 24-я Междунар. науч.-техн. конф. студентов и аспирантов: Тезисы докладов. – М.: Издательский дом МЭИ, 2018. – С.449.

*М.А. Гурьянов, В.А. Чапурин, магист.; рук. А.Р. Колганов, д.т.н., проф.
(ИГЭУ, Иваново)*

«АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ВЫПОЛНЕНИЯ УЧЕБНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ ПО ПРОФИЛЮ «ЭЛЕКТРОПРИВОД И АВТОМАТИКА»

Внедрение в технических университетах новых федеральных образовательных стандартов высшего образования сопровождается усилением роли лабораторных практикумов в учебном процессе. Построить современный лабораторный комплекс возможно при оснащении действующего реального оборудования (например, систем электропривода и автоматике) современными программно-техническими средствами управления, визуализации и регистрации динамических процессов, обработки результатов выполняемых экспериментов. Наиболее целесообразным здесь будет не модификация существующих лабораторных стендов, а создание инвариантного программно-технического обеспечения, размещение его в локальной вычислительной сети, и последующая настройка этой лаборатории на конкретные учебные дисциплины и исследовательские задачи.

Для реализации данного комплекса была применена программная среда LabVIEW компании National Instruments, облегчающая процесс создания программного кода и включающая в себя средства сбора и обработки данных. Данное программное обеспечение позволяет создавать сложные, специализированные контрольно-измерительные системы. Комплекс включает в себя: библиотеку инвариантных виртуальных приборов, типовые средства управления натурным экспериментом, программы регистрации, сохранения и обработки результатов экспериментов, средства регистрации пользователей и организации режима удаленного доступа, практические рекомендации и примеры построения лабораторных практикумов. Гибкая структура комплекса позволяет быстро и с минимальными манипуляциями перестроить его для работы с новым оборудованием. Работоспособность разработанного инструментального обеспечения доказана при создании лабораторных практикумов по учебным курсам «Электропривод», «Теория электропривода». В качестве экспериментального оборудования был использован лабораторный стенд «Электропривод», изготовленный ИПЦ «Учебная техника». Стенд располагает набором полупроводниковых преобразователей для электроприводов постоянного и переменного тока, управляющих устройств и типовых систем управления, электромашинным агрегатом и персональным компьютером. Созданный лабораторный практикум является практической поддержкой в изучении электромеханических свойств электроприводов постоянного и переменного тока и современных систем управления электроприводов.

*К.К. Ермаков, студ.; рук. П.В. Вилков, к.т.н., доцент
(ИГЭУ, Иваново)*

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ТКАЦКОГО СТАНКА

В настоящее время, производство текстильных машин отечественного выпуска требует использования высокоточных систем управления с гарантированной надежностью, высокой производительностью и быстродействием [1].

Был создан ткацкий станок СТ180Ж-90 для производства многослойных технических тканей. Его главным отличием является механическая независимость каждой из управляемых осей относительно основного вала (батана). Согласованная работа и синхронизация осей реализуется посредством высокоточной системы управления (СУ), построенной на базе цифровой платформы IntServo [2]. Данная система, разработанная компанией «ИНЭЛСИ», обеспечивает высокую точность отработки задания, что является одним из основных критериев отбора СУ для производства текстильных машин.

В среде Simulink программного комплекса Matlab была разработана динамическая модель, имитирующая процесс работы одной из управляемых осей. Получены переходные процессы ее работы в номинальном, наладочном и аварийном режимах.

По полученным результатам моделирования проведены систематизация и анализ данных, на основании которых, посредством оптимизации, были подобраны значения коэффициентов регуляторов для СУ опытной установкой.

Экспериментальное исследование СУ специального ткацкого станка в производственных условиях было проведено в режимах, аналогичных динамической модели, с рациональной поправкой размерности коэффициентов. Сравнительный анализ показал увеличение точности работы каждой из осей. Это позволяет судить о верности синтеза, работоспособности и настройки модели, что позволит в дальнейшем улучшить производительность ткацкой машины.

Библиографический список

1. **Сергеев В.Т.** Разработка структуры и технологии изготовления многослойной комбинированной ткани из углеродных и кварцевых нитей: автореф. дис. на соиск. учен. степ. к.т.н.(05.19.02)/Сергеев Владимир Терентьевич; Московский государственный университет дизайна и технологии – Москва, 2014 – 16 с.
2. **Бурков А.П.,** Красильникьянц Е.В., Смирнов А.А., Булдукян Г.А., Наумов Р.Ю. Современный асинхронный электропривод для станков с ЧПУ // Автоматизация в промышленности. – 2012. – № 5. – С. 25 – 30.

П.Р. Жуков, студент; рук. С.К. Лебедев, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМЕХАТРОННОГО МОДУЛЯ С ПИД-РЕГУЛЯТОРОМ

Рассмотрен синтез и исследование электромехатронного модуля (ЭММ), предназначенного для решения задач позиционирования в электроприводах станков и промышленных роботов. В [1,2] обоснована эффективность применения фиксированной настройки ЭММ с модифицированными ПИД-регуляторами положения.

Предлагается методика синтеза с учетом реальной инерционности контура момента для немодифицированного ПИД-регулятора ЭММ. Модификация (рис.1) структурной схемы ЭММ позволила получить необходимые для синтеза и получения характеристик уравнения состояния, характеристический полином и передаточные функции.

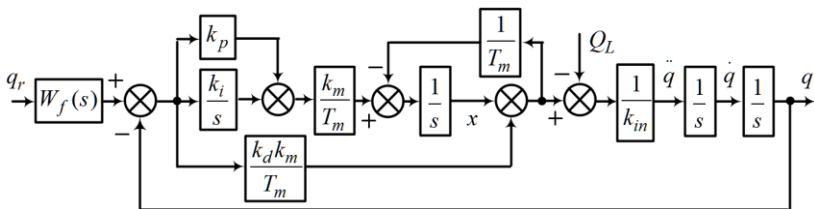


Рис. 1. Модификация структурной схемы ЭММ

Получены характеристики, позволяющие судить о возможности применения фиксированной настройки и для случая учета инерционности контура момента при синтезе ПИД-регуляторов ЭММ, что особенно актуально для промышленных манипуляторов, где инерционность звеньев может меняться в широких пределах.

Сформирована реализованная в *MathCAD* нелинейная модель ЭММ с заданием скорости позиционирования. В дальнейшем предполагается исследование работы ЭММ с ПИД-регулятором при различных алгоритмах формирования траектории позиционирования.

Библиографический список

1. Лебедев С.К., Колганов А.Р., Гнездов Н.Е. Электромехатронные системы позиционирования с наблюдателями нагрузки / ФГБОУВО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина». – Иваново, 2016. – 340 с.
2. Веретенникова М.П., Воронов А.В. Настройка ПИД-регуляторов положения на динамику Бесселя для электромехатронных модулей // Радиоэлектроника, электроэнергетика и электротехника: 24-я Междунар. науч.-техн. конф. студентов и аспирантов: Тезисы докладов. – М.: Издательский дом МЭИ, 2018. – С.449

А.О. Клоков, студ.;рук. А.Н. Ширяев, к.т.н.,доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)

МОДЕРНИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА РАЗРЫВНОЙ МАШИНЫ

В докладе рассматриваются вопросы модернизации электропривода разрывной машины модели Р-5 (рис.1) с предельной нагрузкой 50 кН, связанные с заменой технически и морально устаревшего электропривода постоянного тока на базе тиристорного преобразователя на современный частотно-регулируемый электропривод переменного тока с асинхронным двигателем.

В качестве исполнительного электродвигателя нагружающего устройства машины выбран асинхронный электродвигатель с короткозамкнутым ротором отечественного производства, а в качестве силового преобразователя электропривода – преобразователь частоты фирмы КЕВ 07.F5.G0A – 0110 (Германия).

Внешний вид преобразователя и лицевая панель с элементами индикации и разъемами связи с внешними устройствами приведены на рис. 1.



Рис. 1. Внешний вид и лицевая панель преобразователя

В программном комплексе Matlab разработаны математические модели электропривода с учетом специфики нагружающего устройства машины, на основе которых исследованы переходные характеристики электропривода и его работа в условиях испытания образцов по различным законам нагружения.

*М.А Корнилов, студ.; рук. М.А. Захаров
(ИГЭУ, г. Иваново)*

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ СУШИЛЬНЫМИ КОНВЕКТИВНЫМИ КАМЕРАМИ ПИЛОМАТЕРИАЛА

Деревообработка, ее себестоимость, качество изделий, зависят от качества сушки пиломатериалов. В свою очередь, качественная камерная сушка древесины зависит от соблюдения технологии (правильная укладка пиломатериала, соблюдение режимов). Технология сушки древесины в сушильной камере предписывает определенные климатические условия на разных этапах процесса. Эти параметры (температура и влажность сушильного агента) задаются режимом сушки древесины.

Система автоматического управления сушильными конвективными камерами пиломатериала должна осуществлять следующие функции:

- измерение параметров температуры и влажности воздуха в камере, температуры подаваемого воздуха;
- автоматического поддержания заданной температуры в камере с помощью управления двигателя нагревателя воздуха протока, на основе текущей измеряемой температуры и уставки температуры камеры;
- автоматическое поддержание заданного верхнего предела влажности механизмом электрифицированной задвижки, на основе текущей измеряемой влажности и уставки влажности в режиме сушки;
- автоматическое поддержание температуры подаваемого воздуха в камеру с помощью вентилятора поддува и управления электромагнитом задвижки поддува на основе измеряемой температуры входного воздуха и заданной уставки.

Для осуществления требуемых режимов работы произведен расчет выбор двигателей, датчиков и аппаратуры управления. Разработан алгоритм работы системы управления. Реализация алгоритма осуществлена в комплексе GX Developer. Разработанный проект реализован и осуществляет сушку пиломатериалов.

Д.С. Кулагин, студент; рук. С.К. Лебедев, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В СИНТЕЗЕ ЭЛЕКТРОМЕХАТРОННЫХ МОДУЛЕЙ ОПТИМИЗАЦИИ RESPONSE OPTIMIZATION (SIMULINK MATLAB)

Электромеханотронные модули позиционирования (ЭММ) широко используются в электроприводах станков и промышленных роботов. В [1] обоснована эффективность применения в ЭММ настройки на динамику Бесселя. Наибольший интерес ЭММ с настройкой на динамику Бесселя представляют для систем позиционирования звеньев промышленных манипуляторов, где позиционирование сопровождается требованиями к параметрам движения (скорости, ускорению), и усложнено тем, что приведенный момент инерции звеньев может изменяться в широких пределах.

Рассмотрен синтез ЭММ с модифицированным П(Д)-регулятором с настройкой на динамику Бесселя, учитывающий инерционность контура момента. На основе анализа временных, частотных и корневых характеристик в *MathCAD* разработана и испытана фиксированная настройка регулятора на максимум приведенного момента инерции звена. Рассмотрены варианты задания скорости и ускорения при позиционировании ЭММ, как предложено в [2]. Интерес представляет оценка робастности ЭММ к изменению инерции звена в условиях линейного или *S*-образного изменения положения. Известен опыт использования программы оптимизации *Response Optimization* программного комплекса *Simulink (Matlab)* для многомассовых систем с нежесткой механикой [3]. На основе подхода, предложенного в [3] рассмотрен алгоритм настройки П(Д)-регулятора, позволяющий выявить диапазон робастности при фиксированной настройке для случаев задания параметров движения при позиционировании.

Библиографический список

7. Лебедев С.К., Колганов А.Р., Гнездов Н.Е. Электромеханотронные системы позиционирования с наблюдателями нагрузки/ФГБОУВО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И.Ленина»–Иваново, 2016.–340 с.
8. Батанов Ю.С., Кулагин Д.С. Регуляторы положения с переменной структурой для электромеханотронных модулей // Радиоэлектроника, электроэнергетика и электротехника: 24-я Междунар. науч.-техн. конф. студентов и аспирантов: Тезисы докладов.–М.: Издательский дом МЭИ, 2018.–С.425
9. Глазунов В.Ф., Гнездов Н.Е., Лебедев С.К. Многосвязные электромеханотронные системы с нежесткой механикой/ФГБОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина».–Иваново, 2013.–224 с.

Е.В. Лунина, студент; рук. С.К. Лебедев, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМЕХАТРОННОГО МОДУЛЯ С ПД-РЕГУЛЯТОРОМ

Предлагается синтез электромехатронного модуля (ЭММ) для позиционирования в станках и роботах (рис. 1). Отличие от методики синтеза, описанной в [1,2] состоит в использовании при синтезе немодифицированного ПД-регулятора положения и параметров контура момента.

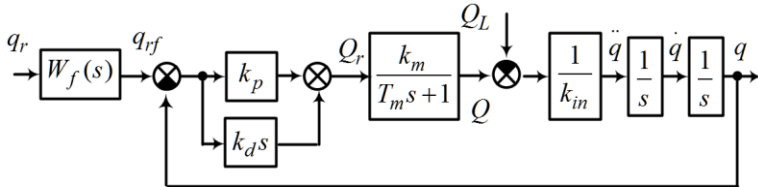


Рис. 1. Структурная схема линейной ЭММ с ПД-регулятором

Получены уравнения состояния ЭММ со следующими матрицами:

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ -\frac{k_d k_m}{k_{in} T_m} & 0 & \frac{1}{k_{in}} \\ -\frac{k_p k_m}{T_m} + \frac{k_d k_m}{T_m} & 0 & -\frac{1}{T_m} \end{bmatrix}; \mathbf{B} = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ \frac{k_d k_m}{k_{in} T_m} & -\frac{1}{k_{in}} \\ \frac{k_p k_m}{T_m} - \frac{k_d k_m}{T_m} & 0 \end{bmatrix}. \quad (1)$$

По (1) в *MathCAD* выполнен синтез и исследование характеристик в *MathCAD*. Получены временные, частотные и корневые характеристики ЭММ. Для исследования нелинейных режимов при позиционировании с заданием скорости и ускорения движения разработана и реализована в *MathCAD* математическая модель ЭММ.

Предложены рекомендации по применению фиксированной настройки регулятора и алгоритмов формирования траектории позиционирования при реализации ЭММ в промышленных манипуляторах.

Библиографический список

1. Лебедев С.К., Колганов А.Р., Гнездов Н.Е. Электромехатронные системы позиционирования с наблюдателями нагрузки/ФГБОУВО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина».–Иваново, 2016.–340 с.
3. Веретенникова М.П., Воронов А.В. Настройка ПИД-регуляторов положения на динамику Бесселя для электромехатронных модулей // Радиозлектроника, электроэнергетика и электротехника: 24-я Междунар. науч.-техн. конф. студентов и аспирантов: Тезисы докладов.–М.: Издательский дом МЭИ, 2018.–С.449.

Д.В. Пыхов, студ.;рук. А.Н. Ширяев, к.т.н.,доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)

ЭЛЕКТРОПРИВОД РАЗРЫВНОЙ МАШИНЫ

В докладе рассматривается электропривод одноколонной разрывной машины (рис.1) с предельной нагрузкой 5 кН, предназначенной для определения физико-механических свойств материалов в процессе их деформирования.

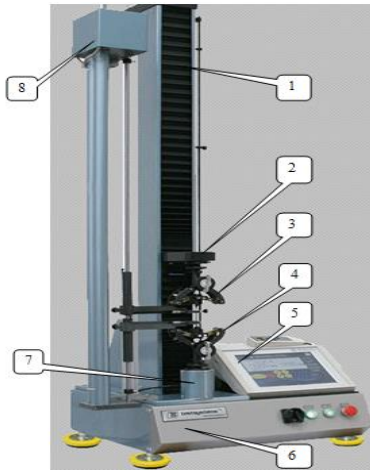


Рис.1. Внешний вид одноколонной универсальной разрывной машины:

1 – колонна; 2 – траверса; 3 – захват подвижный; 4 - захват неподвижный; 5 – пульт оператора; 6 – основание; 7 – датчик силоизмерительный; 8 – система измерения деформации образца

Нагружающее устройство разрывной машины содержит электропривод и передаточное устройство, преобразующее вращательное движение в поступательное. Электродвигатель, передаточное устройство и все электротехническое оборудование смонтированы на основании машины.

В качестве исполнительного двигателя выбран двигатель с возбуждением от постоянных магнитов ДПМ-0.8, в качестве силового преобразователя используется широтно-импульсный транзисторный преобразователь серии IDR ООО «Тестсистемы» г. Иваново.

Разработана математическая модель электропривода в среде Matlab, учитывающая специфику кинематики машины, приведены результаты исследования работы электропривода в процессе испытаний материалов по различным законам.

Н.А. Сергунин, студ.; рук. А.М. Захаров (к.т.н. доц.), М.А. Захаров (ИГЭУ, г. Иваново)

АВТОМАТИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ ВОЗДУХА

Одним из важнейших вопросов, решаемых на каждом из предприятий атомной промышленности, является безопасность, составная часть которой — радиационная безопасность. Вопросы радиационной безопасности решаются путём защиты биологических объектов и человека от опасной среды, включающей землю, воду и воздух. Вентиляция - один из способов обеспечения радиационной безопасности. Она служит для поддержания чистоты и предупреждения её загрязнения. В связи с многообразием предприятий атомной промышленности необходим индивидуальный подход к решению задач, так как перед системой вентиляции поставлена задача поддержание микроклимата, пригодных для работы оборудования и в том числе человека.

Особенности некоторых производств атомной промышленности, определяют значительно более высокие требования, предъявляемые к чистоте воздушной среды. В равной мере это относится и к производствам, где ведутся работы с такими высокотоксичными веществами, как бериллий, ртуть и др., находящими применение в атомной промышленности. Соответственно, комплекс мероприятий для обеспечения нормального состава воздуха рабочей зоны в производственных помещениях выбирается с учетом типа вещества и в общем случае включает, наряду с вентиляцией, другие санитарно-технические средства и методы, направленные на предупреждение загрязнения воздушной среды, предусматривает определенную планировку рабочих зон, предъявляет специальные требования к оборудованию и организации работ для максимальной защиты.

Темой работы является разработка и исследование автоматизированной системы вентиляции воздуха, отвечающей предъявляемым требованиям.

Библиографический список

1. Вентиляция и кондиционирование воздуха на промышленных предприятиях. Методическое пособие. Б.Г.Борисов, А.Я.Шелгинский, под ред.В.Н.Папушкина. М.: Издательство МЭИ, 2012. 56с.
2. Центральные системы кондиционирования воздуха. Методическое пособие. Л.И.Архипов, В.И.Косенков, И.В.Сынков. М.: Издательство МЭИ, 2014. 78 с.

*Д.А. Сияков, студ.; рук. А.М. Захаров (к.т.н., доц.) М.А. Захаров
(ИГЭУ, г. Иваново)*

СИСТЕМА АВТООТСКОКА КВАДРОКОПТЕРА

Квадрокоптеры являются частным случаем мультикоптеров — многороторных устройств, которые держатся в воздухе, управляются и перемещаются только за счет несущих пропеллеров. В этом мультикоптеры схожи с вертолетами.

Полётные контроллеры АРМ позволяют превратить мультикоптер в полностью автономную беспилотную модель, способную выполнять миссии по заданным маршрутам с GPS-координатами.

К функциям полетного контроллера относятся: стабилизация модели в воздухе; удержание позиции модели в воздухе при помощи GPS антенны; автопилот по заданным точкам с GPS-координатами; передача навигационной информации пилоту при помощи OSD и/или телеметрии; обеспечение безопасности - возврат в точку взлета или автопосадка в аварийной ситуации, осуществление режима автоотскока.

Система авто отскока предотвращает столкновение квадрокоптера с различными препятствиями. Это делает управление проще и помогает пользователю избежать возможности ошибки в управлении. В данном проекте эта система реализована с помощью платы STM32F103C8T6 с микроконтроллером ARM Cortex M-3 и трёх ультразвуковых датчиков HC-SR04. Датчики одновременно считывают расстояние до объекта и отправляют обрабатывать информацию на микроконтроллер. Работа ультразвукового датчика основана на принципе эхолокации. Динамик прибора издает УЗ импульс на определенной частоте и замеряет время до момента его возвращения на микрофон. Зная скорость распространения звука в окружающей среде и время замеренное таймером можно рассчитать расстояние до препятствия.

Ультразвуковые сенсоры широко применяются в промышленности и медицине. В отличие от оптических сенсоров они легко могут определять расстояние до прозрачных и бликующих предметов. Из недостатков эхолокации следует отметить достаточно большой угол диаграммы направленности, что приводит к неоднозначности измерений расстояния до поверхностей с неровностями.

Если расстояние меньше определённого значения сигнал от микроконтроллера передаётся мозгам Ardupilot АРМ 2.8, и те в свою очередь тормозят двигатели или вращают в другую сторону, так называемый реверс.

К.С. Смирнов, студ.; рук. М.А. Соломаничев
(ИГЭУ, г. Иваново)

СПОСОБ СТАБИЛИЗАЦИИ ПЛОТНОСТИ НАМОТКИ ГИБКИХ МАТЕРИАЛОВ В СИСТЕМЕ ВЗАИМОСВЯЗАННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА

Процесс осевой намотки гибкого материала (например, ткани) с постоянным натяжением сопровождается деформацией нижележащих слоев формируемого рулона, что определяет неравномерную плотность его намотки. Для стабилизации плотности такой намотки необходимо регулировать натяжение материала так, чтобы практически устранить межвитковое давление вышележащих слоев рулона на нижележащие. В связи с этим, применительно к системе взаимосвязанного электропривода текстильного агрегата, предложено известное устройство [1] (рис. 1), реализующее один из возможных способов решения указанной задачи.

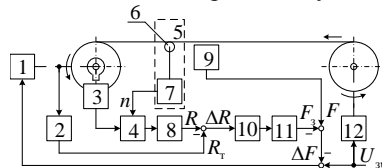


Рис. 1. Функциональная схема устройства стабилизации плотности осевой намотки ткани в рулон: 1, 12 – соответственно ведущий и ведомый электроприводы агрегата; 2, 8 – соответственно блоки вычисления теоретического R_t и фактического R радиусов рулона; 3 – импульсный датчик числа оборотов рулона; 4 – ключевой элемент; 5 – импульсный датчик длины ткани; 6, 7 – соответственно измерительный ролик и импульсный элемент датчика 5; 9, 11 – соответственно датчик натяжения F и формирователь задающего натяжения F_3 ткани; 10 – интегратор

На выходе элемента 7 датчика 5 формируется последовательность из n импульсов за полный оборот ролика 6. Сигнал разности $\Delta R = R - R_t$ подается на интегратор 10, изменяющий с помощью блока 11 значение натяжения F_3 , минимизирующего ΔR . При этом на электроприводы 1 и 12 подается общее задающее напряжение U_{30} , которое на входе электропривода 1 корректируется в функции сигнала разности $\Delta F = F - F_3$ (напряжения обратной связи по натяжению), обеспечивающей необходимую плотность намотки ткани в рулон.

Библиографический список

1. Пат. 46483 Российская Федерация, МПК В 65Н 23/00. Устройство для намотки ткани / В.Ф. Глазунов, М.А. Соломаничев; заявитель и патентообладатель Иван. гос. энерг. ун-т. – № 2005106063; заявл. 03.03.05; опубл. 10.07.05, Бюл. № 19. 5 с.

СЕКЦИЯ 21
ЭЛЕКТРОМЕХАНИКА И
МАГНИТОЖИДКОСТНЫЕ УСТРОЙСТВА

Председатель –
д.т.н., профессор **Казаков Ю.Б.**

Секретарь –
к.т.н., доцент **Караулов В.Н.**

Д. Е. Дрязгов, маг.; рук. А.И. Тихонов, д.т.н., профессор.
(ИГЭУ, г. Иваново)

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ОДНОФАЗНОГО ТРАНСФОРМАТОРА В ELCUT С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ACTIVEFIELD

ELCUT - это не только интерактивная система, но и COM-сервер, который можно вызывать из собственных программ, написанных на разных языках программирования, таких как Visual Basic, C++, C#, Delphi, а также на скриптовых языках и языках прикладных пакетов (Excel, Word, Matlab). Использование ActiveField позволит сэкономить много времени и усилий при решении семейства повторяющихся задач, например для расчета динамики однофазного трансформатора.

Для моделирования выбран однофазный трансформатор.

В данной работе по известным данным в Excel строится однофазный трансформатор в Elcut с использованием технологии ActiveField в автоматическом режиме. На построенной таким образом модели производится расчет динамических режимов: включение на холостой ход и номинальную нагрузку и короткое замыкание. Затем после окончания расчетов данные из Elcut передаются обратно в Excel, где строятся зависимости токов в обмотках от времени. Все расчетные и сервисные процедуры представляют собой макросы на языке VBA.

Таким образом, в данной работе рассмотрен аналог программы RMXprt на базе Elcut и Excel.

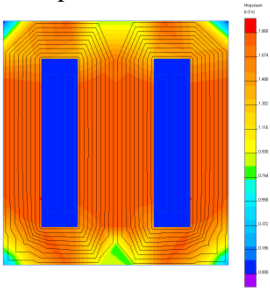


Рис. 1. Распределение индукции в однофазном трансформаторе

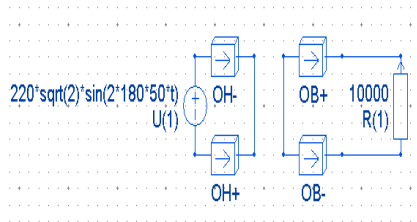


Рис. 2. Схема соединения обмоток в режиме XX однофазного трансформатора

Библиографический список

1. Программирование при помощи объектной модели (ActiveField) / ELCUT. Новый подход к моделированию полей [Электронный ресурс] – https://elcut.ru/activefield_api.htm

*А.В. Плаксин, маг.; рук. А.И. Тихонов, д.т.н., проф.
(ИГЭУ, г.Иваново)*

ДИНАМИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ОДНОФАЗНОГО ТРАНСФОРМАТОРА

Современное развитие транспортной инфраструктуры характеризуется ростом доли экологичного электротранспорта: электробусы, электромобили, электроскутеры, и т.д. Широкое распространение электротранспорта сдерживается в том числе недостатками зарядной инфраструктуры: большими временными затратами на заряд аккумуляторных батарей и габаритами зарядной станции. Для устранения данных недостатков предлагается использование высокочастотных преобразовательных систем, основой которых является высокочастотный трансформатор.

Габариты трансформатора определяются частотой питающей сети f , увеличивая частоту сети, мы можем уменьшить габариты трансформатора, следовательно, и стоимость трансформатора.

Проблема состоит в необходимости учета при проектировании трансформатора процессов, происходящих на высокой частоте. В первую очередь это касается потерь в магнитной системе. С целью решения этой проблемы была создана модель однофазного трансформатора, показанная на рис. 1 - 2. Кривые токов в первичной и вторичной обмотках, полученные на модели, показаны на рис. 3.

Модель позволяет исследовать переходные и установившиеся режимы работы однофазного трансформатора с Ш-образным сердечником из аморфной стали с заданной нелинейной кривой намагничивания в режиме имитации эксперимента.

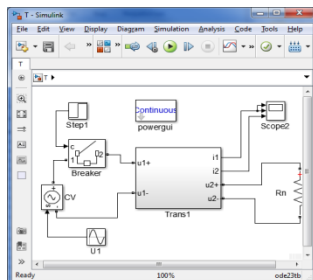


Рис. 1. Включение однофазного трансформатора в цепь

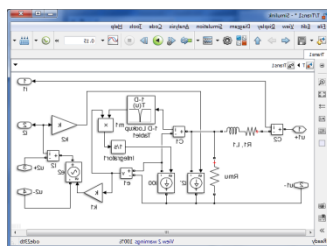


Рис. 2. Модель однофазного трансформатора

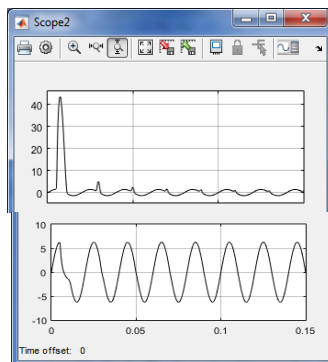


Рис. 3. Первичный и вторичный ток

*П.П. Власов, маг.; рук. В.Н. Караулов, к.т.н., доц)
(ИГЭУ, г. Иваново)*

МЕТОДИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИНХРОННОГО РЕАКТИВНОГО ДВИГАТЕЛЯ С TLA РОТОРОМ

В работе рассматриваются синхронные электродвигатели с анизотропной магнитной проводимостью (СД с АМПР), другое название - синхронные реактивные двигатели (СРД). В СРД статор такой же, как и в асинхронных двигателях. Ротор синхронно-реактивного двигателя может выполняться на основе двух технологий: продольной шихтовки пакета ротора (ALA - Axially Laminated Anisotropic) и поперечной шихтовки пакета ротора с немагнитными барьерами (TLA - Transversally Laminated Anisotropic) [1].

Актуальной является задача создания методики проектирования и поверочных электромагнитных расчетов СРД с TLA ротором. В настоящей работе представлена методика создания полевой (2D) модели СРД с TLA ротором в среде «Ansoft Maxwell». Приведены результаты поверочного полевого расчета установившегося режима работы СРД. Представлена параметрическая модель СРД, реализующая методику поверочных электромагнитных расчетов, описанную в [2]. Модель реализована в среде «Mathcad». Описана методика проектирования СРД с TLA ротором.

Так же в работе представлены рекомендации по выбору главных размеров, по выбору числа и размеров пазов ротора СРД. По мимо этого в работе представлены формулы для расчета обмотки статора СРД.

Библиографический список

1. **Захаров А.В.** Перспективы технического применения синхронных электродвигателей с анизотропной магнитной проводимостью ротора. // Состояние и перспективы развития электро- и тепло технологии, 2015, 124-127 стр.
2. **Осин И. Л. Шакарян Ю.Г.** Электрические машины: синхронные машины: Учебное пособие для вузов / Под редакцией И.П. Копылова – М.: «Высшая школа», 1990. – 304 стр.

*И.А. Кравале, маг.; рук. Ю.Б. Казаков, д.т.н., проф.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ПОЛЕВОЙ АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ СВОЙСТВ ОБМОТОК ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМЫХ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

В частотно-регулируемых приводах асинхронный двигатель (АД) питается от преобразователя частоты, часто с широтно-импульсной модуляцией напряжения. По обмоткам АД протекают токи, содержащие широкий спектр высших временных гармоник. Они вызывают дополнительные потери в машине, дополнительные моменты, шумы и вибрации т.д. Амплитуды временных гармоник тока зависят от параметров обмотки статора двигателя. Однако если для частотно-регулируемых АД магнитные системы исследованы достаточно, то схемам эффективных обмоток таких АД и анализу электромагнитных свойств уделяется меньшее внимание.

Важными показателями обмоток АД являются обмоточный коэффициент и коэффициент дифференциального рассеяния. Эти коэффициенты рассчитываются по обмоточным данным, но так как они определяют ЭДС обмотки, то возможно они зависят от насыщения и необходимо их уточнение по анализу распределения магнитного поля. Так методы определения дифференциального рассеяния на основе диаграммы Гергеса рассматривают распределение векторов МДС обмотки, а не магнитные потоки. Применяются аналитические уточнения для учета насыщения магнитной цепи, реакции короткозамкнутой обмотки ротора и даже зубчатости статора [1]. Но эти методики приближенные, не учитывают реальное распределение магнитного поля, наличие временных гармоник магнитных потоков, зависимостей активных и индуктивных сопротивлений обмоток от частоты тока.

Так как в частотно-регулируемых АД присутствует весь спектр пространственных гармоник токов и магнитных потоков для широкого спектра временных гармоник, то целесообразен уточненный полевой анализ электромагнитных свойств обмоток таких АД с учетом всех временных гармоник питающего напряжения, зубчатости, распределения магнитного поля, насыщения магнитной цепи, реакции короткозамкнутой обмотки ротора, частотных зависимостей активных и индуктивных сопротивлений. В докладе проанализирована полевая модель АД при использовании различных схем обмоток статора.

Библиографический список

1. Геллер, Бедриж. Высшие гармоники в асинхронных машинах / Б. Геллер, В. Гамага; пер. с англ. под ред. З. Г. Каганова.—М.: Энергия, 1981.—351 с: ил.

А.А. Каржевин, асп.; рук. А.И.Тихонов, д.т.н., проф.
(ИГЭУ, г. Иваново)

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ТРЕХФАЗНОГО ТРАНСФОРМАТОРА В SIMULINK SIMPOWERSYSTEMS

В данной работе рассматривается проблема точного расчета динамических режимов работы трехфазного трансформатора. Модель строится на основе данных, полученных в ходе проектирования трансформатора и представляет собой готовый блок MatLab Simulink SimPowerSystems, который можно интегрировать в различные модели электрических цепей со своими источниками питания и произвольной нагрузкой. Библиотека блоков SimPowerSystems уже содержит готовые блоки различных моделей трансформаторов, но при этом они являются закрытыми для модернизации. При результатах идентичных уже имеющимся блокам, особенностью представленной модели является открытость, которая будет способствовать дальнейшему развитию модели. В частности, данный метод планируется использовать при создании методики преобразовательных трансформаторов, которые являются сложными устройствами, предназначенными для выпрямления тока и передачи его потребителю.

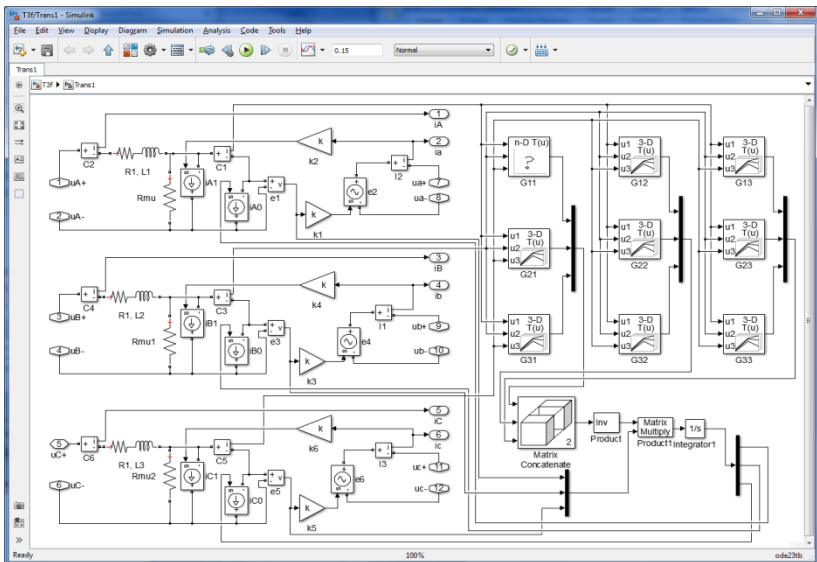


Рис. 1. Динамическая модель трехфазного трансформатора в SimPowerSystem

*И.С. Таланов, студ.; рук. Н.А.Морозов, к.т.н., доцент
(ИГЭУ, Иваново)*

ПРОБЛЕМЫ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Асинхронные двигатели являются основными электромашинными преобразователями электрической энергии в механическую. Они широко используются на промышленных предприятиях для привода различного оборудования, как двигатели собственных нужд ТЭЦ и ТЭС, основное оборудование насосных станций.

Двигатели работают в разных условиях, часто заметно отличающихся от номинальных. Это способствует не только возникновению различных аварийных режимов, но и снижению эксплуатационных свойств электрических двигателей. Внезапный выход двигателя из строя влечёт значительные потери не только по восстановлению его работоспособности, но и по невыпуску продукции, наличию брака.

Асинхронные машины обычно доступны для прямых измерений эксплуатационных параметров. Это позволяет измерениями параметров сети и на зажимах двигателя оценить влияние на работу двигателя окружающего оборудования и собственно состояние машины. Известные значения фазных, линейных напряжений и токов, частоты сети позволяют выявить обратное поле, оценить несимметрию и отклонения параметров сети и двигателя.

Анализ состояния двигателя может быть проведён на базе приближённых выражений [1] и основных типовых данных [2], связывающих параметры двигателя в разных режимах работы. Нормами задаются предельные отклонения эксплуатационных параметров двигателей от номинальных для данного типа двигателей. Существуют измерительные приборы, позволяющие через заданные промежутки времени делать срез параметров питающей сети, которые позволяют с достаточной для практического использования точностью рассчитать параметры двигателя и сделать выводы о возможности работы в данном режиме, его изменении или принятии решения о необходимости проведения ремонта. Наилучшие результаты даёт регулярный контроль состояния двигателя.

Библиографический список

1. Сыромятников И.А. Режимы работы асинхронных и синхронных двигателей / И.А. Сыромятников. – М.–Л. Госэнергоиздат, 1963. – 528 с.
2. Асинхронные двигатели серии 4А: Справочник / А.Э. Кравчик, М.М. Шлаф, В.И. Афонин, Е.А. Соболевская. – М.: Энергоиздат, 1982. – 504 с.

*И.М. Снарв, маг.; рук. И.А. Палилов, к.т.н, доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПЫТАНИЙ АСИНХРОННЫХ МАШИН МЕТОДОМ ВЗАИМНОЙ НАГРУЗКИ

В настоящее время в связи с большим количеством выпуска асинхронных машин так же требуется проводить их испытания. Испытания электрических машин в среднем занимают 13% трудоемкости их изготовления. Так как при испытании асинхронных машин большой мощности потребляется существенное количество электроэнергии, для её экономии существуют схемы объединения идентичных машин на общем валу (рис.1). Испытания производятся в связке двигатель-генератор с возвратом мощности в сеть. Такая реализация позволяет экономить до 80 % энергии, потребляемой из сети при испытаниях асинхронных машин, и называется методом взаимной нагрузки [1].

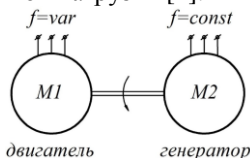


Рис. 1. Схема испытаний асинхронных машин методом взаимной нагрузки

В связи с вышесказанным, актуальным является вопрос о повышении энергоэффективности испытаний асинхронных машин методом взаимной нагрузки, за счет поиска оптимального алгоритма нагружения испытуемой машины при испытаниях.

Для достижения данной цели используется моделирование системы электрических машин объединенных общим валом, реализуемое посредством решения задачи в полевой постановке. Этот процесс затруднен из-за сложности математической модели взаимосвязанных машин.

Разработанные алгоритмы и программы расчета переходных и установившихся режимов в асинхронных машинах с общим валом на основе прямых расчетов взаимосвязанных электромагнитных полей в обеих машинах позволяют исследовать электромеханические процессы в машинах и предложить оптимальный алгоритм испытаний.

Библиографический список

1. Гольдберг О.Д. Испытания электрических машин: учебное пособие / О.Д. Гольдберг. — М.: МГОУ, 2001. —221 с.

*И.С.Егоров, маг.; рук. Н.А.Морозов, к.т.н., доцент
(ИГЭУ, Иваново)*

СТРУКТУРИРОВАНИЕ МАГНИТНЫХ ЖИДКИХ СРЕД В ПОПЕРЕЧНОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ

При достаточной объёмной концентрации магнитной фазы, более 0,05, магнитные частицы магнитоуправляемых сред за счёт диполь-дипольного магнитного взаимодействия образуют агрегаты из нескольких частиц в виде цепочек или замкнутых агрегатов. В поперечном магнитном поле достаточной интенсивности замкнутые агрегаты разрушаются и образуются цепочечные агрегаты, которые образуют единую структуру во всём объёме магнитной жидкости. Сдвиговое или напорное течение разрушает эту структуру с большим усилием, чем при развитом течении, что проявляется в большем значении вязкости среды при малых градиентах сдвига слоёв среды.

Актуальной задачей является определение начального напряжения сдвигового разрушения структурированной магнитожидкостной среды, которое не определяется при снятии магнитореологических характеристик жидкости. В этих целях следует знать количество цепочек, образующих в заданном зазоре под действием магнитного поля и энергию диполь-дипольного взаимодействия частиц.

Энергия взаимодействия частиц может быть найдена по известным формулам [1-2]. Задача может быть решена при известном количестве структурных цепочек и расстоянии между ними. В работе рассматривается количественное распределение частиц магнитной фазы с учётом толщины немагнитного слоя частицы, поверхностно-активного вещества и присоединённого слоя жидкости носителя. Для этого снимаются вязкостные характеристики среды и жидкости носителя без магнитного поля, позволяющие определить гидродинамический диаметр частиц. По кривым намагничивания находится магнитная объёмная концентрация частиц и их количество в известном объёме среды. Далее находится расстояние между цепочками при условии их расположения в узлах шестигранников, заполняющих плоскость стенки.

Библиографический список

1. **Фертман В.Е.** Магнитные жидкости: справ. пособие / В.Е. Фертман. – Мн.: Выш. шк., 1988. – 184 с.
2. **Розенцвейг Р.Е.** Феррогидродинамика / Р.Е. Розенцвейг. – М.: Мир, 1989. – 357 с.

*Д.А. Потапов, маг.; рук. Ю.И. Страдомский, к.т.н., проф.
(ИГЭУ, Иваново)*

РАСЧЁТ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ МАГНИТОЖИДКОСТНОГО СЕПАРАТОРА

Магнитные жидкости (МЖ) активно используются в различных технологических устройствах, одним из которых является магнитожидкостный сепаратор (МЖС). Он предназначен для разделения фракций немагнитных твёрдых материалов по плотностям [1].

Основной проблемой при разработке подобных устройств является определение производительности. Для МЖС стоит учесть ряд факторов, которые влияют на пропускную способность частиц, а именно: высокая точность сепарации возможна только при постоянном значении сил, выталкивающих частиц; следует учитывать динамику движения частиц в слое МЖ; нелинейность магнитных свойств МЖ; неоднородность магнитного поля в рабочем зазоре.

Производительность МЖС зависит, как от количества сепарируемых частиц, так и от времени их движения. Для определения последнего необходимо иметь методику расчёта движения частиц, учитывающую плотность и вязкость МЖ, угол наклона, размер и плотность тел и т.д.

Расчёт движения частиц можно реализовать, основываясь на втором законе Ньютона. Под воздействием неоднородного магнитного поля (МП) в МЖ, помимо силы выталкивания F_A (силы Архимед) и силы тяжести F_T , на немагнитное тело действует дополнительная сила F_M со стороны МЖ, внутри которой изменяется давление под влиянием МП [1]. Эта сила зависит от градиента напряжённости H поля. Также на тело со стороны МЖ действует сила вязкости F_B , зависящая от вектора скорости \vec{v} . Сумма всех сил, действующих на тело $\vec{F}_T + \vec{F}_A + \vec{F}_B(\vec{v}) + \vec{F}_M(H) = m \frac{d\vec{v}}{dt}$.

Результатом расчёта этого уравнения является траектория движение частицы в МЖ, по которой можно определить положение и скорость тела в любой момент времени.

Производительность МЖС возможно определить по площади зоны выхода частиц $S_{\text{вых}}$, по степени заполнения этой площади k_3 и по установившейся скорости выхода частицы v из МЖ. Таким образом, производительность можно рассчитать по формуле: $Q = S_{\text{вых}} * v * k_3$. Данная формула, описывает максимальную производительность, для случая, когда все частицы одновременно выходит через зону $S_{\text{вых}}$.

Библиографический список

1. Берковский Б.М., Медведев В.Ф., Краков М.С. Магнитные жидкости – М.: Химия, 1989. – 240 с.

*М.И. Голубкина, маг.; рук. Н.А.Морозов, к.т.н., доцент
(ИГЭУ, Иваново)*

КОЭФФИЦИЕНТ ВОЗВРАТА И ВРЕМЯ РАБОЧЕГО ЦИКЛА КОНТАКТОРОВ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Время рабочего цикла и коэффициента возврата электрического аппарата являются важнейшими параметрами в характеристике эксплуатационных свойств электрических аппаратов. Влияние коэффициента возврата аппаратов постоянного тока на время рабочего цикла неоднозначно. Исследование взаимосвязи коэффициента возврата и времени рабочего цикла всегда актуально, так как определяет пути воздействия на эти важнейшие эксплуатационные параметры.

Приближение противодействующей характеристики к тяговой за счёт увеличения жёсткости возвратных пружин уменьшает коэффициент возврата, но увеличивает время срабатывания, которое зависит от действующего на якорь динамического усилия, определяемого разностью тягового и противодействующего усилий. Этот путь повышения коэффициента возврата не эффективен, потому что контакторы имеют ярко выраженное контактное усилие, ступенчато увеличивающее противодействующую характеристику в области малых зазоров.

Для уменьшения времени отпадания и повышения коэффициента возврата часто применяют способ уменьшения тягового усилия после примыкания якоря к сердечнику. Это достигается или снижением напряжения на катушке управления после срабатывания аппарата, или установкой немагнитной прокладки между сердечником и полюсным наконечником магнитной системы. Оба способа имеют свои достоинства и недостатки.

Снижение напряжения легко достигается схемными способами: включением добавочного сопротивления. Однако при этом возникают заметные потери в сопротивлении, что не всегда допустимо, не смотря на снижение энергопотребления катушки управления. Установка немагнитной прокладки не исключает наличия ферромагнитного винта, крепящего полюсный наконечник к сердечнику, что снижает эффективность прокладки. Решение вопроса рациональности того или другого способа может быть решено экспериментально.

*В.М. Смирнов, маг.; В.П. Шишкин, к.т.н, проф.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ВЛИЯНИЕ КОНФИГУРАЦИИ ЗУБЦОВОЙ ЗОНЫ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ОДНОФАЗНОГО АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С ПУСКОВЫМ СОПРОТИВЛЕНИЕМ

В настоящее время однофазные асинхронные двигатели, в том числе и двигатели с пусковым сопротивлением, находят широкое применение в различных отраслях промышленности. Двигатели с пусковой обмоткой повышенного сопротивления просты по конструкции и дешевы, не имеют дополнительного фазосдвигающего элемента. Двигатели имеют удовлетворительные пусковые характеристики (кратность начального пускового момента — до 1,5), однако кратность пускового тока достигает 10 и более. К недостаткам двигателей данного типа следует отнести пониженную надежность по сравнению с конденсаторными двигателями из-за возможного выхода из строя пусковой обмотки. Существующие методики расчета однофазных асинхронных двигателей с пусковым сопротивлением требуют уточнений.

Исходя из теории проектирования асинхронных машин можно сделать вывод, что одной из основных проблем, возникающих при создании асинхронных двигателей, является выбор рационального соотношения между числами пазов статора Z_1 и ротора Z_2 , а особенно сильно это влияние сказывается на однофазных асинхронных двигателях. От этого фактора сильно зависят пусковые и рабочие характеристики однофазного двигателя, так как во многом он определяет гармонический состав магнитного поля воздушного зазора, влияющий на общий уровень переменных сил, действующих в электродвигателе, и негативно влияет на его свойства.

В качестве объекта исследования был выбран асинхронный двигатель с пусковым сопротивлением общепромышленного назначения АД180 – 4/71С УХЛ4. Для данного двигателя проведены лабораторные испытания, выполнен расчет по методике проектирования Лопухиной Е.М. и произведен расчет электромагнитных полей.

Библиографический список

1. Лопухана Е.М./ Сомихина Г.С. Расчет асинхронных микродвигателей однофазного и трехфазного тока. М.- Л., Госэнергоиздат, 1961.- 312с.

*В. А. Кадеров, студ., М.В. Здорова, студ., А.А. Широков, студ.;
рук. Б. С. Зечихин, д.т.н., профессор
(МАИ, г. Москва)*

СИСТЕМА ГЕНЕРИРОВАНИЯ МОЩНОСТЬЮ 500 КВА ДЛЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО САМОЛЕТА

Летательные аппараты и бортовое электроэнергетическое оборудование с каждым годом совершенствуются и появляются новые концепции. В качестве примера можно привести концепцию полностью электрифицированного самолета, в которой использование гидравлических и пневматических систем сводится к минимуму, что подразумевает под собой увеличение потребления электрической энергии и рост мощности систем генерирования в сравнении с самолетами с повышенным уровнем электрификации [2]. По оценкам экспертов мощность канала генерирования полностью электрифицированного самолета должна достигать 500 кВА.

В настоящей работе приводится оценочный расчет синхронных генераторов, с электромагнитным и магнитоэлектрическим возбуждением, мощностью 500 кВА с частотой вращения 24000 об/мин [1]. По итогам предварительного расчета выбрана конструкция генератора с постоянными магнитами и на его основе проведены электромагнитный, механический и тепловой расчеты. Для подтверждения результатов проведен конечно-элементный анализ магнитных и тепловых полей.

К авиационным системам предъявляются высокие требования качества электроэнергии. Поэтому использование генератора для канала постоянного тока требует рассмотрения его совместно с силовым электронным преобразователем. С этой целью расчёт и конечно-элементный анализ генератора проводится совместно со статическим преобразователем. Также рассмотрена возможность создания синхронного генератора с электромагнитным возбуждением мощностью 500 кВА.

Библиографический список

1. С. В. Журавлев, Б. С. Зечихин. Автоматизированный расчёт синхронного генератора: Учебное пособие к курсовому и дипломному проектированию. – М.: Изд-во МАИ, 2011. – 60 с.: ил.
2. А. В. Лёвин, С. М. Мусин, С. А. Харитонов, К. Л. Ковалев, А. А. Герасин, С. П. Халютин. Электрический самолет: концепция и технологии. Уфа: УГАТУ, 2014, – 388 с.

*А.Б. Менжинский; Е.В. Колчин; рук. А.Н. Малашин, к.т.н., доц.
(Военная академия Республики Беларусь, г. Минск)*

СПОСОБА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ СОГЛАСОВАНИЯ СИЛ МЕХАНИЧЕСКОЙ И ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПОДСИСТЕМ ЭНЕРГОУСТАНОВКИ СО СВОБОДНОПОРШНЕВЫМ ДВИГАТЕЛЕМ НА ВСЕМ РАБОЧЕМ ЦИКЛЕ

В настоящее время предпринимаются попытки решения задачи согласования сил электрической и механической подсистем энергоустановки (ЭУ) со свободнопоршневым двигателем (СПД) и возвратно-поступательным электрическим генератором (ВПЭГ) поперечного типа за счет управления механической и электрической подсистемами ЭУ. Особую сложность вызывает решение задачи согласования сил электрической и механической подсистем ЭУ в крайних положениях поршневой группы СПД.

В результате проведенных исследований имитационной модели электромеханотронного модуля на базе СПД и комбинированного генератора (КГ) возвратно-поступательного типа с поперечным и продольным нелинейным изменением магнитного потока (рисунок 1) с активным выпрямителем (АВ) установлено влияние формы кривой тока в

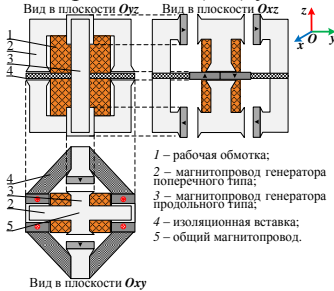


Рисунок 1. – КГ возвратно-поступательного типа

рабочей обмотке КГ на распределение его электромагнитной силы (ЭМС) [1].

Проведенные теоретические исследования показали, что КГ возвратно-поступательного типа с поперечным и продольным нелинейным изменением магнитного потока (рисунок 1), работающий на АВ, способен сформировать ЭМС, согласованную во времени с силами механической подсистемы ЭУ с СПД

на всем рабочем цикле. Это позволяет

устранить основные недостатки ЭУ с СПД.

Библиографический список

1. Менжинский, А. Б. Применение активного выпрямителя с возвратно-поступательными генераторами комбинированной конструкции для повышения эффективности энергоустановок автономных объектов / А. Б. Менжинский,

А. Н. Малашин, Е. В. Колчин // Магистерский вестник : сб. науч. работ магистрантов и аспирантов / Ин-т подгот. науч. кадров НАН Беларуси ; редкол.: И. И. Ганчеренок (гл. ред.) [и др.] – Минск, 2017. – С. 40–50.

СЕКЦИЯ 22
МИКРОЭЛЕКТРОННЫЕ И
МИКРОПРОЦЕССОРНЫЕ
ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИЕ
СИСТЕМЫ

Председатель –
к.т.н., доцент **Терехов В. Г.**

Секретарь –
к.т.н., доцент **Аполонский В. В.**

*А.Ю. Тихомирова, студ.; рук. В.В. Аполонский, к.т.н., доцент
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ИССЛЕДОВАНИЕ РОБАСТНЫХ СВОЙСТВ ДИСКРЕТНО-НЕПРЕРЫВНЫХ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

В настоящее время становятся широко распространенными смешанные системы управления, в которых объект управления является аналоговым, а регуляторы – цифровыми. В связи с этим возникает много проблем с определением устойчивости переходного процесса. В данной работе были рассмотрены и программно реализованы три различных подхода для определения устойчивости системы. Каждый подход основан на выходных данных, полученных с ОУ, и занесенных в массив, для последующей обработки.

1. Оценка достижения критического значения.

В ходе реализации данного подхода, путем перебора всех значений массива, были определены минимальное и максимальное значение. Далее, они сравнивались с определенным критическим значением, при достижении которого система считается не устойчивой. В результате программа выдает информацию об устойчивости.

2. Оценка кривой переходного процесса.

Реализация этого метода основана на анализе графика переходного процесса. Если он выпуклый относительно прямой, проходящей через ноль и конечное значение графика ПП, то он устойчив. В обратном случае, кривая будет вогнутой, а ПП не устойчив. Анализ строится на сравнении площади под прямой, упомянутой ранее, и под графиком ПП. Для вычисления первой площади S_1 была выполнена операция умножения одной второй на конечное значения массива данных переходного процесса и на конечное временное значение. А для вычисления второй площади S_2 была произведена операция суммирования всех значений массива данных переходного процесса. Шаг квантования был выбран равный 1. Если $S_2 < S_1$, то процесс считался не устойчивым.

3. Оценка пиков переходного процесса.

При колебательном переходном процессе, важную роль играет изменение амплитуды колебаний. Если она увеличивается, то процесс не устойчив. Уменьшается – устойчив. Анализ проводится по изменению величин значений пиков. За пик принимается значение массива данных, у которого и предыдущее, и следующее значение являются меньшими текущего.

Все три метода дают результат об устойчивости ОУ, но для лучшего более точного результата рекомендуется использовать комплекс из нескольких методов.

И. В. Кудрявцев, И. С. Прытков, студ.; рук. С. А. Капустин, доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ГЕНЕРАТОР ЧАСТОТЫ ДЛЯ НАСТРОЙКИ УНЧ

Каждый начинающий радиолюбитель сталкивался с такой проблемой как высокая стоимость измерительной и наладочной аппаратуры для измерений, наладки и ремонта как своих самоделок, так и бытовой РЭА. В частности, для ремонта и наладки УНЧ такой прибор как функциональный генератор частоты просто необходим. Функциональный ГЧ - универсальное электронное устройство, которое даёт возможность получить электрический сигнал с задаваемыми параметрами формы, амплитуды и частоты.

Особенностями такого функционального генератора должны быть: низкая стоимость по сравнению с промышленными аналогами; широкий диапазон генерируемых частот; прецизионная форма выходного сигнала (что особенно важно для ремонта и настройки высококачественных УЗЧ).

В качестве такого генератора может быть предложен генератор на основе микросхемы MAX038, которая представляет собой высокочастотный прецизионный функциональный генератор, формирующий на своём выходе треугольные, синусоидальные и прямоугольные импульсы в полосе частот от 0,1 Гц до 20 МГц (рис. 1).

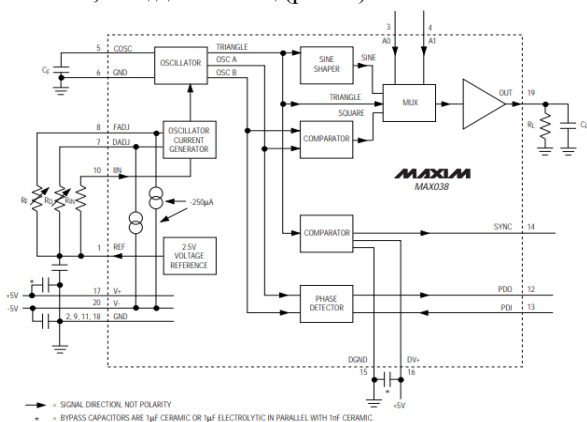


Рис 1. Структурное устройство и типовое включение микросхемы MAX038

Библиографический список

1. Игнатович В. Г., Мигтюхин А. И. Регулировка и ремонт бытовой радиоэлектронной аппаратуры: Учеб. пособие для техникумов. - Мн.: Выш. шк., 1992. - 367 с.: ил.

2. **High** - Frequency Waveform Generator: Datasheet MAX038. - Режим доступа: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/72720/MAXIM/MAX038.html>.

Luis Alberto Estrada Jimenez
University of Oviedo, Oviedo, Spain

DIMENSIONAL SYNTHESIS OF A 3RRR MANIPULATOR AND SIMULATION OF ITS CONTROLLED DYNAMICS

In this paper it is presented the methodology and the development that makes it possible to solve the dimensional synthesis of a 3RRR mechanism using groups of elements and an evolutionary DDM-ES optimization strategy.

In addition, a kinematic modeling is performed using Newton's iterative method and dynamic modeling using Lagrange techniques with pre-established mechanical parameters. This the base to design a robust control, denominated Computed Torque Control (CTC). By means of the inverse kinematic model it is possible to control the position of a point of interest of the mechanism (center of the tool) and verify the optimal parameters of control and tracking of the trajectory.

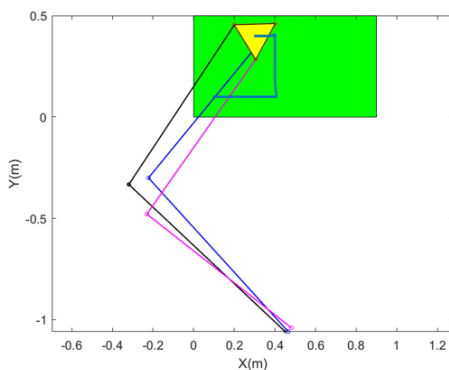


Fig 1. Mechanism Simulation

Figure 1 shows the position of the X and Y coordinates of the TCP, superimposed with the position of the desired trajectory. The establishment time is short, and there are certain position errors when making changes in the trajectory that could not be eliminated by increasing the gain of the controller.

Figure 2 shows the position of the X and Y coordinates of the TCP, superimposed with the position of the desired trajectory.

In the case of Figure 3 the evolution of the necessary pairs in each one of the actuators of the mechanism is shown. If it were necessary to minimize the position error in the mechanism, this will be at the cost of achieving greater pairs in the actuators. but this would not be a problem in reality since the actuators (if they are gearmotors) would have a great reduction since they only have to make a small arc to cover the entire work space. And that big reduction also multiplies the torque of the electric motor.

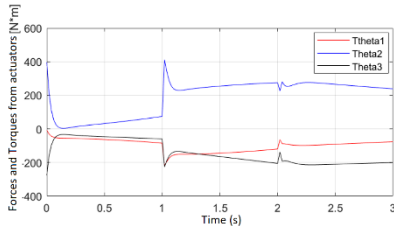


Fig 2. Position X and Y

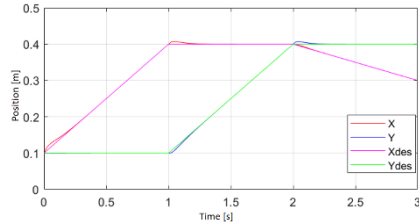


Fig 3. Required torque for actuators

The main dimensions of the 3RRR manipulator were obtained which, having the smallest possible size, allows to cover the predefined workspace maintaining all the restrictions and pre-established quality indicators.

The weight coefficients of the selected evolutionary strategy (DDM-ES) must be calibrated by trial and error, taking into account that the final result of the assembly errors must be equal to zero.

Stabilized and penalized Lagrange formulations had no problem with singular configurations (robustness). In addition, the stabilized lagrange formulation has a high simulation speed. However, the formulation by penalizers allows to know the movement of the whole mechanism and in this way to know more thoroughly the behavior of the system.

The CTC control method is very robust to variations in the gain. The same gain is given to each of the coordinates so a single adjustment is necessary, being much more versatile than other types of classical control such as the PID.

References

1. **Á. Noriega**, Síntesis dimensional de manipulador 3RRR, Gijón, 2018.
2. **Á. Noriega**, Simulación y Síntesis de Mecanismoa, Gijón: EU4M Master in Mechatronic and Micro-Mechatronic Systems, 2018
3. **Á. Noriega**, Propuesta de trabajo - Síntesis de Mecanismos - Master Universitario en Ingeniería Mecatrónica, Gijón, 2018.
4. **Á. Noriega**, DDM-ES EN MATLAB, Gijón: Departamento de Construcción e Ingeniería de la Fabricación, 2018.
5. **J. Cuadrado Aranda**, Análisis de Mecanismos por Ordenador - Capítulo 2: Problemas Cinemáticos, Galicia, 2006.

Jiawen Li, EU4M Student

TEMPERATURE CONTROL SYSTEM BASED ON ARDUINO MEGA 2560

The project aims to model a closed system with temperature control. There are two control systems implemented in MATLAB and LabVIEW respectively to realize the function. The system structure is showed as below.

All the components are put into a plastic-glass box to simulate the closed environment (Fig. 1). Two Arduino boards are connected together with serial communication to the MATLAB and LabVIEW respectively. The fan is added for the purpose of system cooling. The Aluminium plate is used as a conduction of heat resource.

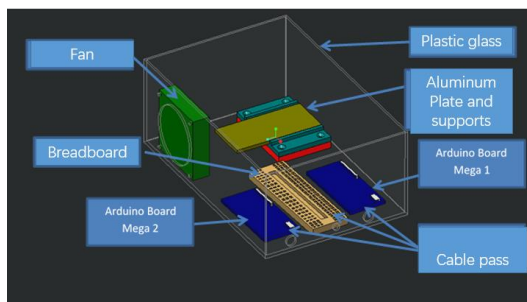


Fig. 1. System Structure

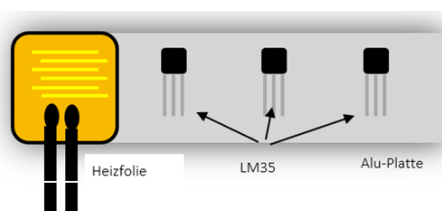


Fig. 2. Aluminium Plate with Heat-layer and temperature sensors.

As can be seen in Figure 2, the Heat-layer is glued on the plate, the temperature sensors are applied to measure the temperature distribution in the environment. The Heat-layer is connected with a power supply whose power would be controlled with PWM function of controller output.

Two Arduino boards read the temperature information from the temperature sensors. With the controller program the power of Heat-layer power supply and the fan would be regulated.

In this system, the PID controller is used for regulation (Fig. 3). By comparing the desired temperature and actual temperature in the system, the controller output the PWM to regulate the Heater and Cooler.

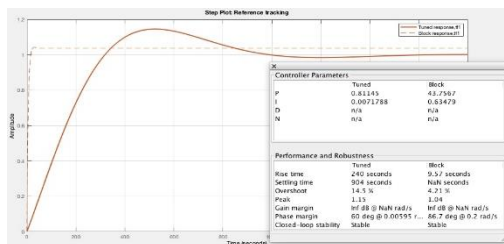


Fig. 3. System response with PID controller.

Franck Sabatier, EU4M Student

OPTIMIZATION AND REALIZATION OF AN EMISSION CIRCUIT FOR MY HIGH FREQUENCY ULTRASOUND TRANSDUCER

This work was conducted at the Inserm Unit U930 of UFR, Faculté de médecine in Tours. The unit comprises five teams engaged in medical research on “imaging and brain”. One aspect of the teams work is on the development of transducers and electronic cards used in ultrasounds scanners. This is a multi-disciplinary field, which requires cooperation between scientists, doctors, technicians and students.

The aim of this three-month-project was to implement an existing electronic card capable of producing and receiving ultrasound signals, and its integration within the handle of an ultrasound probe. This probe is used in ultrasound scanner application. Dr Jean-Marc GREGOIRE, who designed and produced the first prototype, initiated this project. After consulting the documentation of the previous prototype, improvements of the previous card were necessary.

The new electronic card is completely analog and has a unique power supply. Indeed, as a design requirement, the card needed an integrated power supply. Simulations of some parts of the cards were required, and the design of the integrated circuit needed to be completely redeveloped.

Accordingly, to the design of the integrated circuit that had been completed and sent to the subcontractor for commercial printing. Initials trials were positive, with both emission and reception tested with the new components.

During these three months in the professional world, I first deepened the field of electronics seen in my university education and I further developed my

skills on Kicad software during the realization of the board. Simulation was a new field for me, but I knew how to appropriate this method of work. The simulation saves time during the design of the board; it will be a significant asset for my future missions.

Finally, I have evolved in an environment with different jobs, which allowed me to obtain several points of view on my future work, but also to attend various conferences and meetings, allowing me to expand my knowledge.

Christian E. Mendoza Escobar, EU4M Student

HAPTIC CONTROL SYSTEM WITH FORCE FEEDBACK

Since the 90s, there was interest in developing a technology to feel tactile, because it could be easier to control a teleoperated robot and establish a closer connection between the two. The technology has been growing and today one of the most important areas researched is the force feedback, that is, a system where a control is applied on two sides, one for the robot and the other for the operator. The objective is to improve telepresence for the operator and manipulate the object with the object as if it was his hand, both control and sensation.

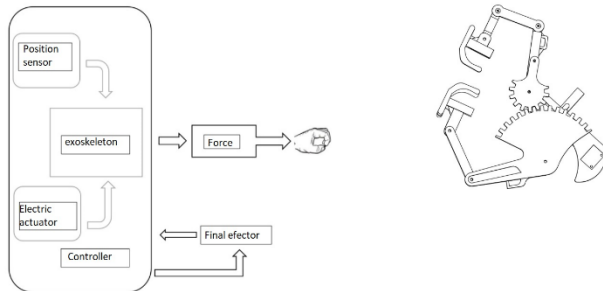


Fig 1.

The 3D design of the pieces was made, both of the final effector and the exoskeleton in CAD software Autodesk Inventor, consider since the designed pieces could be made by a 3D printer, it was considered the machines the printer works with being these PLA and ABS.³ for the characteristics materials of each material opted for ABS since the system will apply stresses of force.

For the design of the fuzzy controller we used the Matlab 2015, making use of the Fuzzy Logic Designer, to base the algorithm of control and load it into the development card Beaglebone Black with ARM architecture, developed by Beagleboard.org and Texas Instruments, open source, is an application tool for

embedded systems, ideal for the project, this card has a SO Debian version 7.9, and the programming language used for the configuration and management of the GPIO was Python. For the development card it was used the Beaglebone Black implemented the fuzzy program inside.

*Н.Г. Акбердин, студент; рук. А.Н. Богданов, к.т.н.
(КГЭУ, КАЗАНЬ)*

РОБОТЫ ДЛЯ УМНОГО ДОМА

Умный дом – это инженерная система и интерфейс управления всеми устройствами современного жилого пространства. С каждым годом умный дом становится все доступнее, все больше фирм занимаются разработкой, внедрением и обслуживанием подобных систем.

Современные автоматизированные системы умного дома предназначены для обеспечения комфорта для каждого пользователя, а также для ресурсосбережения и безопасности. Данные системы имеют способность распознавать определенные ситуации, которые происходят в доме, а также соответствующим образом реагировать на них. Таким образом, одна из систем способна управлять поведением других по выработанным алгоритмам. Например, отопление дома осуществляется по погоде и с учетом множества других факторов. Среди последних можно выделить силу ветра и время суток. Например, ночью наиболее комфортная температура меньше, чем днем. Проекты "умных" домов исключают необходимость использования сразу нескольких пультов, выключателей и отдельных блоков управления. Это касается просмотра телевизионных передач, управления освещением, а также системами охранной сигнализации и видеонаблюдения.

Несмотря на множество существующих проектов умного дома, большинство из них упускает возможность роботизации отдельных функций, например, робот-пылесосы и роботы-мойщики. Современные роботы-пылесосы развиваются как самостоятельное решение в области комфорта жилого пространства. Они уже обладают немалой функциональностью и приемлемой ценой.

Но если рассматривать робот-пылесос как составную часть умного дома, то возникает необходимость в расширении его функциональных возможностей и интеграции его в единую автоматизированную систему. Робот-пылесос в рамках умного дома должен трансформироваться в группу небольших специализированных роботов, выполняющих конкретный набор действий:

- роботы-пылесосы для пола;
- роботы-мойщики для пола;
- роботы-пылесосы для мебели;

- роботы-мойщики для стеклянных поверхностей.

В настоящее время ведется разработка компактного робота-пылесоса для умного дома.

*А.В. Лобач, студ.; И.П.Матвеевко, к.т.н., доц.
(БГАТУ, г. Минск)*

МОДЕЛИРОВАНИЕ СХЕМ УПРАВЛЕНИЯ С МИКРОКОНТРОЛЛЕРАМИ AVR В СРЕДЕ PROTEUS

Системы автоматизированного управления, как правило, включают различные электронные схемы. Однако прежде чем создавать реальное устройство, необходимо проверить его работоспособность и правильность выполнения заданных функций. Решить такую задачу с наименьшими затратами возможно, используя методы математического моделирования и исследования электронных устройств на компьютере. В работе показаны преимущества, методика создания и отладки работы виртуальных схем с помощью средств компьютерного моделирования на примере разработки системы управления поливом на базе микроконтроллеров фирмы ATMEL (AT89C51) [1] на основе использования программы Proteus.

Для проведения компьютерного моделирования была использована программа Proteus v8 [2]. Смоделирована схема датчика влажности, а также схема подключения к входам микроконтроллера AT89C51 такого датчика влажности, а к выходу - исполнительного устройства (двигатель насоса) через твердотельное реле, которое позволяет эффективно коммутировать силовые цепи, находящиеся под управлением контрольного сигнала слабого тока (сигнал с выхода микроконтроллера). Проверка работы собранной схемы осуществлялась в соответствии с разработанной программой, написанной на языке программирования Си.

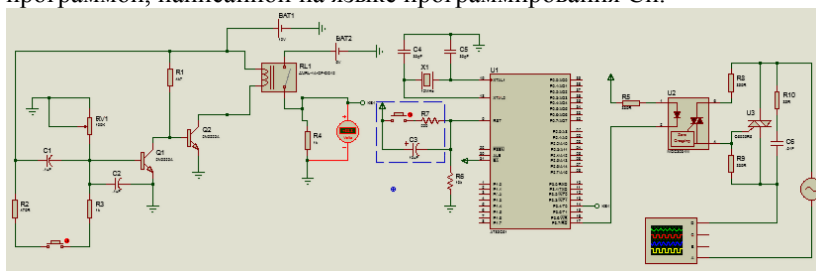


Рисунок 1 - Проект системы полива с микроконтроллером AT89C51

Библиографический список

1. **Евстифеев А.В.** Микроконтроллеры AVR семейства Mega. Руководство пользователя. М.: Издательский дом «Додэка-XXI», 2007. 592 с.
2. **Матвеев И.П.** Методика изучения микроконтроллеров AVR. «Информатизация образования», №2. 2013. С.86-95.

*П.С. Пелевин, аспирант, А.А. Лоскутов, к.т.н., В.Ю. Вуколов, к.т.н.
рук. А.Л. Куликов, д.т.н., проф.
(НГТУ, г. Нижний Новгород)*

ОСОБЕННОСТИ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ ВОЛНОВЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ ПЕРЕХОДНОГО ПРОЦЕССА ПРИ ПОВРЕЖДЕНИЯХ ЛЭП

Получение сигнала с малым интервалом дискретизации лишь начальное необходимое условие дальнейшей цифровой обработки сигнала (ЦОС), содержащего высокочастотные (ВЧ) составляющие. Поскольку для оценки переходного процесса для целей волновых ОМП и РЗА зачастую важно оценить амплитуду и крутизну импульсов, а также относительное время их прибытия, то составляющая промышленной частоты, а также другие низкочастотные (до нескольких кГц) гармонические составляющие должны быть скомпенсированы [1, 2].

В докладе рассматриваются особенности фильтрации высокочастотных составляющих электромагнитного волнового процесса. Приводится структура реализации фильтров с конечной импульсной характеристикой, использующих малое число выборок цифрового сигнала. Рассмотрен пример фильтрации сигналов тока и напряжения, а также проведен анализ характеристик фильтров, использующих различное число отсчетов сигнала.

Целесообразно выделить два основных подхода к построению цифровых фильтров. Первый подход может применяться, если известны частотные характеристики измерительных преобразователей (ТТ, ТН). Частным случаем первого подхода является дискретное преобразование Фурье на коротком окне данных (например, 10 мкс). Второй подход является более общим, цифровой фильтр может реализовываться с учетом адаптации импульсной характеристики к параметрам измерительных преобразователей, например, ТТ.

Приводятся характеристики вариантов ВЧ фильтрации сигналов волнового процесса, а также анализируются структуры фильтров, целесообразные для применения в различных алгоритмах ОМП и РЗА.

Библиографический список

1. **Johns A.T., Salman. S.K.** Digital protection for power systems. // Peter Peregrinus Ltd., on behalf of the Institution of Electrical Engineers, London, UK. -1995. -203 p.
2. **Schweitzer E.O.** Locating Faults by the Travelling Waves They Launch / Schweitzer E.O., Guzman A., Mynam M.V., Skendzic V. // 67th Annual Conference for Protective Relay Engineers, College Station, TX, USA. March 2014.

*Н.А. Сафронов, курсант; рук. В.Е. Иванов, к.т.н.
(ИПСА, г. Иваново)*

РАЗРАБОТКА СИЛОВОЙ ЧАСТИ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ДЛЯ РОБОТОТЕХНИЧЕСКОГО ШАССИ ЛЕГКОГО КЛАССА

В настоящее время малогабаритные робототехнические устройства применяют во многих сферах деятельности человека. Робототехника хорошо зарекомендовала себя при использовании в военных целях или при проведении пожарно-спасательных и аварийно-восстановительных работ в зонах повышенного риска, обусловленных наличием радиации, химической и биологической зараженности местности, взрывоопасностью, где непосредственное нахождение людей опасно для жизни. Разработка современных образцов малогабаритных мобильных робототехнических устройств является актуальной задачей.

При разработке гусеничного шасси робототехнического устройства необходимо учитывать множество факторов, одним из важных является обеспечение плавного хода и регулировка скорости движения при использовании мотор-редукторов. Данные требования может обеспечивать драйвер двигателя, который управляется от главного контроллера. На рынке множество драйверов двигателей, но не все поддерживают электродвигатели с потреблением тока больше 30 А. Таким образом необходимо разработать драйвер двигателя с поддержкой электродвигателей с высоким потреблением тока. Также необходимо учесть, что регулирование скорости движения и плавного пуска обеспечивается при использовании ШИМ-сигнала управления, а реверсивный ход движения возможно организовать с помощью реле. В работе разработана электрическая принципиальная схема драйвера двигателя, распаяна плата и проведены испытания базового шасси, управляемого главным контроллером Arduino Uno на базе процессора ATmega 328. Драйвер двигателя выполнен на основе силовых полевых транзисторов и обеспечивает необходимые ходовые характеристики при

использовании в базовом гусеничном шасси мотор-редукторов с высоким потреблением тока.

Библиографический список

1. Иванов В.Е., Кропотова Н.А., Серебряков А.А., Архангельский К.Н. Мобильный разведывательно-поисковый робот // Надежность и долговечность машин и механизмов: сборник IX Всероссийской научно-практической конференции, Иваново 12 апреля 2018 г. Россия, 2018. С 8-10.

*Н.В. Бондарева, асп.; рук. А.А. Базаров, д.т.н. доц.
(СамГТУ, Самара)*

СИСТЕМА ПОДОГРЕВА КЛИНОВЫХ ЗАДВИЖЕК НА МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДАХ

Запорная арматура – неотъемлемая часть магистральных трубопроводов. При эксплуатации системы важна безотказность и эффективность работы клиновых задвижек. В зимнее время года задвижки деформируются в результате перепадов температуры, что приводит у некоторых типов к заклиниванию и невозможности их открытия. Это снижает надежность работы оборудования и оперативность подачи нефтепродуктов по трубопроводу. Для решения проблемы термонапряжений и деформации клиновых задвижек предлагается использовать индукционный нагрев.

Сложная по форме конструкция запорной арматуры затрудняет процессы анализа тепловых процессов в системе «задвижка – жидкость – окружающая среда». Процесс теплообмена описывается взаимосвязанной системой уравнений Максвелла и Фурье для электромагнитных и тепловых полей соответственно. Исследования термонапряжений и определение параметров индукционного нагревателя проводятся в компьютерной модели в среде Comsol [1, 2].

На первом этапе моделируется распределение температуры и тепловых деформаций, для расчета напряжений по поверхности клина задвижки. Возникающая сила сжатия клина со стороны седла учитывается при расчете тягового усилия привода. Вторым этапом определяется мощность нагрева, требуемая для устранения последствий возникших напряжений. При проектировании индукционных нагревателей учитывается ограничение мощности, накладываемое системой электроснабжения. Все это не позволяет применять индукционные нагревательные системы простых форм, и требует дополнительных исследований при разработке конструкции нагревателя. В модели отражается нелинейное распределение мощности и сложный характер энергообмена. Результаты расчета в виде

функции распределения внутренних источников тепла положены в основу определения параметров индукционной нагревательной системы.

Библиографический список

1. Анкудинов В.Е. Компьютерное моделирование процессов переноса и деформации в сплошных средах. Ижевск: Удмуртский университет, 2014.– 108 с.
2. Погапов Л.А. Comsol Multiphysics: Моделирование электромеханических устройств. Брянск: БГТУ, 2011 - 112 с.

*В.И. Федорчатенко, студ.; рук. А.В. Шалухо, к.т.н., доц.
(НГТУ, г. Н. Новгород)*

ВОПРОСЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТВЕРДООКСИДНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЭНЕРГОУДАЛЕННЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

В России проблема электроснабжения наиболее актуальна для объектов, находящихся в удаленных районах [1]. Одно из перспективных решений связано с применением химических источников тока. Проведен анализ возможности использования энергоустановок малой мощности на твердооксидных топливных элементах (ТОТЭ) для электроснабжения энергоудаленных потребителей.

Общим преимуществом топливных элементов (ТЭ) является их высокая эффективность, отсутствие движущихся частей, тихая работа и отсутствие вредных выбросов в окружающую среду. Среди различных видов ТЭ наибольшими преимуществами обладают ТОТЭ: КПД $\approx 90\%$, возможность применения различного вида топлива, срок службы без обслуживания до четырех лет, экологичность.

Одна пластина ТОТЭ состоит из семи слоев. Толщина одной пластины не более 200 микрон. Пластины собираются в стеки, далее помещаются в жаропрочный контейнер, который выдерживает режим работы при температуре 1000°C, и несколько модулей собираются в общую энергетическую установку (ЭУ).

В настоящее время среди наиболее перспективных областей применения ТОТЭ выделяют катодную защиту трубопроводов и транспортные средства. Однако, благодаря своим преимуществам, ТОТЭ могут рассматриваться как стационарный источник распределенной генерации для различных удаленных промышленных и непромышленных объектов.

Главными недостатками ЭУ на ТОТЭ являются их высокая стоимость, высокая рабочая температура и низкая маневренность. В низкой маневренности заключается проблема внедрения ТОТЭ в системы электро-

снабжения. Требуется решение задачи совмещения постоянной генерации ТОВЭ с переменным графиком нагрузки.

Библиографический список

1. **Иванин О.А., Директор Л.Б.** Оценка эффективности системы электроснабжения сельского населенного пункта на базе газотурбинной установки // Интеллектуальная электротехника, НГТУ им. Р.Е. Алексеева, Нижний Новгород. 2018. № 3. С. 34-44.

*П.А. Шрамко; Н.В. Шумский; рук. Е.Н. Соснина, д.т.н., профессор
(НГТУ, г. Н. Новгород)*

К ВОПРОСУ О КОНЦЕПЦИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ИНТЕРНЕТА

В России и мире в последние годы все чаще говорят об эволюционном процессе перехода от традиционного уклада к интеллектуальной энергосистеме с активно-адаптивной электросетью. Под этим понимается система, в которой все субъекты электроэнергетического рынка принимают активное участие в процессах передачи и распределения электроэнергии. В иностранной литературе данную концепцию в первую очередь связывают с понятием «энергетического интернета» (ЭИ).

ЭИ – структура энергосистемы, обеспечивающая электрические и информационные связи между участниками, построенных на открытой сетевой архитектуре для их совместного участия в рынке электроэнергии, оказания системных услуг и взаиморезервирования [1].

В рамках концепции, разнородные участники ЭИ (активные потребители, распределенные энергетические объекты, управляемая нагрузка) имеют возможность подключаться и пользоваться энергосистемой так же, как это происходит при использовании Интернета, объединяясь и формируя при этом так называемые энергетические ячейки (ЭЯ).

Функционирование энергосистемы осуществляется обеспечением свободных двусторонних перетоков электроэнергии между ЭЯ посредством устройства активно-адаптивного контроля мощности, представляющего собой энергетический аналог привычного нам маршрутизатора сети Интернет. Данное устройство позиционируется как базовое устройство ЭИ, осуществляющее взаимодействие соседних ЭЯ на уровне энергетического и информационного обмена, а также их интеграцию в электрические сети более высокого класса напряжения.

В России технология ЭИ сегодня представляется неосуществимой из-за отсутствия ряда технологий и практик: отсутствуют киберфизические преобразовательные устройства среднего напряжения; отсутствуют plug&play интерфейсы для широкого класса энергетического оборудова-

ния и энергопринимающих устройств; отсутствуют динамически самоорганизующиеся мультиагентные системы управления.

Целью исследования является анализ концепции энергетического интернета и определение подходов реализации интеллектуальной энергосистемы.

Библиографический список

1. Холкин Д. Цифровая энергетика: что это такое. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://digitalsubstation.com>.

Н.А. Кузнецов, студ.;
рук. А.И. Терехов, к.т.н., проф.
(ИГЭУ, г. Иваново)

РАЗРАБОТКА МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЛИФТОМ

В данной работе рассматривается возможный вариант микропроцессорной системы управления пассажирским, либо грузовым лифтом. Выбранная тема является актуальной, так как стала заметна тенденция к увеличению количества этажей в новостроящихся жилых зданиях, а также в деловых центрах и зданиях постройках иного назначения.

Проект состоит из нескольких глав, в которых решается ряд вопросов:

- рассмотрение классификации лифтов;
- изучение технических характеристик различных лифтов;
- анализ конструкции существующих видов лифтов;
- создание цифровой модели цепей управления лифтом;
- синтез регуляторов для достижения лучших характеристик движения лифта;
- разработка микропроцессорной системы управления лифтом или группой лифтов;
- создание алгоритма управления лифтом и его реализация на языке высокого уровня.

Библиографический список

1. Ю. М. Гершаник, В. А. Симонов, Электропривод современных лифтов. Обзорная информация. – ЦНИИТЭСТРОЙМАШ, 1978. – 49 с.

2. Волков Д. П. Лифты. - Издательство Ассоциации строительных вузов, 1999. – 243 с.

3. Ермишкин В. Г. Техническое обслуживание лифтов. — М.: Недра, 1977, 326 с.

4. Правила устройства и безопасной эксплуатации лифтов. — М.: Недра, 1972, 96 с.

*А.В. Шагин, магистрант
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ЛИТИЙ-ИОННЫЕ АККУМУЛЯТОРЫ

Первые эксперименты по созданию литиевых гальванических элементов были зафиксированы еще в 1012 году. Реально действующую модель смогли создать в 1940 году, первые серийные экземпляры, появились 70-х годах, а триумфальное шествие этого типа аккумуляторов началось с начала 90-х годов, когда японская компания Sony смогла освоить их коммерческое производство.

С появлением литий-ионных аккумуляторов, которые нашли свое применение во многих областях, ученые из Университета Райс поставили перед собой задачу найти способы продления срока службы аккумулятора при экстремальных температурах.

Во-первых, возьмем литий-ионные аккумуляторы в предельных условиях [1]. Несмотря на все преимущества, предлагаемые литий-ионными батареями, они страдают от старения и подвержены тепловому разрушению.

Чтобы сделать батареи, которые работают от низких до высоких температур, ученые должны смотреть на материалы с точки зрения того, какая температура конкретно влияет на материалы».

Во-вторых, литий-ионный аккумулятор увеличивает срок службы батарей для энергетических решений [2].

Для поддержания работоспособности центров обработки данных даже во время отключения электроснабжения, персонал предприятия использует генераторы, источники бесперебойного питания (ИБП) и другие технологии для обеспечения постоянной доступности.

Несмотря на то, что для информационных технологий и руководителей центров обработки данных существует множество аккумуляторных технологий, свинцово-кислотные батареи с клапанным регулированием уже давно стали популярным вариантом.

Тем не менее, за эти годы был достигнут значительный прогресс в повышении безопасности литий-ионных батарей, и они стали более похожими на батареи других распространенных типов, используемых для этого применения.

В заключение специалисты в этой области считают, что основным направлением развития для них являются «умные батареи». Кроме того, усовершенствование ионно-литиевых батарей будет проводиться в направлении уменьшения размеров, увеличения энергопотребления и т. д. Их целью является создание батарей, которые могут заменить литий-ионные батареи в устройствах, потребляющих большой ток.

Библиографический список

1. **Taking** Lithium-Ion Batteries to the Extreme/ [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.electronicdesign.com/power/taking-lithium-ion-batteries-extreme/> (дата обращения: 8.02.2019)

2. **Li-ion** Boosts Battery Life for Power Solutions/ [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.electronicdesign.com/power/li-ion-boosts-battery-life-power-solutions/> (дата обращения: 9.02.2019)

Е.П. Смирнова

Магистрант 1-34, (ИГЭУ, Иваново)

СВОЙСТВА НАНОМАТЕРИАЛОВ

Невозможно представить нашу жизнь без электроники. Как известно, структура транзистора определяет их свойства. Наиболее сильные изменения свойств наноматериалов и наночастиц происходят в диапазоне размеров кристаллитов порядка 10...100 нм. Так называемая тирания Больцмана определяет фундаментальный термоэлектронный предел подпорогового наклона полевого транзистора на основе оксида металла и полупроводника (МОП-транзистор) при 60 мВ при комнатной температуре и, следовательно, исключает снижение напряжения питания и общего энергопотребления. Однако благодаря исследованию и изучению свойств атомов мы можем получить новые наноструктуры.

Во-первых, одномолекулярный транзистор с отдельными атомами [1]. Международная группа ученых создала полевой транзистор (FET) с каналом, состоящим из одной молекулы. Транзистор включается и выключается путем расположения отдельных атомов вокруг канала.

Во-вторых, транзисторы MoS_2 с отрицательной емкостью без крутого наклона и без гистерезиса [2]. В этой статье автор рассказывает о так называемой больцмановской тирании. Затем автор говорит, что добавление сегнетоэлектрического отрицательного конденсатора в стек затворов MOSFET может предложить многообещающее решение для обхода этого фундаментального барьера.

И, наконец, первый функциональный кольцевой генератор на основе кремниевых транзисторов с наноструктурой Gate-All-Around [3].

Автор говорит, что универсальные (GAA) полевые транзисторы (GAA) на основе вертикально уложенных горизонтальных нанопроволок или нанопластин являются многообещающими кандидатами на успех FinFET в узлах с технологией менее 5 нм.

В заключение можно сказать, что изучение и открытие новых свойств наночастиц приведет к появлению новых наноструктур. В дополнение к сверхэффективным транзисторам отрицательная емкость сегнетоэлектриков может быть использована при разработке запоминающих

устройств большой плотности, суперконденсаторов, pin-down генераторов и резонаторов, а также для захвата энергии из окружающей среды.

Библиографический список

1. **Arstechnica**. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.bbc.com/news/science-environment> (дата обращения 08.02.2019)
2. **Nature** nanotechnology. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.nature.com/articles/s41565-017-0010-1#Abs1> (дата обращения 08.02.2019)
3. **IMEC**. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.imec-int.com/en/articles/imec-demonstrates-for-the-first-time-functional-ring-oscillators-based-on-stacked-gate-all-around-silicon-nanowire-transistors> (дата обращения 09.02.2019)

П. А. Сорокин, студ.;
рук. А.И. Терехов, уч. степень (к.т.н.), уч. звание (проф.)
(ИГЭУ, г. Иваново)

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА УПРАВЛЕНИЯ И КОНСТРУКЦИИ РОБОТА-МАНИПУЛЯТОРА

В представленной работе рассматривается один из возможных подходов к созданию промышленного робота-манипулятора. Выбранная тема стала особо актуальна в последние годы, так как во всем мире идет непрерывный процесс автоматизации и роботизации.

Проект состоит из нескольких глав, в которых решается ряд вопросов:

- разработка кинематической схемы трехстепенного манипулятора;
- построение трёхмерной модели его конструкции;
- моделирование компьютерной динамической модели;
- анализ движения модели робота при различных условиях;
- определение характеристик робота на основе моделирования;
- сборка макета робота;
- разработка системы управления манипулятором на основе Arduino.

Библиографический список

1. **Зенкевич С. Л., Ющенко А. С.** Основы управления манипуляционными роботами. 2-е изд. — М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004. — 480 с.
2. **Шеленок Е. А.** Разработка учебного робота-манипулятора. Том 5, Ученые заметки. – Хабаровск: Изд-во ТОГУ, 2014. – с. 247-253
3. **Козырев Ю.Г.** Промышленные роботы. М.: Машиностроение, 2011, 63 с.
4. **Челпанов И.Б.** Устройство промышленных роботов: Учебное пособие. – Л.: Машиностроение, 1990. – 224 с.

СЕКЦИЯ 23
ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Председатель –
д.т.н., профессор **Полетаев В. А.**

Секретарь –
Старший преподаватель Власов А.М.

*А. А. Голяс, аспирант, Е. В. Соловьева, магистрант,
рук. В.А. Полетаев, д.т.н., проф.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

СМАЗОЧНО-ОХЛАЖДАЮЩЕЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ СРЕДСТВО ДЛЯ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ АЛМАЗНЫМ ВЫГЛАЖИВАНИЕМ

Как известно, для этих целей в настоящее время применяют смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ): водные эмульсии или растворы неорганических электролитов и поверхностно-активных веществ. Примерами таких продуктов могут служить эмульсолы Э, ЭГТ, НГЛ-205, Укринол-1, ЭМУС и др., состоящие из нафтеновых, смоляных, жирных сульфокислот в виде солей с едким натрием (калием), минерального масла и стабилизатора - спирта и воды.

Указанные смазочно-охлаждающие жидкости, хотя и обладают необходимыми смазочными и охлаждающими свойствами, имеют существенный недостаток - грубую дисперсность частиц и, как следствие, недостаточную устойчивость, особенно в жесткой воде, что негативно сказывается на производительности и качестве обработки металлов (эмульсиям и растворам на основе щелочных (K, Na-) солей кислот присуще также нежелательное здесь повышенное пенообразование). Недостатком такого состава СОЖ является необходимость осуществления подачи СОЖ поливом в зону контакта инструмента и детали при обработке детали пластическим деформированием, что значительно повышает расход СОТС при постоянной ее подаче в зону обработки.

Разработан новый состав смазочно-охлаждающего технологического средства (СОТС), который позволил повысить его эффективность (уменьшение расхода СОТС при постоянной ее подаче в зону обработки, повышение стойкости инструментов, уменьшение величины шероховатости R_a). СОТС изготовлена в виде пасты, которая может наноситься на поверхность инструмента или обрабатываемой детали до ее обработки различными способами. СОТС применяется однократно, но применение ее экономически оправдано ввиду малого расхода на многих технологических операциях. СОТС применяется также на оборудовании, где отсутствует система охлаждения, когда применение жидких СОТС по санитарно-гигиеническим условиям невозможно.

*А.Д. Кашталап, студ.; рук. В.Н. Копосов, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО КОЛИЧЕСТВА ОБОРУДОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕОРИИ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

При определении необходимого количества оборудования (металлорежущих станков, стендов для сборки и др.) для машиностроительных предприятий традиционно используют детерминированные модели. Эти модели не учитывают случайный характер производства (нестабильное поступление заготовок на обработку, деталей на сборку, возможное отсутствие электроэнергии, рабочих и т.д.). Следовательно, результаты расчетов получаются некорректными, что приводит к недостатку или избытку приобретаемого оборудования. А это, в свою очередь, всегда связано с финансовыми потерями.

Этих недостатков лишены вероятностные модели, рассматриваемые в теории массового обслуживания. Они, конечно, тоже вносят определенные погрешности в расчеты. Но учет случайных факторов, характерных для производственного процесса, перекрывает возникновение погрешностей.

Технологические системы в машиностроении (механические, сборочные цеха, участки с универсальным оборудованием, станками с числовым программным управлением) относятся к системам массового обслуживания. Следовательно, для расчета их показателей (абсолютной пропускной способности, относительной пропускной способности, вероятности отказа и др.) применимы математические модели теории массового обслуживания.

Предлагаемая методика определения оптимального количества оборудования основывается на том, что с его увеличением абсолютная пропускная способность технологической системы (количество обработанных деталей, собираемых машин) увеличивается нелинейно. Она постепенно уменьшается из расчета на единицу оборудования. В то время, как затраты на содержание оборудования (заработную плату рабочих, на ремонт, электроэнергию и т.д.) увеличиваются линейно с увеличением количества оборудования. В связи с этим с увеличением количества оборудования общий доход системы сначала растет, а затем при очередном его увеличении начинает уменьшаться. То количество оборудования технологической системы, после увеличения которого на единицу начинает уменьшаться общий доход от ее работы, является оптимальным.

*В.Н. Трубехин, курсант; рук. А.А. Покровский, к.т.н.
(ИПСА, г. Иваново)*

РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ГРУЗОВОЙ ЛЕБЕДКИ

Целью данной работы является расчет основных параметров грузовой лебедки предназначенной для ремонта и технического обслуживания пожарных автомобилей. Конструкция лебедки включает в себя основание (раму), барабан, электродвигатель и закрытую зубчатую передачу.

Барабан лебедки выполнен сварным из стали и имеет гладкую рабочую поверхность, рассчитанную на многослойную навивку троса. Рассчитано напряжение сжатия в стенке барабана. Коэффициент запаса прочности для материала стенки барабана принят не менее двух. Конструкция предусматривает жесткое неразъемное соединение барабана с приводом.

Передача крутящего момента от электродвигателя к барабану лебедки осуществляется через закрытую двухступенчатую зубчатую передачу с цилиндрическими косозубыми зубчатыми колесами. Редуктор с электродвигателем соединен при помощи зубчатой муфты.

В ходе расчетов получены основные технические характеристики грузовой лебедки: тяговое усилие 5 кН; диаметр троса 7,7 мм; длина навивки троса 23 м; число слоев навивки троса 2; скорость навивки троса 0,56 м/с; диаметр барабана; 150 мм; длина барабана 200 мм.

На основе проведенных расчетов грузовой лебедки возможно проведение мероприятий по ее конструированию и дальнейшему использованию в пожарно-спасательных частях для подъема и перемещения узлов и агрегатов пожарных автомобилей.

Библиографический список

1. **Покровский А.А.** Мероприятия по улучшению эксплуатационных свойств деталей машин. // Сборник материалов VII Всероссийской научно-практической конференции «Надежность и долговечность машин и механизмов». – 2016. – С. 143 – 145.
2. **Соколова А.Д.** Подъемно-транспортное и такелажное оборудование для монтажа строительных конструкций. Учеб. для техникумов / А.Д. Соколова, В.С. Визильтер. – М.-Стройиздат, 1987. – 332 с.

*Ю.С. Мухин, магистрант, рук. В.А. Полетаев, д.т.н., проф.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

РАСЧЕТ НАПРЯЖЕННО ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ МЕТАЛЛА ДЕТАЛИ ПРИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ

Напряженно деформированное состояние (НДС) конструкции — совокупность внутренних напряжений и деформаций, возникающих при действии на неё внешних нагрузок, температурных полей и других факторов.

Напряженно деформированное состояние определяется двумя методами: расчётным и экспериментальным в виде распределения напряжений, деформаций и перемещений в конструкции. НДС является главным критерием для оценки статической прочности и ресурса конструкций на всех этапах жизненного цикла изделия.

При расчёте напряженно деформированного состояния особым образом идеализируется расчётная схема. С внедрением современных универсальных численных методов расчёта сложная конструкция может рассматриваться как совокупность простых механических элементов (балок, пластин, стержней).

Фрезерование характеризуется наиболее сложной кинематикой и динамикой резания, связанной с переменностью срезаемого слоя, ударностью процесса врезания и их периодической повторяемостью. Для исследования аспектов фрезерования применяется анализ напряженно-деформированного состояния заготовки в момент механической обработки.

Напряженно-деформированное состояние при резании определяется геометрией режущего инструмента и физико-механическими свойствами обрабатываемого материала, и чаще всего описывается моделью асимметричного остро заточенного клина, внедряемого в упругопластическое твердое тело и совершающего скольжение в направлении плоскости резания, при этом толщина срезаемого слоя является постоянной.

При фрезерной обработке для расчета НДС необходимо знать нагрузки, с которыми инструмент воздействует на заготовку. К таким нагрузкам относится окружная сила резания и крутящий момент при фрезеровании.

В данной работе расчет НДС произведен для определения процессов, проходящих во время обработки заготовки, в тех зонах, где наблюдаются резцы и дробление материала.

*А.О. Любимов, курсант; рук. Н.А. Кропотова, к.х.н
(ИПСА, г. Иваново)*

ТЕХНИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ УДАЛЕНИЯ ВЫХЛОПНЫХ ГАЗОВ ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНОЙ ЧАСТИ

В каждой пожарно-спасательной части есть гаражное помещение с пожарными автомобилями, и каждая из них при своей работе вырабатывает выхлопные газы – продукты сгорания топлива. Авторами предлагается рассмотреть для пожарно-спасательной части 11 Кинешемского муниципального района устройства для удаления продуктов сгорания топлива из гаражного помещения части.

Рассмотрим контрольный осмотр техники в пожарно-спасательной части. В ходе этого осмотра работают все пожарные автомобили, находящиеся в части (количество автомобилей в частях варьируется от 3-9, в зависимости от материального обеспечения и место положения части) концентрация продуктов сгорания и вредных веществ превышает допустимую, а в зимние время года при закрытых помещениях эта концентрация увеличивается в разы. Предлагается простейшая система для удаления продуктов сгорания любого вида топлива рис. 1.

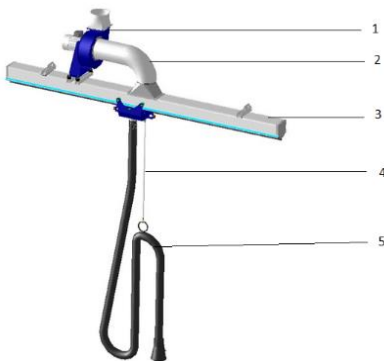


Рис. 1. Схема системы удаления выхлопных газов из помещения: 1 – центробежный насос, 2 – колено, 3 – балка, содержащая на внутренней части ползун, для перемещения соединительного шланга – 5, 4 – регулировщик высоты.

Устройство для искусственного удаления продуктов сгорания топлива в закрытых помещениях имеет большое распространение. Считаем, что аналогичные устройства необходимы в каждой части, каждом гаражном помещении, на каждом ремонтном poste. Хотелось надеяться, что данная система найдет достаточно широкое применение, что обеспечит надежную безопасность сотрудников, стоящих на службе круглые сутки.

**С.В. Базаркин, магистрант; рук. И.И. Ведерникова к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)**

ПРОИЗВОДСТВО СЕРДЕЧНИКОВ МЕТАЛЛОКОМПОЗИЦИОННЫХ НАКЛАДОК

При выполнении исследований по оценке возможности использования стали 30ХГСА для изготовления сердечников накладок в первую очередь, решались вопросы обеспечения физико-механических свойств изолирующих накладок.

Анализ приведенных материалов и отчетов о работе изолирующих стыков говорит о том, что современные условия эксплуатации требуют применения более качественных материаловедческих решений в изолирующих стыках.

Испытаниям подвергались образцы, специально изготовленные из профиля сердечника. Были изготовлены образцы для определения химического состава и микроструктуры стали, замеров твердости, предела текучести и ударной вязкости. Испытательная машина «INSTRON 5982» управляется с помощью компьютера и специального программного обеспечения Bluehill 3, которое включает в себя множество стандартных вычислений, например: условного предела текучести, временного сопротивления при разрыве, модуля Юнга, предельного равномерного удлинения, относительного удлинения после разрыва и др. В процессе испытания отображаются в реальном режиме времени две диаграммы деформирования «нагрузка - абсолютное удлинение», «условное напряжение - относительное удлинение» и после испытания выдается таблица с результатами механических свойств. При обосновании безопасной эксплуатации конструкций и машин определяющее значение имеет оценка сопротивления материала хрупкому разрушению. Результаты испытаний стыков с накладками Р65МК (сердечники из стали 30ХГСА) характеризуются надежным закреплением стыков рельсов, обеспечивающим стабильность, геометрических характеристик пути и отсутствием его расстройств. Прочностные характеристики стали 30ХГСА, из которой сделаны сердечники накладок, удовлетворяют требованиям на поставку заготовок сердечников.

Библиографический список

1. **Ушаков А.Е.**, Штейнберг Р.Л., Инякин В.М и др. Патент RU2061137 от 13.11.1995 Накладка рельсового стыкового изолирующего соединения.

*Д.В. Круглов, студ.; рук. Н.Л. Павлюкова, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Популярность аддитивных технологий неуклонно растет. Они дают возможность получения конструкций с крайне сложной геометрической формы, потребителями которых являются предприятия аэрокосмической промышленности, автомобилестроения, энергетики, медицины.

Применение аддитивных технологий в производстве обеспечивает ряд преимуществ: снижение на порядок времени производственного цикла для штучного и мелкосерийного производства; сокращение и упрощение технологических операций, благодаря отказу от металлообрабатывающего и литейного оборудования; возможность создания сложных пространственных неразборных деталей, решетчатых облегченных конструкций из металлов и полимерных материалов, производство которых с использованием обычных технологических методов невозможно.

Вместе с этим стоит отметить и возникающие проблемы, возникающие при внедрении аддитивных технологий: высокая стоимость эксплуатации оборудования и закупки исходных материалов; современные программы для САД-моделирования не обеспечивают полной реализации возможностей аддитивных технологий; отсутствие единых стандартов качества и надежности напечатанных изделий, требований к технологическим процессам и оборудованию, безопасности исходных материалов; отсутствие в российской промышленности достаточного практического опыта применения аддитивных технологий и программ обучения работе на инновационном оборудовании.

Аддитивные технологии можно отнести к новому виду производственных технологий, поэтому перечисленные выше недостатки не являются критическими и будут устраняться по мере развития рассматриваемой технологии и ее распространения.

Библиографический список

1. Смирнов В.В. Перспективы развития аддитивного производства в российской промышленности / В.В. Смирнов, В.В. Барзали, П.В. Ладнов // Опыт ФГБОУ УГАТУ. Новости материаловедения. Наука и техника. – 2015. – №2 (14). – С. 23-27.

2. Сироткин О.С. Современное состояние и перспективы развития аддитивных технологий // Авиационная промышленность. – 2015. – № 2. – С. 22-25.

*Е.М. Ногтев, магистрант; рук. В.А. Полетаев, д.т.н., проф.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

МОДЕРНИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ ПОВОРОТНОГО СТОЛА

В настоящее время широкое распространение получили поворотные столы металлорежущих станков, имеющие кинематическую схему привода с внутренним зацеплением. Такие поворотные столы имеют следующие преимущества и недостатки:

- имеется длинный и тонкий вал, частота вращения которого ограничена;
- нетехнологичен в изготовлении;
- дифференцированный механизм с червяком и червячным колесом, у которого низкий КПД. Вследствии чего необходимы большие мощности на двигателе. Частота вращения стола 1 — 1,5 об/мин;
- повышенная вибрация;
- низкая точность позиционирования из-за близкого расположения пятна контакта зацепления венца с редуктором, с осью поворота стола;
- большой люфт из-за большого количества звеньев в кинематической схеме (общий люфт от двигателя до стола — пол оборота двигателя).

Разработана схема привода поворотного стола с внешним зацеплением, имеющая следующие характеристики:

- нет длинных валов, расширяется диапазон частот вращения;
- технологичен в изготовлении;
- нет червячного механизма. Частота вращения стола 40 — 63 об/мин;
- отсутствует вибрация;
- высокая точность позиционирования;
- увеличение массы обрабатываемой детали за счет выноса пятна контакта наружу и уменьшения габаритов венца;
- минимальное число звеньев в кинематической схеме, безлюфтовая схема.

После модернизации привода поворотного стола металлорежущий станок получил новые улучшенные характеристики поворотного стола, такие как частота вращения, максимальная грузоподъемность, энергосбережение, экономичность в производстве.

*Д.С. Суслов, курсант; рук. Н.А. Кропотова, к.х.н
(ИПСА, г. Иваново)*

АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЛЯ ВЫБОРА ЭФФЕКТИВНОГО СПОСОБА СУШКИ ПОЖАРНЫХ РУКАВОВ БАШЕННОЙ СУШИЛКИ

Сушка пожарных рукавов один из самых важных процессов при эксплуатации рукавов. При правильной эксплуатации, известно, достигается долговечность и надежность пожарных рукавов. Основными методами сушки являются: естественная сушка – сушка при естественных условиях, искусственная сушка – создание искусственных условий для сушки пожарных рукавов (воздействие нагретого воздуха и его вентиляция).

Место для сушки в каждой пожарно-спасательной части определяется самостоятельно, т.к. сушка происходит разными способами. В некоторых пожарно-спасательных частях сушка пожарных рукавов происходит в специально отведенном для этого помещении, где рукава просто укладываются на стеллаж. В других частях используются специальное оборудование и установки, например, шкафы для сушки. В большинстве же пожарно-спасательных частях сушка рукавов происходит на башенных сушилках пожарных рукавов. Это связано с тем, что увеличивается частота использования рукавов по назначению, что приводит к увеличению нагрузки на сушку, поскольку она является необходимым условием надежности и долговечности. При частой эксплуатации пожарных рукавов в больших количествах – сушка в башенной сушилке является наиболее приемлемым способом естественной сушки. Это самый подходящий вариант для сушки, так как рукава расправляются на всю длину, что способствует быстрому высыханию и долговечности самих рукавов. Выделим ряд преимуществ башенных сушилок: сушка большого количества пожарных рукавов одновременно; простота в использовании; защита рукавов от внешнего воздействия окружающей среды (дождь, град, снег); быстрота в подготовке (сушке) рукавов к боевым действиям по тушению пожара.

Поэтому наличие башенной сушилки в пожарно-спасательной части необходимо. Основным недостатком естественного способа сушки пожарных рукавов является отсутствие механизированного подъемного механизма, что усложняет процесс подъема и дополнительно вовлекает рабочую мускульную силу пожарного. Работа посвящена созданию 3-D модели подъемного устройства башенной сушилки.

*К.И. Евграфова, магистрант; рук. И.И. Ведерникова к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ОПТИМАЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ

Идея оптимизации, стремление к оптимальным, а не к любым допустимым вариантам проектируемых систем, глубоко пронизывает современное проектирование. Процесс проектирования выполняется итеративно с оценкой и перепроектированием до тех пор, пока проект не будет удовлетворять ограничениям и целям (требованиям ТЗ) и не станет в некотором смысле оптимальным.

Первый уровень состоит в выборе наилучшей технической идеи, принципа действия оптимального проектирования (ОП). Это наименее формализованный этап и задача, как правило, решается с использованием экспертных оценок. В качестве программной поддержки могут применяться соответствующие экспертные системы, включающие базы готовых проектных решений. Отметим, что наряду с техническими факторами необходимо учитывать экономические показатели (прогноз стоимости, сроки изготовления). Далее формируется первоначальный вариант технического задания (ТЗ), в котором оговариваются требования к выходным показателям ОП (область работоспособности). Заметим, что данная область в процессе проектирования может корректироваться до тех пор, пока не согласуется с возможностями синтеза. При разработке ТЗ также стремятся к оптимальности. В частности, надо найти наилучшие интервалы изменения показателей ОП, которым требуется удовлетворять.

Процесс внутреннего проектирования включает в себя:

–структурный синтез, который состоит в определении перечня типов компонентов ОП и способа их связи между собой; поиск наилучшей структуры, схемы, а затем и соответствующей им математической модели в рамках выбранного принципа действия;

–параметрический синтез, который заключается в определении числовых значений параметров (допусков на параметры) элементов в рамках заданной структуры, и условий работоспособности на выходные характеристики ОП.

Полученные проектные решения оцениваются с использованием проектных процедур анализа, на основе которых принимается решение о выходе из итерационного процесса или перепроектирования (возможно изменение принципов действия и самого ТЗ).

*Н.А. Сафронов, курсант; рук. В.Е. Иванов, к.т.н.
(ИПСА, г. Иваново)*

РАЗРАБОТКА СИЛОВОЙ ЧАСТИ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ДЛЯ РОБОТОТЕХНИЧЕСКОГО ШАССИ ЛЕГКОГО КЛАССА

В настоящее время малогабаритные робототехнические устройства применяют во многих сферах деятельности человека. Робототехника хорошо зарекомендовала себя при использовании в военных целях или при проведении пожарно-спасательных и аварийно-восстановительных работ в зонах повышенного риска, обусловленных наличием радиации, химической и биологической зараженности местности, взрывоопасностью, где непосредственное нахождение людей опасно для жизни. Разработка современных образцов малогабаритных мобильных робототехнических устройств является актуальной задачей.

При разработке гусеничного шасси робототехнического устройства необходимо учитывать множество факторов, одним из важных является обеспечение плавного хода и регулировка скорости движения при использовании мотор-редукторов. Данные требования может обеспечивать драйвер двигателя, который управляется от главного контроллера. На рынке множество драйверов двигателей, но не все поддерживают электродвигатели с потреблением тока больше 30 А. Таким образом необходимо разработать драйвер двигателя с поддержкой электродвигателей с высоким потреблением тока. Также необходимо учесть, что регулирование скорости движения и плавного пуска обеспечивается при использовании ШИМ-сигнала управления, а реверсивный ход движения возможно организовать с помощью реле. В работе разработана электрическая принципиальная схема драйвера двигателя, распаяна плата и проведены испытания базового шасси, управляемого главным контроллером ArduinoUno на базе процессора ATmega 328. Драйвер двигателя выполнен на основе силовых полевых транзисторов и обеспечивает необходимые ходовые характеристики при использовании в базовом гусеничном шасси мотор-редукторов с высоким потреблением тока.

Библиографический список

1. **Иванов В.Е.**, Кропотова Н.А., Серебряков А.А., Архангельский К.Н. Мобильный разведывательно-поисковый робот // Надежность и долговечность машин и механизмов: сборник IX Всероссийской научно-практической конференции, Иваново 12 апреля 2018 г. Россия, 2018. С 8-10.

*Ю.А. Киреева, студ.; рук. В.Н. Копосов, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ИЗДЕЛИЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ НА ОСНОВЕ ЗАКОНОВ РАЗВИТИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Маркетинговая деятельность на машиностроительном предприятии должна заключаться не только в продвижении изготовленных изделий к потребителю. Она включает в себя также обоснование параметров создаваемых новых изделий. Без должного обоснования параметров будут созданы неконкурентоспособные изделия. При этом следует учитывать не только требования рынка, но и объективные законы развития технических систем (ТС), к которым относятся машиностроительные изделия.

Любая ТС в своем развитии проходит три этапа – «статистику», «кинематику» и «динамику». На каждом этапе действуют свои объективные законы развития ТС. Например, на этапе «динамики» действует закон увеличения степени дробления системы.

Суть этого закона заключается в том, что ТС в целом (или ее рабочий орган) в своем развитии проходит путь от монолитного до немонолитного и вплоть до гибкого, жидкого, газообразного состояния и поля. При переходе от монолитного состояния к гибкому состоянию техническая система проходит этапы дробления: сначала на небольшое количество частей с образованием неразъемных, затем разъемных соединений, далее количество частей в системе увеличивается, а связи меняются с жестких на гибкие.

В частности по этому закону развивались металлорежущие станки (от простейших до современных сложных и станков «гексаподов» и «триподов»), металлорежущие инструменты (от монолитных до инструментов с напайными и сменными режущими пластинками) и т.д.

Понимая, что любые ТС (изделия) в своем развитии подчиняются определенным законам, при создании очередного инновационного изделия следует учитывать, на каком этапе развития находится базовое изделие. И в конструкцию нового изделия необходимо закладывать не произвольные его свойства, а те из них, которые характерны для последующего этапа развития. Т.е. нужно, не разрабатывая неперспективное изделие, создавать его сразу таким, каким оно должно быть согласно законам развития ТС. За счет этого будут уменьшаться время и объем денежных средств на величины, которые были бы затрачены при неправильной маркетинговой стратегии создания инновационных изделий.

*К.А. Архангельский, курсант; В.В. Киселев, к.т.н., доц.
(ИПСА, Иваново)*

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР НА ПРОЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА СТАЛЕЙ

Стали являются основным конструкционным материалом для изготовления механизмов, машин и конструкций, работающих при низких температурах. Стали для этих условий должны обеспечивать необходимую прочность в сочетании с высокой вязкостью и пластичностью, обладать малой чувствительностью к концентраторам напряжений и низкой склонностью к хрупкому разрушению.

Известны два типа хрупкого разрушения: транскристаллитное и интеркристаллитное. Чистые металлы обычно разрушаются по телу зерна. Интеркристаллитному разрушению, когда трещина распространяется по границам зёрен (всегда хрупкое разрушение) благоприятствует наличие включений по границам зерен. Сплавы с объёмно-центрированной кристаллической решеткой разрушаются по телу зерна и между зёрнами; сплавы с гексагональной решеткой – преимущественно только по телу зерна; сплавы с гранцентрированной кубической – только по границам зерен.

Прочность металлов и их сопротивляемость хрупкому разрушению в значительной степени обуславливаются состоянием границ зерен. Еще больше влияют на величину хрупкой прочности неметаллические включения, располагающиеся как по границам зерен, так и внутри них.

Большое влияние на хладноломкость оказывают микродефекты в структуре металлов, являющиеся своеобразными концентраторами напряжений. Особенно опасны дефекты типа усадочных раковин, микропористости и газовых пузырей, нарушающих однородность и сплошность структуры.

Все указанные факторы влияют самостоятельно и независимо друг от друга и учесть долю влияния каждого весьма сложно. Для решения этих задач прибегают к опытным испытаниям изделий.

Библиографический список

1. **Пучков П.В.**, Топоров А.В., Киселев В.В. Разработка конструкции трибологически безопасного резьбового соединения. // Вестник Ивановского государственного энергетического университета. 2012. № 1. С. 28-31.

2. **Зарубин В.П.**, Киселев В.В., Пучков П.В., Топоров А.В. Улучшение эксплуатационных характеристик автотранспортной техники за счет применения высокоэффективных присадок. // Известия Московского государственного технического университета МАМИ. 2014. Т. 3. № 1 (19). С. 56-62.

*М.А. Палейкин, студ.; рук. В.А. Полетаев, д.т.н., проф.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММЫ Autodesk 3DSMAX

В условиях рыночной экономики и активной конкуренции особую остроту для машиностроительных заводов приобретает проблема регулярного обновления продукции, выпуска новых модификаций уже разработанных изделий с тем, чтобы удовлетворить запросы максимального числа потребителей. Прежде чем выпустить новую конкурентоспособную продукцию, необходимо провести большую работу по сбору, накоплению и оперативной обработке информации. Переработка больших объемов информации в настоящее время невозможна без использования ЭВМ.

Создание новой техники в машиностроении происходит в такой последовательности: на основе анализа выпускаемой продукции проектируется новая, обладающая более высокими эстетическими, эксплуатационными или другими свойствами, затем производятся инженерные расчеты и моделирование, технологическая подготовка производства, изготовление и сбыт изделия. При этом мы получаем замкнутый цикл, так как проектирование нового изделия выполняется на базе анализа рынка и данных об эффективности, надежности и сбыте выпускаемых моделей.

Область применения программ 3Dмоделирования охватывает сегодня самые различные виды деятельности человека — от расстановки мебели в квартире до проектирования и изготовления интегральных микросхем и современной космической техники. Каждая категория задач технического черчения предъявляет к этим продуктам свои требования, однако наибольшее распространение они получили в машиностроении и архитектуре.

Для выпуска конкурентоспособной продукции, отвечающей мировым стандартам, необходимо обеспечить использование единой интегрированной базы данных. Интеграция конструкторских и технологических работ, программного обеспечения для документооборота позволяет пользователям управлять всеми типами информации о продукте и проекте — от изменения заказов до контроля качества и ведения дел по обслуживанию клиентов.

При помощи Autodesk 3DSMax были спроектированы модели различных деталей, узлов и типов станков. В настоящее время разрабатываются планировки и компоновки механосборочных цехов.

*А.А. Жуков, магистрант; рук. И.И. Ведерникова к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

УПРОЧНЕНИЕ РАБОЧИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ШПИНДЕЛЯ

В процессе ремонта арматуры важное значение имеет упрочнение рабочих поверхностей шпинделя. Из исследованных поверхностей, прошедших обработку данных, наилучшей геометрической формой микронеровностей обладают поверхности, полученные алмазным выглаживанием, которое можно рекомендовать в качестве рационального технологического средства повышения долговечности работы шпинделя. Алмазное выглаживание является пластическим деформированием поверхностных слоев детали инструментом, рабочая часть которого изготовлена из искусственного алмаза и имеет вид сферы. Выглаживание проводят на токарном станке, в резцедержателе которого закреплен рабочий инструмент. В процессе выглаживания инструмент прижимается к поверхности вращающейся детали с усилием 100-200 Н, что ведет к уменьшению шероховатости и повышению износостойкости.

На качество выглаженной поверхности и стойкость инструмента большое влияние оказывает применение смазочно-охлаждающей жидкости. Применение индустриального масла снижает износ алмазного выглаживателя в пять раз по сравнению с выглаживанием без смазки. Оптимальная подача, обеспечивающая необходимое качество поверхности и малую шероховатость, находится в пределах 0,02-0,06 мм/об при выглаживании закаленных сталей, 0,02-0,08 мм/об – для незакаленных сталей и 0,02-0,15 мм/об – для бронзы. Применение подач меньше 0,02 мм/об нецелесообразно из-за низкой производительности. Для более равномерного упрочнения поверхностного слоя, уменьшения нагрузки на оборудование и инструмент применяют одношариковый обкатник упругого действия с опорой из фторопласта.

Обкатывание осуществляется за два прохода шариком на токарно-винторезном станке. Высота неровностей принимает наименьшее значение при подаче 0,1 мм/об. Следует отметить, что способ чистовой обработки деталей обкатыванием осуществим на оборудовании невысокой точности и жесткости без последующей доводки на дорогостоящих доводочных станках в целях получения высокой степени чистоты. Припуск под накатку до 0,05 мм. В качестве смазки при накатке применяется машинное масло «индустриальное-3».

*А.С. Бурнашов, магистрант, А.А. Покровский, к.т.н., доц.
(ИПСА, Иваново)*

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ПОЖАРНОЙ ТЕХНИКИ

Ремонт и техническое обслуживание пожарной техники стоящей на вооружении в пожарно-спасательных частях субъектов Российской Федерации осуществляется в соответствии с приказом МЧС России от 18.09.2012 г. № 555 «Об организации материально-технического обеспечения системы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий».

Одна из главных проблем на сегодняшний день заключается в недостаточном кадровом и технологическом потенциале, не соответствующем требованиям времени. Из-за недостаточных возможностей ремонтных предприятий, МЧС России приходится сотрудничать с непрофильными организациями и ведомствами. В связи с чем, Главными управлениям по субъектам Российской Федерации или пожарно-спасательным отрядам, являющихся заказчиками, приходится проводить конкурсные процедуры путем проведения открытых электронных аукционов на право заключения государственных контрактов на ремонт и техническое обслуживание пожарной техники. При проведении данных процедур заказчики несут определенные риски, такие как недобросовестность исполнителя и непрофессионализм в сфере ремонта и технического обслуживания пожарной техники, в том числе специального оборудования.

Поэтому для решения вопросов, связанных с применением единых требований и подходов к организации технического обслуживания и ремонта техники не в отдельном гарнизоне, а повсеместно можно предложить введение и переход на систему контрактов полного жизненного цикла. В соответствии с такими документами завод-производитель будет не только строить, но и обслуживать пожарную технику, а по окончании эксплуатации еще и заниматься вопросами ее утилизации.

Библиографический список

1. **Приказ МЧС России** от 18.09.2012 года № 555 «Об организации материально-технического обеспечения системы МЧС России».
2. **Яковенко Ю.Ф.,** Зайцев А.И., Кузнецов Л.М. Эксплуатация пожарной техники: Справочник. – М.: Стройиздат, 1991. - 415 с.

*И.А. Моржухин, студ.; К.С. Агафонов, студ.;
рук. Н.Л. Павлюкова, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ОБРАБОТКА СВОБОДНЫМИ АБРАЗИВАМИ СЛОЖНОПРОФИЛЬНЫХ ДЕТАЛЕЙ И ИНСТРУМЕНТОВ

Наличие множества методов финишной обработки не всегда позволяет решить проблему обработки сложнопрофильных элементов изделий. Альтернативой являются методы обработки свободными абразивами. Эти методы позволяют сочетать высокую производительность обработки, хорошее качество поверхности с одновременным ее упрочнением. Из большого количества методов обработки свободными абразивами (центробежно-ротационная обработка, струйно-абразивная обработка, турбоабразивная обработка и др. [1]), выделим метод вибрационной обработки (ВиО) и магнитно-абразивной обработки (МАО).

ВиО является наиболее распространенным методом обработки свободными абразивами и позволяет не только очищать заготовки от коррозии, готовить поверхность для нанесения покрытий, но и осуществлять виброударное упрочнение тонкого поверхностного слоя деталей машин. Возможности МАО режущего инструмента позволяют контролировать управление микрогеометрией и состоянием его режущих кромок и уменьшать шероховатость рабочих поверхностей. Используя различные схемы МАО можно обрабатывать сверла, резцы, метчики, осуществляя одновременно и полирование, и увеличение поверхностной твердости изделия, что существенно повышает его стойкость и точность обработки такими инструментами [2].

Широкие технологические возможности методов обработки свободными абразивами, не имеющих явных недостатков, позволяют включить их в число наиболее перспективных способов обеспечения высокого качества рабочей поверхности, успешно заменяя шлифовку, полировку, химическую и электрохимическую обработку.

Библиографический список

- 1. Павлюкова Н.Л.** Повышение эффективности отделочной обработки художественных изделий из медных сплавов свободными абразивами / Н. Л. Павлюкова, В. А. Полетаев, М. Ю. Волкова; Федеральное агентство по образованию, ГОУВПО "Ивановский государственный энергетический университет им. В. И. Ленина". – Иваново: Б.и., 2010. – 100 с.
- 2. Влияние** струйно-абразивной и магнитно-абразивной обработок на состояние рабочих поверхностей и режущих кромок сверл из быстрорежущей стали / А.А. Беляев, Л.Г. Дюбнер, В.С. Майборода // Вестник двигателестроения. – 2007. – №2. – С. 90-94.

*А.А. Манин, курсант; рук. В.В. Киселев, к.т.н, доц.
(ИПСА, г. Иваново)*

СНИЖЕНИЕ ИЗНОСА ДЕТАЛЕЙ ПОЖАРНОЙ ТЕХНИКИ ЗА СЧЕТ УЛУЧШЕНИЯ ТРАНСМИСИОННЫХ МАСЕЛ

Пожарная техника выходит из строя в основном в результате износа подвижных деталей. Помимо затрат на их ремонт при износе, увеличивается расход топлива, смазочного материала и запасных частей. В автомобилях на преодоление трения расходуется более половины потребляемого ими топлива [1].

Одним из возможных путей снижения износа трущихся поверхностей является улучшения используемых в пожарной технике смазочных материалов, в частности эту проблему можно решить путем разработки металлосодержащих присадок для смазок.

Анализ литературы и статистика отказов пожарных автомобилей предопределило задачи исследований и цель данной работы, которая заключалась в разработке присадок к маслам на основе стеаратов мягких металлов (никеля, олова, меди и кобальта), для эксплуатации в трансмиссиях пожарной техники.

Проведенные эксперименты дали возможность предполагать, что на стальных поверхностях трения образуется пленка мягких металлов. Фотографии поверхностей трения под увеличением позволили зафиксировать на поверхности образцов пленки мягких металлов.

Полученные показатели позволяют предполагать, что использование металлоплакирующих присадок позволит добиться положительных результатов, а именно продлить ресурс работы узлов автотранспортной техники МЧС России до 2 раз, резко снизить аварийные разрушения узлов, сократить затраты на внеплановые ремонты пожарных автомобилей, экономить горюче-смазочные материалы.

Библиографический список

1. **Пучков П.В.**, Топоров А.В., Киселев В.В. Разработка конструкции трибологически безопасного резьбового соединения. // Вестник Ивановского государственного энергетического университета. 2012. № 1. С. 28-31.
2. **Зарубин В.П.**, Киселев В.В., Пучков П.В., Топоров А.В. Улучшение эксплуатационных характеристик автотранспортной техники за счет применения высокоэффективных присадок. // Известия Московского государственного технического университета МАМИ. 2014. Т. 3. № 1 (19). С. 56-62.
3. **Пучков П.В.**, Киселев В.В., Топоров А.В. Разрушение строительных металлоконструкций в условиях пожара. // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. 2010. № 3. С. 29-32.

*Д. В. Войцеховская, студ.; рук. Т. Ю. Степанова, к.т.н., доц.
(ИГХТУ, г. Иваново)*

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПЛАСТИЧНОЙ СМАЗКИ

Разнообразное применение пластичных смазок определяет необходимость оценки их эксплуатационных свойств, в частности, реологических. Реологические свойства характеризуются, прежде всего, вязкостью, которая зависит не только от температуры и давления, но и от скорости сдвига [1]. Метод ротационной вискозиметрии позволяет исследовать свойства пластичной смазки в широком диапазоне напряжений и скоростей сдвига. Измерения проводились на ротационном вискозиметре «Реотест RV-2». При проведении измерения образец помещают в измерительное устройство типа «цилиндр-цилиндр». В этом случае испытуемое вещество располагается в пространстве между двумя коаксиальными цилиндрами, внутренний из которых имеет принудительное вращение с частотой, пропорциональной градиенту скорости сдвига. Принцип измерения вязкости заключается в измерении величины напряжения сдвига при определенных значениях градиента скорости сдвига. Исследовали шесть опытных смазок. Анализ опытных данных показал, что при низких значениях градиента скорости сдвига, соответствующих максимальной динамической вязкости, разрушения структуры смазки не происходит вследствие процесса её тиксотропного восстановления. При дальнейшем росте величины напряжения наблюдается частичное разрушение контактов между элементами структуры и их перераспределение с достижением динамического равновесия и проявлением признаков деформации. С увеличением градиента скорости сдвига происходит разрушение структуры смазки, и она характеризуется минимальной динамической вязкостью.

Для образцов, исследуемых в работе, наиболее часто прослеживается уменьшение значений динамической вязкости с ростом градиента скорости сдвига, что позволяет отнести их по реологическому состоянию к псевдопластическим неньютоновским системам.

Библиографический список

1. **Справочник** по триботехнике: В 3 т. Т.2: Смазочные материалы, техника смазки, опоры скольжения и качения/Под ред. М. Хебды, А. В. Чичинадзе. М.: Машиностроение. 1990. 416 с.

*А.Д. Колесникова, студ.; рук. И.И. Ведерникова к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

УПРОЧНЕНИЕ ЗУБЬЕВ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

Основными материалами для изготовления зубчатых колес являются углеродистые и легированные стали, которые термически упрочняются до высокой твердости, марок 45, 20Х, 40Х, 40ХН, 35ХМ и пр. Известны несколько способов упрочнения рабочей поверхности зубьев деталей. Один из известных способов – это упрочнение пластическим деформированием.

К недостаткам этого способа следует отнести прежде всего тот факт, что при его применении невозможно обеспечить проведение упрочнения таких сложнопрофилированных изделий, к числу которых можно отнести колеса, входящие в состав зубчатых зацеплений. Последние нашли широкое распространение во всех отраслях промышленного производства, и задача повышения их эксплуатационного ресурса на данный период времени является достаточно актуальной.

Достижение указанной выше цели обеспечивается тем, что предлагаемый способ поверхностного упрочнения изготовленных из ферромагнитных материалов зубчатых колес включает в себя приложение к наружной поверхности вращающегося изделия деформирующего усилия. Указанное усилие создается с помощью рабочего инструмента, который перемещается вдоль всех участков поверхности их профиля. Одновременно с этим на указанные выше зоны такого контакта, возникающие в момент осуществления этого переноса по поверхности обрабатываемых деталей, воздействуют при помощи переменного магнитного поля. Напряженность последнего, замеренная в указанных выше областях, поддерживается в пределах $1 \cdot 10^3 - 1 \cdot 10^6$ А/м, а частота его колебаний составляет 20-70 Гц. При этом само обрабатываемое изделие выполняет в процессе обработки функцию замыкающего соединительного звена в такой создающей и постоянно генерирующей магнитный поток составной системе.

Библиографический список

1. **Способ** поверхностного упрочнения изготовленных из ферромагнитных материалов зубчатых колес и устройство для его осуществления. Пат. 2516859 РФ МПК: В24В39/04; В21Н5/00/Авторы патента: Семенов Юрий Александрович (RU), Таранов Алексей Степанович (RU).
2. **Способ** упрочнения зубьев зубчатых колес. Пат. 2647981 РФ МПК: F16Н55/06/Авторы патента: Мендрух Николай Викторович (RU).
Способ упрочнения рабочей поверхности зубьев. Пат. 2436850 РФ МПК: [C21D9/32](#); [C23C8/22](#); [C21D1/10](#)/Авторы патента: Захаров Николай Викторович (RU).

*Ю.В. Феофанова, студ.; рук. В.А. Полетаев, д.т.н., проф.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ПРОГРАММ В 3D-ПРОЕКТИРОВАНИИ

В наши дни наблюдается быстрое развитие систем автоматизированного проектирования (САПР) в таких отраслях, как авиастроение, автомобилестроение, тяжелое машиностроение, архитектура, строительство, нефтегазовая промышленность, картография, геоинформационные системы, а также в производстве товаров народного потребления, например бытовой электротехники. САПР в машиностроении используется для проведения конструкторских, технологических работ, в том числе работ по технологической подготовке производства. С помощью САПР выполняется разработка чертежей, производится трехмерное моделирование изделия и процесса сборки, проектируется вспомогательная оснастка, например штампы и пресс-формы, составляется технологическая документация и управляющие программы (УП) для станков с числовым программным управлением (ЧПУ), ведется архив. Современные САПР применяются для сквозного автоматизированного проектирования, технологической подготовки, анализа и изготовления изделий в машиностроении, для электронного управления технической документацией. В настоящее время на рынке присутствуют самые разные современные САД системы, которые отличаются между собой как по функциональности, так и по стоимости. Выбрать подходящую систему автоматизированного проектирования среди многих САД – непростая задача.

Трехмерный программный комплекс SolidWorks для автоматизации конструкторских работ промышленного предприятия (разработчик – компания Dassault Systemes).

Черты системы, выгодно отличающие ее от других САД-систем:

- продуманный интерфейс пользователя, ставший образцом для подражания;
- обилие надстроек для решения узкоспециализированных задач;
- ориентация как на конструкторскую, так и на технологическую подготовку производства;
- распознавание и параметризация импортированной геометрии;
- интеграция с системой SolidWorks PDM.

При помощи SolidWorks PDM были спроектированы модели различных деталей, узлов и типов станков. В настоящее время разрабатываются планировки и компоновки механосборочных цехов.

*И.Ю. Михалев, студ., В.В. Киселев, к.т.н., доц.
(ИПСА, Иваново)*

РАЗРАБОТКА ОГНЕСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОТ ПОЖАРОВ

При пожарах в закрытых помещениях могут возникать температуры порядка 800 °С. Из литературных источников известно, что температуры порядка 600 °С приводят к снижению прочности металлических конструкций приблизительно в 3 раза. Что же происходит с металлоконструкциями при более высоких температурах, информации в литературе нет. Одной из задач данного исследования явилось выявить влияние на прочность конструкционных материалов повышенных температур до 800 °С.

Испытанию подверглись конструкционный материал, который имеет наибольшее распространение в строительстве – конструкционная сталь. Было отобрано несколько образцов конструкционных материалов.

Огнестойкие покрытия для металлов, как правило, имеют высокую стоимость. В данной работе приведена технология приготовления разработанного огнестойкого покрытия, которое прошло ряд испытаний и показало высокие огнезащитные свойства.

Результаты лабораторных испытаний разработанного огнестойкого покрытия показали эффективность его применения в лабораторных условиях, а именно:

- 1) улучшены прочностные и огнестойкие свойства металла, подвергшегося воздействию высоких температур;
- 2) огнестойкое покрытие просто в технологии приготовления и нанесения;
- 3) покрытие не занимает дополнительного объема;
- 4) разработанное покрытие не утяжеляет металлоконструкции.

Библиографический список

1. **Пучков П.В.**, Топоров А.В., Киселев В.В. Разработка конструкции трибологически безопасного резьбового соединения. // Вестник Ивановского государственного энергетического университета. 2012. № 1. С. 28-31.

2. **Зарубин В.П.**, Киселев В.В., Пучков П.В., Топоров А.В. Улучшение эксплуатационных характеристик автотранспортной техники за счет применения высокоэффективных присадок. // Известия Московского государственного технического университета МАМИ. 2014. Т. 3. № 1 (19). С. 56-62.

*С.А. Курицын, студ.; рук. В.Н. Копосов, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СТОИМОСТИ (ЦЕНЫ) ИЗДЕЛИЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ НА РАННИХ СТАДИЯХ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

На ранней стадии проектирования изделия, когда закладываются его основные технико-экономические показатели и оформляются в виде технического задания на проектирование, практически делается первый шаг по обеспечению его конкурентоспособности. Одним из таких показателей является стоимость (цена) изделия, которую точно можно рассчитать только после разработки конструкции изделия и технологии его изготовления. Но на ранней стадии проектирования, когда конструкция и технология изготовления изделия еще не разработаны, знание хотя бы с определенной точностью стоимости (цены) изделия крайне важно. Это в конечном итоге может повлиять на принятие решения о целесообразности разработки изделия. Знание прогнозной стоимости (цены) изделия важно и в том случае, когда исполнителю нужно договориться о сумме договора с заказчиком, который сам определил в техническом задании технико-экономические показатели будущего изделия.

Конечно, даже на ранней стадии проектирования изделия стоимость изделия желательно знать с максимальной точностью. Но здесь возникает противоречие: информации об изделии крайне мало, а стоимость (цену) его необходимо рассчитать как можно точнее.

Известно много методов прогнозирования стоимости (цены) изделия. Это методы экспертных оценок, параметрические методы, в частности, метод корреляционно-регрессионного анализа, агрегатный, балловый методы и др.

Несмотря на многообразие методов прогнозирования стоимости (цены) изделий их применение вызывает определенные затруднения. Они дают слишком большую погрешность прогнозирования (даже метод корреляционно-регрессионного анализа). По мнению автора наиболее удачным методом прогнозирования стоимости (цены) изделий будет метод, построенный на базе нейросетевых технологий. Нейронные сети – мощный метод моделирования, позволяющий точно воспроизводить чрезвычайно сложные зависимости. Они позволяют справиться с решением задач прогнозирования в случае большого числа переменных. Нейронные сети, реализованные на компьютере, относительно просты в использовании и не требуют от проектировщика специальных знаний, например в области математической статистики.

*А.М. Филатов, студ.; рук. В.А. Полетаев, д.т.н., проф.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

СПОСОБЫ СМАЗЫВАНИЯ ЗУБЧАТОЙ ПЕРЕДАЧИ

Известен способ смазывания зубчатой передачи магнитопорошковым методом, включающий нанесение на трущиеся боковые поверхности зубьев, изготовленных из ферромагнитного материала, зубчатых венцов зубчатых колес магнитоактивного порошкового смазочного материала - посредством активирующего смазочный материал магнитного поля [1].

Согласно способу смазывания зубчатой передачи сначала магнитоактивный порошковый смазочный материал наносится посредством магнитного поля на трущиеся боковые поверхности зубьев зубчатых венцов зубчатых колес, изготовленных из ферромагнитного материала, и последующий - после поворота венцов из зон их зацепления с парными зубчатыми венцами к зонам нанесения на них смазочного материала. Затем производится обдув зубчатых венцов струями сжатого воздуха, направленными со стороны одного торца каждого зубчатого венца к другому его торцу. Струи ориентированы перпендикулярно этим торцам, их направления расположены с зазорами относительно окружностей оснований этих зубчатых венцов и смещены в сторону окружностей вершин зубчатых венцов (патент РФ №0002650296 от 11.04.2018).

По другому способу зубчатая передача содержит сопряженные парные зубчатые колеса, каждое из которых состоит из тела и зубчатого венца с зубьями. У каждого зуба каждого колеса часть головки со стороны вершины зуба, вдоль ее ширины, в пределах участков боковых поверхностей с зацеплением, большим однопарного, со стороны обоих торцов зуба симметрично вырезана с оставлением невырезанной части головки по центру ширины зуба. Ширина невырезанной части равна частному от деления ширины головки на величину кратности зацепления. Оба выреза образованы двумя плоскостями, параллельными плоскости вращения колеса и примыкающими с двух сторон к невырезанной части ширины головки зуба, и одной цилиндрической поверхностью, соосной колесу, радиус которой меньше радиуса окружности вершин зубчатого венца колеса (патент РФ №0002649837 от 04.04.2018).

Библиографический список

1. Дроздов Ю.Н. и др. Трение и износ в экстремальных условиях: Справочник / Ю.Н. Дроздов, В.Г. Павлов, В.Н. Пучков. - Машиностроение, 1986. - 224 с.: ил.

*Е.А. Орлов, магистрант, А.А. Покровский, к.т.н., доц.
(ИПСА, Иваново)*

ФОРМЫ СВЯЗИ ВЛАГИ С МАТЕРИАЛОМ НАПОРНЫХ ПОЖАРНЫХ РУКАВОВ

Одной из наиболее важных характеристик при рассмотрении процессов сушки, в том числе и конвективной сушки напорных пожарных рукавов, является связь влаги с материалом. Основными факторами, определяющими термодинамику и кинетику сушки, являются форма и энергия связи влаги с материалом.

Напорные рукава состоят из тканого или ткановязаного каркаса и внутреннего гидроизоляционного покрытия. При изготовлении каркаса напорного рукава используют нити из химических и натуральных волокон. Внутреннее гидроизоляционное покрытие изготавливается из различных видов резин, латекса, полиуретанов и других полимерных материалов. Напорные рукава с каркасом из натуральных волокон могут не иметь внутреннего гидроизоляционного покрытия. В зависимости от назначения напорного рукава его каркас может иметь наружное защитное покрытие или пропитку.

Согласно классификации академика Ребиндера П.А. все формы связи делятся на три группы: химическую, которая включает ионную и молекулярную связи; физико-химическую, включающую адсорбционную и осмотическую связи; физико-механическую.

Сажиным Б.С. была предложена классификация материалов как объектов сушки. В данной классификации определяющими параметрами рассмотрены внутренняя структура материала и его тепловые характеристики.

В настоящее время не создано всеобщей классификации влажных материалов. Для обобщения характеристик материалов как объектов сушки требуются дальнейшие исследования их теплофизических и технологических свойств.

Библиографический список

1. **Лыков А.В.** Теория сушки. – М.: Энергия, 1968. – 470 с.
2. **Сажин Б.С.** Основы техники сушки. – М.: Химия, 1984. – 320 с.
3. **Рудобашта С.П.** Массоперенос в системах с твёрдой фазой. – М.: Химия, 1980. – 248с.

*В.И. Ханов, студ.; рук. В.А. Полетаев, д.т.н., проф.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

СПОСОБЫ УПРОЧНЕНИЯ ЗУБЬЕВ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

Известен способ упрочнения рабочих поверхностей зубьев зубчатых колес, заключающийся в термообработке зубьев например, методом индукционной высокочастотной закалки, химико-термической обработкой (цементацией, азотированием и др.) [1].

В [2] описан способ упрочнения рабочих поверхностей зубьев зубчатых колес, заключающийся в поверхностном пластическом деформировании поверхностей (методом вибрационной ударной обработки).

Известен способ статико-импульсного обкатывания [3], включающий сообщение возвратно-вращательного движения заготовке зубчатого колеса, находящегося между тремя эталонными закаленными зубчатыми колесами-накатниками, расположенными под углом 120° один к другому и охватывающими заготовку, один из которых является ведущим и имеет индивидуальный привод принудительного вращения, и движение радиальной подачи, направленной на сближение заготовки с накатниками под определенным статическим усилием прижатия, развиваемым гидравлическим генератором импульсов, воздействующим на другой накатник, причем дополнительно к этому накатнику прикладывают импульсную нагрузку от гидравлического генератора импульсов.

Заслуживает внимания способ отделочно-упрочняющей обработки заготовок зубчатых колес из сталей и сплавов поверхностным пластическим деформированием в холодном состоянии одним зубчатым инструментом-накатником (патент РФ №0002650263).

Библиографический список

1. **Старосельский А.А.**, Гаркунов Д.Н. Долговечность трущихся деталей машин./ А.А. Старосельский, Д.Н. Гаркунов, М.: Машиностроение, 1967 г., 410 с.
2. **Одинцов Л.Г.** Упрочнение и отделка деталей поверхностным пластическим деформированием: Справочник./ Л.Г. Одинцов. - М.: Машиностроение, 1987, 328 с.
3. **Патент РФ №2347639 МПК В21Н 5/00 В24В 39/00.** Устройство для статико-импульсного обкатывания зубчатых колес. Степанов Ю.С., Киричек А.В., Тарасов Д.Е., Афанасьев Б.И., Сотников В.И., Фомин Д.С., Василенко Ю.В., Тиняков А.И., Соловьев Д.Л. Заявка №2007134789/02; 27.02.07. 20.01.09. Бюл.№6.

*А.А. Коровкин, магистрант; рук. И.И. Ведерникова к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ СВАРКИ ТРУБ

В связи с тем, что одну и ту же марку стали используют для изготовления изделий различного назначения, требования к свойствам сварных соединений могут быть различными. Эти требования и определяют различную технологию сварки, направленную на получение сварного соединения с необходимыми свойствами, определяемыми составом металла шва и его структурой [2].

Характерные для высоколегированных сталей теплофизические свойства определяют некоторые особенности их сварки. Пониженный коэффициент теплопроводности при равных остальных условиях значительно изменяет распределение температур в шве и околошовной зоне. В результате одинаковые изотермы в высоколегированных сталях, более развиты, чем в углеродистых. Это увеличивает глубину проплавления основного металла, а с учетом повышенного коэффициента теплового расширения возрастает и коробление изделий. Поэтому для уменьшения коробления изделий из высоколегированных сталей следует применять способы и режимы сварки, характеризующиеся максимальной концентрацией тепловой энергии. [1].

В швах стремятся получить аустенитную структуру с мелкодисперсными карбидами и интерметаллидами. Благоприятно и легирование швов повышенным количеством молибдена, марганца и вольфрама, подавляющих процесс образования горячих трещин. Количество феррита в структуре швов на коррозионно-стойких сталях может быть повышено до 15 ... 25 %. Высоколегированные стали содержат в качестве легирующих присадок алюминий, кремний, титан, ниобий, хром и другие элементы, обладающие большим сродством к кислороду, чем железо. Поэтому при наличии в зоне сварки окислительной атмосферы возможен их значительный угар, что может привести к уменьшению содержания или к полному исчезновению в структуре шва ферритной и карбидной фаз, особенно в металле с небольшим избытком ферритизаторов.

Библиографический список

1. **Акулов А.И.**, Бельчук Г.А., Деменцевич В.П. Технология и оборудование сварки плавлением. М.: Машиностроение, 1977. 432 с.
2. **Технология** и оборудование сварки плавлением и термической резки: Учебник для вузов. -2-е изд. испр. и доп./ А.И.Акулов, В.П. Алехин, С.И. Ермаков и др./ Под ред. А.И.Акулова.-М.:Машиностроение,2003.-560 с.: ил.

*Л. С. Найденова, магистрант; рук. В.А. Полемаев, д.т.н., проф.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММЫ SolidWorks ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ДЕТАЛЕЙ

При проектировании деталей в виде трехмерного объекта для построения эскиза существует большое количество различных инструментов действующих в совокупности с "умными" привязками и позволяющих строить: прямые, окружности и сплайны; обрезать и удлинять линии; зеркально отображать и копировать объекты; делать скругления и фаски; строить различные массивы объектов и эскизы текста; проставлять размеры в автоматическом или ручном режиме; наложение геометрических взаимосвязей; проецирование на эскиз контуров выбранных элементов и т.д. Инструмент построения поверхностей: вытягиванием или вращением профиля; вытягиванием профиля вдоль траектории; по сечениям между профилями; эквидистанта к поверхности; отсечение поверхности плоскостью, эскизом или другой поверхностью; сшивка поверхностей; разьема между деталями; преобразование замкнутого объема поверхностей в твердое тело.

Проектирование деталей из листового металла в SolidWorks возможно, как в прямом "от детали к развертке", так и в обратном порядке "от развертки к детали". Для этого имеются инструменты: построения разверток; закругление кромки листовой детали в виде каемки; добавление сгибов; создание зазора между двумя кромками и т.д.

Оформление чертежей в SolidWorks осуществляется в соответствии с требованиями ЕСКД. В основе чертежа лежит трехмерная модель детали. Деталь и чертеж имеют взаимосвязи автоматически обновляющие чертеж при изменениях детали, это обеспечивает постоянное соответствие модели и чертежа. На чертеж можно перенести стандартные виды или любой другой вид с модели, в том числе изометрический. Степень автоматического наполнения чертежного вида с модели регулируется настройками. Для оформления чертежа имеется инструмент позволяющий: автоматически получать совмещенные виды, местные виды, разрезы и сечения; строить разрезы по разрезу, наносить размеры и обозначения параметров качества поверхности, добавлять примечания и технические условия, автоматически или вручную расставлять позиции, автоматическое формирование спецификации; указывать допуски и посадки из встроенной базы данных; автоматическое заполнение основной надписи; копировать виды и создавать многолистовые чертежи и т.д.

*И.А. Кононов, курсант; рук. П.В. Пучков, к.т.н.
(ИПСА, г. Иваново)*

КОРРОЗИОННОЕ РАЗРУШЕНИЕ РЕЗЬБОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ

Для исследований воздействия воды и растворов на ее основе на резьбовые соединения были использованы болты с метрической резьбой М12 с цинковым защитным покрытием. Цинк выступает в качестве анодной защиты. Маркировка болтов 5.8, что говорит нам о механических свойствах данного изделия: болт изготовлен из низкоуглеродистой стали, $\sigma_b=380\text{Мпа}$, $\sigma_T=420\text{ Мпа}$, момент затяжки 50 Нм. Такие болты можно применять для малонагруженных соединений. В качестве агрессивных сред использовали следующие жидкости: водопроводная вода, дистиллированная вода и водный раствор поваренной соли 17г.NaCl + 100 мл. H₂O. Эксперимент проводился при полном погружении в жидкость болта М12 с накрученной на него гайкой, при температуре окружающего воздуха и жидкости $T=24^\circ\text{C}$ в течение 30 суток. Как и следовало ожидать первым стало разрушаться защитное цинковое покрытие на болтах, так как цинк ($\varphi_{\text{Zn}}= - 0,763\text{В}$)- это металл протектор, он обладает более отрицательным электродным потенциалом в отличие от железа ($\varphi_{\text{Fe}}= - 0,44\text{В}$). При воздействии электролита (водопроводной воды, соленой воды)на два разнородных металла железо и цинк, цинк разрушался с образованием на резьбе окислов белого цвета. По результатам эксперимента на поверхности резьбы образовались продукты коррозии железа – ржавчина (рис. 1), что свидетельствует о не надежной защите цинкового покрытия.



Рис.1. Болт М12 в растворе поваренной соли

Библиографический список

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

*К.А. Чернов, студ.; рук. В.А. Полетаев, д.т.н., проф.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММЫ T-FLEXCAD В 3D-ПРОЕКТИРОВАНИИ

Системы автоматизированного проектирования предназначены для выполнения проектных операций (процедур) в автоматизированном режиме. САПР создаются в проектных, конструкторских, технологических, а также других организациях и предприятиях с целью: 1) повышения качества проектирования изделий за счет применения новых методов проектирования, ориентированных на использование ЭВМ, позволяющих решать принципиально новые задачи; 2) сокращения сроков проектирования, вследствие уменьшения времени, затрачиваемого на поисковые, расчетные и вспомогательные операции; 3) снижения стоимости разработки проекта: в результате сокращения числа специалистов по обеспечению и управлению ходом создания объекта проектирования; 4) развития теории и методологии проектирования за счет создания и совершенствования методов, позволяющих формализовать проектно-поисковые операции и принимать обоснованные проектные решения, регламентации мероприятий, связанных с выпуском и прохождением проектной документации; 5) уменьшения стоимости проектирования, создания и эксплуатации объекта проектирования на основе снижения затрат в сфере проектирования, экономии ресурсов в производстве, повышения экономического эффекта при использовании.

Комплекс T-FLEX CAD/CAM/CAE/CAPP/PDM позволяет под управлением единой профессиональной системы документооборота PDM T-FLEX DOCs: проектировать основное изделие (Система трехмерного проектирования T-FLEX CAD), проектировать оснастку (Система трехмерного проектирования T-FLEX CAD, прикладные системы), анализировать изделие до изготовления (T-FLEX Анализ, T-FLEX Динамика, T-FLEX/Пружины, T-FLEX/Зубчатые передачи), разрабатывать технологии и осуществлять техническое нормирование производства (T-FLEX Технология, T-FLEX Техническое нормирование), готовить управляющие программы (T-FLEX ЧПУ), проверять управляющие программы до загрузки на станок (T-FLEX NC Tracer).

При помощи T-FLEX CAD были спроектированы модели различных типов деталей, узлов и типов станков. В настоящее время разрабатываются планировки и компоновки механосборочных цехов.

*А.Г. Сошников А.Г., магистрант; рук. И.И. Ведерникова к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ПОДГОТОВКИ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ СТАНКА С ЧПУ

Любой проект в Delphi состоит из нескольких частей (набора файлов, каждый из которых отвечает за конкретную часть проекта). Это файлы, содержащие тексты кода, динамические библиотеки, файлы ресурсов и файл проекта, который содержит команды для объединения всех частей в единое целое. Все файлы создаются неявным образом, т.е. программист не должен задумываться, какие файлы ему надо создать.

В простейшем случае проект состоит из файла описания проекта, файла главного модуля, файла ресурсов, файла описания формы, файла модуля формы, в котором находятся основной код приложения, в том числе функции обработки событий на компонентах формы, файл конфигурации. Для проверки работоспособности программного модуля, в Delphi есть достаточно большой объем инструментальных средств. Это пошаговые компиляторы и отладчики с широким набором функций проверки правильности кода и т.п.

При использовании программного модуля пользователь должен обладать полным комплектом конструкторской и технологической документации. Форма и положение заготовки относительно патрона имеют первостепенное значение для проведения корректной обработки шлифованием, исключения брака и аварийных ситуаций. Предложенная схема введения размеров заготовки обеспечивает создание тела вращения различной конфигурации, образующими формы которого могут быть наборы прямых линий и сопряженных с ними окружностей.

После заполнения всех таблиц и формирования готового осевого инструмента в пакете 3D моделирования можно создать управляющую программу для станка. Для упрощения задачи создания модуля, в нем применен принцип внешнего управления работой пакета 3D моделирования. За счет этого была реализована возможность анимированной имитации обработки на станке, с получением твердотельной математической модели изделия, очень близкой к реальному изделию, которое могло бы получиться на станке, в результате использования этой управляющей программы. Возможность имитации обработки позволяет отказаться от применения пробной детали, которая предназначена для отладки программы обработки и чаще всего оказывается испорченной.

*Е.В. Соловьева, магистрант, рук. А.М. Власов, ст. препод.,
В.А. Полетаев, д.т.н., проф.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ИЗМЕНЕНИЕ МОМЕНТОВ ТРЕНИЯ МАГНИТОЖИДКОСТНЫХ ГЕРМЕТИЗАТОРОВ

Момент трения является одним из важнейших параметров магнитожидкостных герметизаторов, который влияет на величины передаваемых моментов и мощности. На момент трения магнитожидкостного устройства влияет вязкость используемой магнитной жидкости, напряженность магнитного поля, градиент скорости сдвига в рабочем зазоре устройства, величина рабочего зазора, включающая величины шероховатости поверхностей полюсов и втулки, контактирующих с магнитной жидкостью.

Известно, что после механической обработки на поверхностях деталей образуются микронеровности. При расположении таких поверхностей в магнитном поле микронеровности становятся концентраторами линий векторного магнитного потенциала. Однородное магнитное поле около шероховатой магнитопроводящей поверхности перераспределяется и становится неоднородным. Рельеф поверхности состоит из чередующихся выступов и впадин. Математическое моделирование магнитного поля около поверхности показало, что перераспределение поля начинается на высоте $3\div 4h$ от поверхности, где h - высота среднего выступа. В направлении поверхности напряженность поля растет над выступом, над впадиной снижается. Индукция около выступов в разы превышает среднюю индукцию над поверхностью, во впадинах наоборот, индукция в разы ниже. Степень перераспределения индукции магнитного поля определяется формой и соотношением ширины и высоты выступов шероховатой поверхности.

В процессе работы в магнитно-жидкостном герметизаторе выделяется тепловая энергия, прежде всего за счет вязкостного трения слоев магнитной жидкости. Количество тепла, выделяемое в жидком элементе, практически все идет на его нагрев, что, возможно, создает конвективные течения. Увеличение температуры ведет к уменьшению вязкости жидкости и некоторому снижению ее магнитных свойств.

Проведены эксперименты по исследованию влияния температуры на величину момента трения магнитожидкостных герметизаторов.

И.А. Кононов, курсант; рук. П.В. Пучков, к.т.н.
(ИПСА, г. Иваново)

РАЗРАБОТКА НОВОЙ КОНСТРУКЦИИ ПРОТЯЖКИ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ГЛУБОКИХ ОТВЕРСТИЙ

Широко известны круглые протяжки для протягивания глубоких отверстий со спиральными канавками, выходящими на торец задней направляющей части протяжки. Такое расположение стружечной канавки обеспечивает свободный выход стружки через протягиваемое отверстие и не ограничивает его длину.

Однако, недостатком конструкции стандартных протяжек является то, что спиральное расположение канавки под углом к её оси приводит к возникновению недопустимого крутящего момента, вследствие нормального давления стружки на одну из сторон канавки. Во избежание этого, предлагается усовершенствовать конструкцию обычной протяжки и выполнить стружечную канавку, расположив её по винтовой линии с переменным направлением, что устранил возникновение крутящего момента, вследствие действия нормального давления на участках с различными направлениями линии стружечной канавки. Сущность технического решения состоит в том, что режущая часть протяжки состоит из секций с режущими кромками и стружечными канавками. Канавки двух соседних секций расположены с переменным направлением (рис. 1).

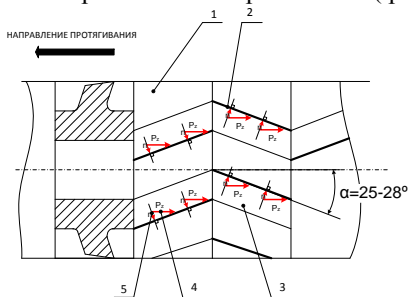


Рис. 1. Протяжка для обработки глубоких отверстий со сменными режущими частями: 1- сменная секция протяжки; 2 – режущая кромка; 3 – стружечная канавка; 4 – вектор силы резания; 5 – вектор силы нормального давления

Библиографический список

1. Патент РФ на полезную модель № 62348, МПК В 23 D 43/06 2006.01 Протяжка для обработки глубоких отверстий/Подгорков В.В., Пучков П.В. Опубликовано 10.04.2007 г.

*В.В. Шуваева, студ.; рук. И.И. Ведерникова, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДЕТАЛЕЙ С НЕСТАБИЛЬНЫМ ПОЛОЖЕНИЕМ ОСИ

В процессе механической обработки поверхностей вращения деталей, имеющих нестабильное положение их оси, возникает большое количество погрешностей из-за проблем с базированием такой детали. Возникает необходимость стабилизации оси детали при обработке относительно станка, поскольку радиальное биение при таком способе является причиной большой овальности обработанных цапф.

Исправление погрешности формы обрабатываемой детали обеспечивается при размещении режущего инструмента в пределах угла опорных элементов в виде башмаков. Известен способ механической обработки деталей типа колец и втулок на самоустанавливающихся башмаках, в котором приводят в соприкосновение деталь с башмаками путем подвода детали к башмакам, прижимают деталь ее базовой поверхностью к башмакам за счет смещения оси детали, после чего приводят деталь во вращение и подводят инструмент к обрабатываемой поверхности детали. Недостаток способа - невозможность его использования, когда в процессе обработки изменяется положение оси обрабатываемой детали из-за неуравновешенности ее массы или из-за геометрической формы оси детали (например, коленчатого вала, кривошипа, имеющих ось в виде ломанной линии), так как такое изменение положения оси детали соответственно первому случаю приведет к поломке устройства, второму – делает невозможным обработку по всей длине детали. Указанная задача решена в способе механической обработки поверхности вращения детали, содержащем приведение детали и башмаков в соприкосновение, прижим детали и башмаков друг к другу, приведение детали во вращение, подвод инструмента радиально к обрабатываемой поверхности в пределах угла расположения башмаков, в котором согласно изобретению, башмаки и инструмент монтируют на общей скобе, имеющей возможность качания в плоскости, перпендикулярной оси вращения детали, и приводят деталь и башмаки в соприкосновение путем подвода скобы к детали, прижимают скобу с башмаками к вращающейся детали с заданным усилием, подпружинивая скобу относительно суппорта станка, затем инструмент подводят к обрабатываемой детали, перемещая инструмент относительно скобы.

*И.А. Шургин, магистрант, рук. В.А. Полетаев, д.т.н., проф.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ РАДИАЛЬНЫХ МАГНИТНЫХ ПОДШИПНИКОВ

По своему применению магнитные подшипники являются составляющей частью турбомашин. Часто они используются плавучими газоперерабатывающими комплексами. На данный момент магнитные подшипники, в основном, применяются в турбокомпрессорах и компрессорах для природного газа, водорода и воздуха, в криогенной технике, в рефрижераторных установках, в турбодетандерах, в вакуумной технике, в электрогенераторах, в контрольном и измерительном оборудовании, в высокоскоростных полировальных, фрезерных и шлифовальных станках.

Принцип действия магнитных подшипников основывается на эффекте левитации ротора машины в магнитном поле. Вал в таких подшипниках, в прямом смысле слова, висит в мощном магнитном поле создаваемом статорными катушками электромагнитов. Система датчиков постоянно отслеживает положение вала в осевом и радиальных направлениях и подает сигналы на позиционные магниты статора, корректируя силу притяжения с той или иной стороны.

В последней четверти прошлого столетия в технике широкое распространение получили активные электромагнитные подшипники которые по сравнению с другими типами бесконтактных опор обладают относительно высокой грузоподъемностью. В отечественной и зарубежной промышленности в настоящее время существует тенденция к расширению сфер применения активных магнитных подшипников в области использования их для крупных вращающихся машин с массой ротора более 1,5 т. Вместе с тем, при постоянном использовании машинного оборудования есть большая вероятность, что может произойти сбой работы в системе энергопитания магнитных подшипников. Вместе с тем в современной литературе вопросы по улучшению и созданию новых конструкций не рассматриваются.

При выполнении этой работы учтены и дополнены основные конструктивные элементы разработок АО «ОДК-ГТ». Изучены и проанализированы конструкции радиальных магнитных подшипников.

Основное научное направление данной работы заключается в разработке новой конструкции радиального магнитного подшипника, позволяющего обеспечить быстрый ремонт и замену страховочного подшипника, который не уступает зарубежным аналогам.

*Л.В. Кочетков, курсант; рук. Н.А. Кропотова, к.х.н
(ИПСА, г. Иваново)*

АНАЛИЗ МЕХАНИЧЕСКИХ ДВИЖИТЕЛЕЙ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В РОБОТОТЕХНИКЕ

В современном мире растет область применения робототехники: работа на опасных объектах, тушение пожаров без помощи оператора, выполнение спасательных операций или передвижение по заранее неизвестной местности. Анализ механических движителей позволил выделить следующие виды: 1) колесо, обладают хорошей проходимостью с большим ускорением, может быть применено два двигателя, но три степени свободы движения – роботы с дифференцированным приводом, где изменение направления движения достигается за счет разных скоростей; 2) гусеничный движитель: более высокая мобильность, но при этом требуют больше энергии от мотора; 3) шнек–стержень со сплошной винтовой поверхностью вдоль продольной оси, одновременно может выступать как сверло специального назначения; 4) гироскопический двигатель является основным элементом гироскопических приборов, применяется для стабилизации и координации движения робота, обладает двумя свойствами: способность сохранять направление главной оси относительно пространства; возникновение прецессии ротора при приложении к нему внешнего вращательного момента; 5) шаговые электродвигатели часто применяют в качестве привода для роботов, поскольку позволяют достаточно точно управлять роботом или роботизированными манипуляторами; 6) прыгающий робот – быстрое высвобождение энергии позволяет получить достаточно большую моментальную мощность, но, к сожалению, такие параметры как высота, расстояние и траектория прыжка очень тяжело поддаются контролю; 7) вибрационные двигатели переменного тока - технический результат состоит в повышении мощности вибрационного двигателя посредством преобразования реактивной электроэнергии в дополнительное магнитное поле; 8) тороидальные двигатели дает большие движущие моменты, но при малых скоростях вращения и, наоборот, большие скорости вращения (выше 10 тыс. об/мин), но для очень малых движущих моментов.

При разработке системы перемещения робота необходимо учитывать следующие моменты: скорость или ускорение движения; точность позиционирования; гибкость и надежность при различных условиях; эффективность.

*К. О. Аладышкина, студ.; рук. В.А. Полетаев, д.т.н., проф.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

КОНСТРУКЦИИ АЛМАЗНЫХ ВЫГЛАЖИВАТЕЛЕЙ

Операция алмазного выглаживания поверхности детали является финишной операцией. Выглаживание является одним из методов отделочно-упрочняющей обработки поверхностным пластическим деформированием и заключается в пластическом деформировании обрабатываемой поверхности скользящим по ней инструментом — выглаживателем, закрепленным в оправке алмазным кристаллом.

В зависимости от способа внедрения алмазного инструмента различают жесткое и упругое выглаживание.

При жестком выглаживании инструмент закрепляют на станке подобно резцу, и он во время обработки внедряется в поверхность детали на заданную глубину. Жесткое выглаживание не получило широкого распространения вследствие высоких требований к допустимым биениям и точности геометрической формы детали, а также к жесткости системы станок–инструмент–приспособление–деталь.

Упругое выглаживание является более простым и удобным способом для применения его в производственных условиях. Основным преимуществом инструментов с упругим элементом погружения является обеспечение постоянства заданной силы выглаживания независимо от погрешностей установки и точности геометрической формы заготовки. Конструкция таких выглаживателей позволяет реализовать силу выглаживания в широком диапазоне. По типу системы нагружения выглаживатели могут быть механическими, гидравлическими, электромагнитными и комбинированными. Наибольшее распространение получили выглаживатели с механической системой нагружения, поскольку они отличаются простотой конструкции и удобством эксплуатации. В качестве упругого элемента в них обычно применяют тарированную проволочную или пластинчатую пружину.

*Е.Н. Леушин, магистр; рук. Н.А. Кропотова, к.х.н
(ИПСА, г. Иваново)*

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СБОРА НЕФТЕПРОДУКТОВ С ПОВЕРХНОСТИ ВОДЫ

В настоящее время известно достаточное количество методов сбора нефтепродуктов с поверхности воды посредством их омагничивания и последующего удаления, но технологическая сторона остается неразрешенной. Поэтому разработка модели технологического усовершенствованного сбора с элементами робототехники позволит повысить эффективность удаления с поверхности воды за счет управления магнитным полем. Робототехнический комплекс сбора омагниченных углеводородов (рис. 1) состоит из элемента связи (антенна) 1, элементов питания 2, системы распыления магнитной жидкости, которые выполняют функцию подкрылок для маневренности на воде 3. Перечисленные элементы закреплены жестко на раме и подсоединены к двум понтонам 4, обеспечивающим положение на поверхности воды. Система сборника крепится в рабочей зоне снизу, обеспечивая тем самым расположения рабочих органов на поверхности воды. Механическая зубчатая рейка осуществляет движение шунта по направляющей 5 выполняет функцию очистки рабочей зоны от омагниченных нефтепродуктов. Все процессы сбора омагниченных нефтепродуктов происходят в рабочих ячейках 6, число которых не ограничено при проектировании модели комплекса. Отличительной особенностью предлагаемой модели устройства является управление магнитным полем для сбора и последующего удаления омагниченных нефтепродуктов, не требуя дополнительных элементов (насосов) и источника энергии.

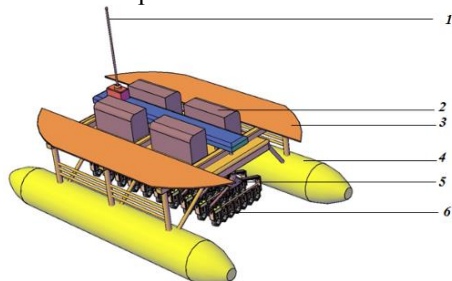


Рис. 1. 3D Модель робототехнического устройства для сбора пролива органических углеводородов на водных объектах

Таким образом, предлагаемое устройство может применяться в различных ситуациях, в том числе при аварийных чрезвычайных ситуациях, а также угрозы возникновения взрывов и пожаров.

*А.С. Ведерников, студ.; рук. Р.Р. Алешин к.т.н., доц.;
С.А. Егоров к.т.н., доц. (ИГЭУ, г. Иваново)*

ОПТИМИЗАЦИЯ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ШЛИФОВАНИИ

Проблема финишной обработки поверхности нитепроводника состоит в обеспечении требуемого качества при изготовлении механической обработкой.

Основным контролируемым показателем качества поверхности нитепроводника является шероховатость, формирование которой происходит в результате обработки резанием.

Цель работы состояла в оптимизации параметров шероховатости поверхности нитепроводника шлифованием.

В процессе работы производили обработку цилиндрических заготовок абразивным инструментом с разной степенью дисперсности абразива.

Были выявлены зависимости параметров шероховатости R_a , R_z , R_{max} , S_m от размера зерна абразива. Оказалось, что предварительно созданный на операции лезвийного резания микрорельеф может влиять на параметры шероховатости финишной обработки. Так, слишком тонкодисперсные частицы абразива не могут обеспечить требуемую шероховатость. Необходимо выбирать дисперсность частиц абразива не только в соответствии с окончательными параметрами шероховатости, но и в соответствии с полученными параметрами шероховатости на предыдущей операции.

Для каждой пары микрорельефа любого параметра шероховатости R_a , R_z , R_{max} , S_m предварительная обработка – окончательная обработка необходим свой размер дисперсности зерна абразивного инструмента.

Для удаления предыдущего микрорельефа необходимо подбирать припуск на обработку, чтобы обеспечить требуемое качество поверхности. Увеличение припуска влечет за собой увеличение времени затрачиваемого на обработку, увеличение размеров заготовки и удорожание готового изделия. Поэтому рекомендуется при назначении подачи лезвийной обработки ориентироваться не на максимально возможную, для данных условий, а исходить, при назначении режимов, из последующих операций. Смогут ли они обеспечить необходимое качество поверхности.

*Ю.М. Тютюнников, студ., рук. Павлюкова Н.Л., к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ПРИМЕНЕНИЕ ПЛАЗМЕННО-МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ТРУДНООБРАБАТЫВАЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ

Механическая обработка деталей из труднообрабатываемых материалов (высокомарганцовистых сталей, высокоуглеродистых и легированных сталей, отбеленного чугуна, титановых сплавов; деталей, имеющих нагартованные и наклепанные поверхности, твердые наплавки или литейные и ковочные корки [1]), является весьма трудоемкой и малоэффективной, так как режущий инструмент быстро выходит из строя. Применение установок для плазменно-механической обработки (ПМО), позволяет значительно интенсифицировать этот процесс, путем нагрева локального участка обрабатываемой заготовки, установив перед режущим инструментом плазматрон.

ПМО целесообразно осуществлять на базе токарных, фрезерных и строгальных станков. С помощью манипулятора плазматрон можно устанавливать на любом расстоянии от резца и детали, под любым углом, как к направлению вращения детали, так и к направлению подачи. Это дает возможность выполнять различные технологические операции, позволяя сочетать режимы работы плазматрона с режимами резания, что позволяет 4 – 8 раз повысить производительность обработки, при этом в 2 – 3 раза возрастает стойкость режущего инструмента.

Механическая обработка при ПМО осуществляется резцами с твердосплавными пластинами, например Т5К10, Т14К8 и ВК8 [1].

К преимуществам данного метода можно отнести: возможность обработки труднообрабатываемых сплавов без дефектов наружного слоя детали, способность снимать большой припуск на увеличенной подаче, применение воздуха в качестве плазмообразующего газа.

Необходимо отметить, что модернизируя станок для ПМО, надо предусмотреть его защиту от перегрева и оснастить местной вентиляцией.

Библиографический список

1. **Метод** плазменно-механической обработки с ЧПУ листового проката [Электронный ресурс] / Могильников А.С., Замотаев В.Л. – Режим доступа: <http://elib.sfu-kras.ru/bitstream/handle/2311/6621/s017-009.pdf?sequence=1> (25.12.2018)

К.М. Закурин , студ.; рук. А.М. Власов, ст. преп.;
В. А. Полетаев, д.т.н., проф.
(ИГЭУ, г. Иваново)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОЩАДИ КОНТАКТА ШЕРОХОВАТОЙ ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММЫ 3DS MAX

Известно, что после механической обработки на поверхностях деталей образуются микронеровности. Рельеф поверхности состоит из чередующихся выступов и впадин. Для наилучшего изучения шероховатости поверхности разработан и использован метод построения трехмерной модели поверхности втулок. Моделирование проводилось в программе 3ds Max [1].

С помощью этой методики построена не только модель участка шероховатой поверхности деталей рабочего зазора (рис.1), но и определена площадь контакта этих поверхностей. В программе 3ds Max для определения площади объекта на вкладке Utilities имеется функция Measure, на против Surface Area находится значение величины площади.

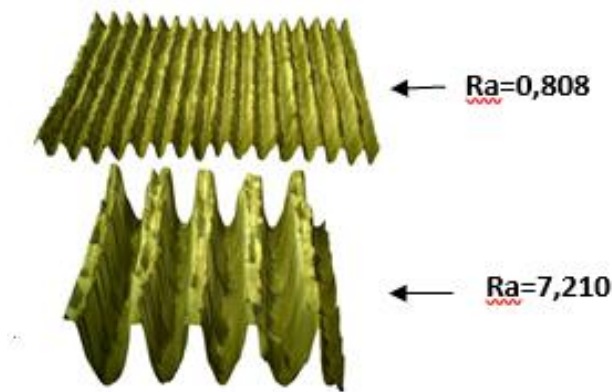


Рис. 1. Трехмерная модель участка поверхности деталей рабочего зазора

Библиографический список

1. **Власов А.М.,** Полетаев В.А. Построение модели шероховатой поверхности. / А.М. Власов, В.А.Полетаев // Международная научно-техническая конференция "Состояние и перспективы развития электро и теплотехнологии" (XVIII Бенардосские чтения): м-лы научно-техн. конф., 27-28 мая 2015 г. – Иваново: ИГЭУ, 2015. – Т.3. – С.312 – 315.

*А.Е. Киров, студ.; рук. Н.Л. Павлюкова, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ВОЗМОЖНОСТИ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ СВАРОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Стремительное развитие программных средств, способствует формированию новых принципов организации сварочного производства. Использование современных компьютерных технологий для комплексной автоматизации всех аспектов сварки позволили быстро находить оптимальные технологические решения при значительном снижении ресурсоемкости. Для этого существует специализированное программное обеспечение.

Российские и зарубежные программные продукты позволяют обеспечить различные этапы производства, начиная от построения последовательности технологических операций и оформления технологической документации в виде операционных и маршрутных карт. Наибольшие возможности содержат модули моделирования трехмерной сварной конструкции, оформления чертежей и текстовой конструкторской документации. Выделяют три типа таких систем: 1) чертежноориентированные системы (Компас, Россия); 2) системы объемного моделирования (SolidWorks, США); 3) интегрированные системы, поддерживающие электронную информационную модель на протяжении всего жизненного цикла изделия (CATIA, Франция).

Ряд программ позволяют выполнять параметрический расчет напряженно-деформированного состояния сварных конструкций. Например, ADEM (Россия) и Autodesk Inventor (США) осуществляют расчет на прочность и долговечность.

Некоторые программы позволяют решать отдельные прикладные задачи для выбранного вида сварки – расчет параметров режима сварки, определения расхода сварочных материалов, прогноз ожидаемых свойств металла, прогноз размеров сварного шва, например программа VirtualArc, ABB (Швеция).

На данный момент все программы достигли достаточно высокого уровня для решения поставленных задач. Отличия будут только в цене продукта, его совместимости с системой, интерфейсом и поддержкой языка.

Автоматизация сварочного процесса при помощи компьютерных систем предлагают ряд основных преимуществ: улучшенное качество сварного шва, увеличение производительности, снижение отходов. Основной недостаток – это высокие начальные инвестиции.

*А.Д. Колесникова, студ.; рук. А.А. Крапостин, к.т.н.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ВИБРАЦИОННОЕ ТОЧЕНИЕ ЖАРОПРОЧНЫХ СПЛАВОВ

В производстве энергетических машин широкое применение находят сплавы, выполненные из жаропрочных сталей. Основой жаростойких и жаропрочных сплавов выступают никель, кобальт, титан и др. Наиболее широкое применение в энергетических устройствах, работающих при высоких температурах (до 1100°C) нашли сплавы на никелевой основе, способные работать несколько тысяч часов при высоких статических и динамических нагрузках.

Как правило, жаропрочные стали и сплавы на их основе относятся к труднообрабатываемым материалам. Образование больших усилий резания повышает вероятность выкрашивания режущей кромки инструмента и вызывает ускоренный износ, а впоследствии и отказ инструмента. Сливная стружка, образуемая в процессе резания жаропрочных сталей считается неблагоприятной, ввиду намота на обрабатываемую деталь и режущий инструмент, что приводит к перегреву режущей кромки. Использование современного режущего инструмента со стружколомами показали неэффективность применения.

Одним из наиболее эффективных способов обработки жаропрочных сталей является вибрационное точение. Процесс вибрационного точения позволяет не только управлять уровнем интенсивности колебаний, но и использовать энергию вводимых в зону резания направленных колебаний, для обеспечения надежного дробления стружки.

В процессе исследования установлено, что для конкретных условий лезвийной обработки существует минимальная амплитуда вводимых в зону резания колебаний. При этом замечено, что увеличение амплитуды колебаний не существенно влияет на стабильность формирования и дробления стружки. При увеличении амплитуды колебаний возможно увеличение шероховатости поверхности и преждевременный отказ инструмента.

Исследования, проведенные по обработке жаропрочных сталей и сплавов на основе с использованием вибрационного позволили:

- повысить надежность инструмента в 8 раз, за счет меньшего выкрашивания его рабочей поверхности;
- повысить скорость резания в 2 раза, тем самым уменьшить силы резания и увеличить производительность;
- уменьшить стоимость обработки, за счет нецелесообразности применения дорогого импортного инструмента.

СЕКЦИЯ 24
ДИНАМИКА И ПРОЧНОСТЬ СЛОЖНЫХ
МЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Председатель –
к.т.н., доцент **Ноздрин М. А.**

Секретарь –
ассистент **Ильина Е.Э.**

*А.А. Бритова, студ.; рук. М. А. Ноздрин, доц., к.т.н.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ТОПОЛОГИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ ЭЛЕМЕНТА РАМЫ КВАДРОКОПТЕРА

Целью работы является оптимизация элемента рамы квадрокоптера (луча) в программном комплексе Abaqus и использование полученной конструкции на практике.

В процессе работы проводилось исследование экспериментальным путем физико-механических свойств материала, создание геометрической компьютерной модели луча, создание конечно-элементной сетки модели. В созданной модели осуществлен аналитический расчет элемента для определения его напряженно-деформированного состояния, а также численный прочностной расчет элемента в программном комплексе ANSYS и топологическая оптимизация конструкции с последующим прочностным расчетом [1-3].

В результате исследования получена оптимизированная модель луча квадрокоптера, вес которой уменьшился на 35%, а максимальные напряжения возросли на 40%, при этом сохранились прочностные и жесткостные характеристики. Топологическая оптимизация лучей привела к более стабильной работе квадрокоптера.

Полученная модель оптимизированного луча, а также остальные детали корпуса распечатываются на 3D принтере с дальнейшим применением в сборке квадрокоптера.

Библиографический список

1. Bendsøe, М.Р. Topology Optimization: Theory, Methods and Application / М.Р. Bendsøe, О. Sigmund. – Berlin: Springer, 2003. 370 p.
2. П.А. Оганесян. Оптимизация топологии конструкций в пакете Abaqus – Донской государственный технический университет, г.Ростов-на-Дону, 2014 - 7с.
3. Huang, X. Evolutionary topology optimization of continuum structures: Methods and applications / X. Huang, Y.M. Xie. – N.-Y.: Wiley, 2010. 217 p.

А.А. Губина, маг.; рук. М.А. Ноздрин, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)

РАСЧЕТ ТРАВЕРСЫ УЗЛА ПАРАШЮТНОЙ СИСТЕМЫ

Выполнены аналитические расчеты траверсы [1, 2] для двух расчетных схем: сосредоточенная нагрузка, распределенная нагрузка.

Созданы 3-D модели элементов для конечно-элементного анализа. Проведен численный расчет на прочность также для двух расчетных схем (рис. 1).

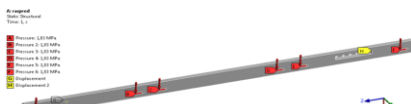


Рис. 1. Расчетная схема с распределенной нагрузкой
в конечно-элементном комплексе

Анализ результатов расчетов прогибов и эквивалентных напряжений аналитического и численного решений показал:

- при аналитическом решении расчетные схемы были упрощены: поперечное сечение траверсы считалось прямоугольным, отверстия не учитывались. Ввиду упрощения результаты параметров оказались заниженными;
- смена видов нагружений при аналитическом решении влияет на конечные результаты вертикальных перемещений больше, чем при численном решении: разница в результатах составляет 17,2 % и 0,2 % соответственно.

Поэтому более достоверным являются результаты численного метода решения.

Решение контактной задачи показало, что максимальные напряжения возникают в цилиндрах и карабины являются наиболее уязвимым местом конструкции. Таким образом, трехместная траверса способна обеспечить полет трех человек с общим весом 250 кг с трехкратным запасом прочности и удовлетворяет требованиям надежности в реальных условиях эксплуатации.

Библиографический список

1. Ноздрин М. А., Губина А.А. Исследование прочности металлоизделий в конструкции парашюта. Сб.материалов IX Всероссийской науч.-практ. конф. – Иваново: ФГБОУ ВО ИПСА ГПС МЧС России, 2018. – С. 171-174.
2. Ноздрин М. А., Губина А.А. Прочностной расчет узла парашютной системы. Электромеханика и управление // XIII междунар. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых «Энергия-2018»: Материалы конференции. – Иваново: ФГБОУ ВО ИГЭУ, 2018. – С. 99.

*А.В. Казначеева, студ.; рук. Л.Б. Маслов, д. ф.-м. н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ ЭЛЕМЕНТА НЕСУЩЕЙ КОНСТРУКЦИИ САМОЛЕТА AIRBUS A321

Для выполнения индивидуального задания была поставлена задача: определить несущую способность AIRBUS A321 при перегрузке “вперед/назад” на основе наиболее критичного элемента передачи осевой нагрузки – диагональной стойки.

Диагональная стойка (далее x-strat) представляет собой горизонтальную диагональную балку, прикреплённую с одного конца к бортовому рельсу пассажирской палубы (z-reil), а с другого к боковому стрингеру (stringer).

На рис. 1 представлен общий вид расчетной части.

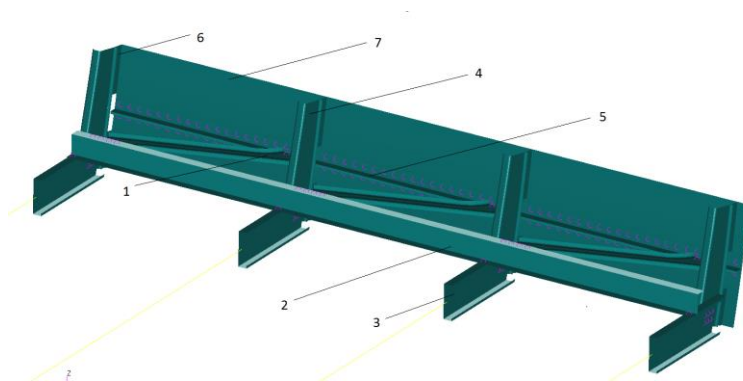


Рис.1. Общий вид расчетной части:

1 – X-Strat; 2 – Z-Reil; 3 – Cross-beem; 4 – Frame; 5 – Stringer; 6 – Sher Tie; 7 – обшивка

Построение срединных поверхностей проводятся в программе NX, конечно-элементная модель создаётся в программе Patran, решение задачи методом конечных элементов выполняется в решателе Nastran.

Расчеты показали возможность оптимизации конструкции.

А.В. Сорокина, студ.; рук. Л.Б. Маслов, д.ф.-м.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНИЧНЫХ УСЛОВИЙ ЭЛЕМЕНТА НЕСУЩЕЙ КОНСТРУКЦИИ САМОЛЁТА AIRBUS A321

Задачей работы является определение несущей способности AIRBUS A321 при перегрузке “вперед/назад” на основе наиболее критичного элемента передачи осевой нагрузки – диагональной стойки. Диагональная стойка (далее x-strut) представляет собой горизонтальную диагональную балку, прикреплённую с одного конца к бортовому рельсу пассажирской палубы (z-reil), а с другого к боковому стрингеру (stringer).

В работе используются программные комплексы:

- 1) NX, в котором происходили построения срединных поверхностей;
- 2) Patran для создания конечно-элементной модели;
- 3) Nastran для решения задачи методом конечных элементов.

Для проведения анализа определяются граничные условия конструкции. Рассмотрены кинематические характеристики, а также силовые факторы, оказывающие влияние на сборочную конструкцию.

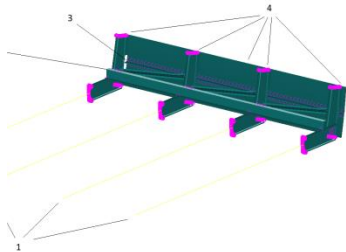


Рис.1. Кинематические характеристики

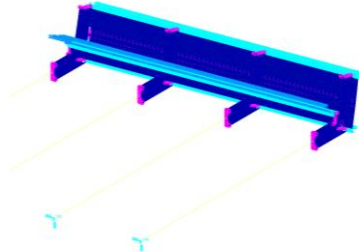


Рис.2. Силовые факторы

Кинематические характеристики (рис. 1): 1 – ограничение на перемещение по оси Y и углы поворота по осям X и Z в центральной части самолета для детали cross-beam; 2 – ограничение на перемещение по оси Y для детали z – reil; 3 – ограничение на перемещение по оси X для стрингера и левой части обшивки; 4 – ограничение на перемещение по осям Y и Z для верхней части обшивки и шпангоута.

Силовые факторы (рис. 2): к верхней грани детали z-reil приложена распределённая нагрузка вдоль оси X.

Разработанные материалы использовались для определения несущей способности конструкции.

А.И. Киселева, студ.; рук. Л.Б. Маслов, д. ф.-м. н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТЕРИ УСТОЙЧИВОСТИ ДИАГОНАЛЬНОЙ СТОЙКИ САМОЛЁТА AIRBUS A321

Целью работы является исследование потери устойчивости на основе наиболее критичного элемента передачи осевой нагрузки – диагональной стойки самолёта AIRBUS A321 при перегрузке “назад”.

Для выполнения работы использованы различные программные комплексы. Построение срединных поверхностей проводятся в программе NX, которые в дальнейшем импортируются в программу Patran для создания конечно-элементной модели. Решение задачи методом конечных элементов выполняется в решателе Nastran [1].

В работе рассмотрены два случая нагружения детали z-reil (бортовой рельс пассажирской палубы) продольной распределенной нагрузкой $q = 43$ фунт/дюйм и $q = 80$ фунт/дюйм. Коэффициенты перегрузки составляют соответственно 1,5g и 1,2g. Вид первой формы потери устойчивости для двух случаев перегрузки показан на рис. 1.

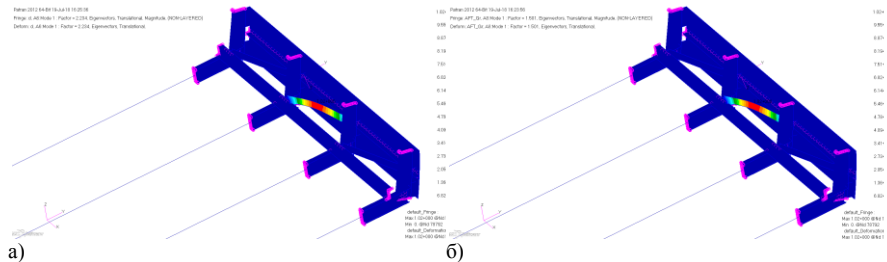


Рис. 1. Первая форма потери устойчивости:
а – первый случай перегрузки, б – второй случай перегрузки

При проведении анализа установлено, что коэффициент запаса устойчивости для первого случая перегрузки больше приблизительно в 1,5 раза.

Библиографический список

1. Руководство пользователя по MSC/Patran.

А.А. Губина, маг.; рук. М.А. Ноздрин, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)

ИССЛЕДОВАНИЕ ВАРИАНТОВ ПОСТАНОВКИ ЗАДАЧ В ТЕРМОУПРУГОСТИ

В работе кратко изложены методы исследования напряженно-деформированного состояния сложных сплошных сред с учетом изменения механических свойств материалов и различных параметров (температура, радиация и др.).

Рассматриваются основные уравнения термоупругости: законы термодинамики, термодинамические функции, соотношения между напряжениями и деформациями, расчет термодинамического потенциала Гиббса, формула плотности энтропии, характеристики теплоемкости, уравнение теплопроводности. Эти задачи основываются на фундаментальных уравнениях и положениях механики деформируемого тела [1].

Учитывается связь между полями деформации и температурными полями при нестационарных процессах деформирования:

– уравнения динамической задачи термоупругости в перемещениях:

$$\sigma_{ik,k} = \mu U_{i,kk} + (\lambda + \mu) U_{k,ki} - (3\lambda + 2\mu) \alpha_T T_{,i} = \rho \ddot{U}_i ;$$

– векторная форма уравнений движения термоупругой задачи:

$$\begin{cases} \nabla^2 \Phi - \frac{1}{C_1^2} \ddot{\Phi} + \frac{(3\lambda + 2\mu)}{(\lambda + 2\mu)} \alpha_T (T - T_0) = 0 \\ \nabla^2 \operatorname{rot} \bar{A} - \frac{1}{C_2^2} \ddot{\bar{A}} = 0 \\ \nabla^2 T - \frac{1}{\alpha_T} \dot{T} - \frac{T_0(3\lambda + 2\mu)\alpha_T}{\lambda_T} \nabla^2 \Phi = 0 \end{cases}$$

Введение упрощений приводит к несвязанной задаче термоупругости, квазистатической задаче, плоской задаче [2]. В квазистатической задаче термоупругости приводится алгоритм решения и методы решения частных задач. В плоской задаче теории упругости рассматриваются два варианта задачи в квазистатической постановке при плоском температурном поле $T(x, y)$: плоская деформация и плоское напряженное состояние. Приводятся примеры упражнений, помогающих лучше усвоить основные теоретические положения.

Библиографический список

1. Ноздрин М.А., Щербакова Н.А. Некоторые прикладные задачи механики сплошной среды: Учеб.-метод. пособие / ГОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И.Ленина». – Иваново, 2009. – 72 с.
2. Коваленко А. Д. Введение в термоупругость / Акад. наук УССР. Ин-т механики. - Киев: Наукова думка, 1965. - 204 с.

Д.А. Бакаев, маг.; рук. М.А.Ноздрин, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)

ИССЛЕДОВАНИЕ УРАВНЕНИЯ ЛАПЛАСА В ЗАДАЧАХ МЕХАНИКИ СПЛОШНОЙ СРЕДЫ

Задача работы – нахождение решения уравнения стационарного распределения температуры в квадратной пластине при заданных граничных условиях на краях. Задача решается численно в программном комплексе Mathcad двумя способами: с помощью применения функции «relax» и методом конечных разностей.

В трёхмерном пространстве уравнение Лапласа записывается в виде

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} = 0,$$

и является частным случаем уравнения Гельмгольца: $(\Delta + k^2)U = f$, где $\Delta = \nabla^2$ – оператор Лапласа, k^2 – квадрат модуля волнового вектора, U – неизвестная функция.

Суть алгоритма «релаксации» сводится к тому, что в ходе итераций происходит проверка уравнений и соответствующая коррекция значений искомой функции в каждой точке [1]. При удачном выборе начального приближения алгоритм сходится к правильному решению (рис.1). При применении метода конечных разностей [2] используется пятиточечная разностная схема (рис.2).

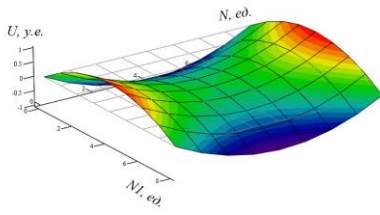


Рис.1. Решение уравнения методом «релаксации»

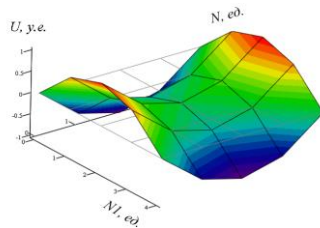


Рис.2. Решение уравнения методом конечных разностей

Сравнение методов «релаксации» и конечных разностей показало, что метод «релаксации» позволяет более точно вычислить функцию распределения температуры внутри пластины.

Библиографический список

1. Кирьянов Д. В. Самоучитель Mathcad И. –СПб.: БЧВ-Петербург, 2003. – 560 с.
2. Емельянов, В. Н. Численные методы: введение в теорию разностных схем: учеб. пособие для академического бакалавриата / В. Н. Емельянов. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : Изд. Юрайт, 2018. – 188 с.

*А.В. Казначеева, студ.; рук. В.И. Шапин, к.т.н., проф.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ В ОМЕГООБРАЗНОМ БРУСЕ

Практика эксплуатации энергетического, в том числе газового, оборудования предусматривает конструкции термокомпенсаторов в паре и газопроводах. Температура свежего пара в паропроводах турбин достигает 565° по Цельсию с давлением в 25 атмосфер. В результате при нагреве в конструкциях паропроводов возникают значительные сжимающие усилия, которые могут приводить к аварийным ситуациям в виде образования свищей в металле на опасных участках паропроводов с последующим лавинообразным разрушением.

С целью предотвращения такого рода опасных ситуаций паропроводы снабжаются термокомпенсаторами различной конфигурации. Как правило, это гибы при стыковке труб под углом 90 градусов.

Такие конструкции обладают существенным недостатком – возможными повышенными напряжениями от гидроударов пульпы (сжиженного пара) в режиме пусков турбин. В настоящей работе предлагается конструкция омегаобразного компенсатора (рис. 1), которая, с нашей точки зрения, позволяет минимизировать поток прохождения пульпы при пусках и сохранить свойства компенсации термонапряжений как при пуске, так и в рабочем состоянии.



Рис. 1. Экспериментальная установка: 1 – жестко закрепленный омегаобразный брус; 2 – груз 1 кг; 3 – прибор для измерения перемещений; 4 – тензометрический измеритель деформаций; 5 – тензодатчики

Имеется и другая сторона в постановке задачи. Она заключается в разработке экспериментальной установке для исследования напряжений и деформаций омегаобразного кривого бруса с последующим внедрением в учебно-лабораторный практикум для специальности Механика при вариации внешних нагрузок.

*А.И Киселева, студ.; рук. В.И. Шапин, к.т.н., проф.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ В СОСТАВНОЙ ОБОЛОЧКЕ

Целью работы является исследование распределения напряжений в тонкостенной оболочке (рис. 1), состоящей из конической и цилиндрической частей. Напряжения возникают под действием двух видов нагрузки: сосредоточенной нагрузки P и постоянного внутреннего давления q .



Рис. 1. Составная оболочка

В работе проводится экспериментальное определение напряжений в оболочке, возникающих под действием сосредоточенной нагрузки P ; аналитический расчет напряжений в цилиндрической и конической оболочках, возникающих под действием постоянного внутреннего давления q [1]; численное определение напряжений в оболочке, возникающих под действием обоих видов нагрузки. Расчёты проводятся с использованием программных средств Mathcad, SolidWorks и ANSYS Workbench.

При анализе результатов получены следующие выводы: напряжения, возникающие под действием сосредоточенной нагрузки в меридиональном направлении, больше напряжений в окружном направлении. Напряжения, возникающие на конической части оболочки, больше напряжений, возникающих на цилиндрической ее части для обоих случаев нагружения.

Библиографический список

1. Феодосьев В. И.. Сопротивление материалов: [учебник для вузов] / В. И. Феодосьев. — М.: Наука, 1986.—512 с.

П.В. Лебедев, маг. ; рук: Т.В. Шмелева, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ОРТЕЗА СУСТАВА РУКИ

Ортезирование является видом лечебного воздействия, направленного на обеспечение покоя, внешнюю защиту пораженного сегмента тела, правильное функциональное позиционирование сустава во время движений, косметическое устранение дефекта, профилактику развития ортопедической патологии [1].

Для расчета в программе ABAQUS [2] рассмотрен ортез лучезястного сустава руки. Ортез этого сустава имеет вид пластины, которая крепится при помощи эластичных бинтов либо при помощи специальных липучек. Ортез выполнен технологией 3D печати из PLA пластика фирмы ENUS, который после печати с заполнением объема сотообразным видом сетки имеет следующие механические характеристики: плотность $\rho = 925 \text{ кг/м}^3$; модуль упругости $E = 700 \text{ МПа}$; коэффициент Пуассона $\nu = 0,37$. Для решения задачи построена модель ортеза сплошного поперечного сечения с присвоением характеристик сетчатой, с сотообразным видом сетки.

Граничные условия: часть, которая фиксируется на предплечье считается жестко закрепленной; другая часть нагружена усилием в 20 Н. Результат расчета представлен на рис. 1.

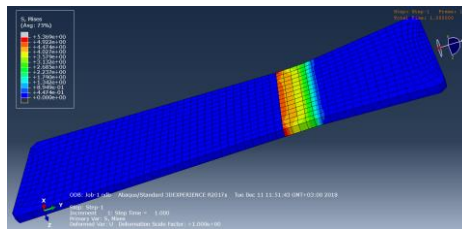


Рис. 1. Напряжения в ортезе

В ходе программного расчета установлено, что максимальные напряжения при данной нагрузке составляют 5,4 Па. Конструкция ортеза имеет большой запас прочности, позволяющий провести оптимизацию.

Библиографический список

1. Реконструктивная пластика передней крестообразной связки коленного сустава с помощью эндоскопической техники: Медицинская технология/Сост.:В.М. Прохоренко, С.М. Фоменко, В.С. Бантов, В.А. Постников. Новосибирск, 2011.
2. Abaqus: пособие для начинающих: Нуштаев Д.В. Редакция: Тропкин С.Н. ООО "ТЕСИС". М. 2010.

*И.Л. Маслова, маг.; рук. Л.Б. Маслов, д.ф.-м.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭНДОПРОТЕЗА ТАЗОБЕДРЕННОГО СУСТАВА ПРИ ДВУХОПОРНОМ СТОЯНИИ

Благодаря эволюции современных персональных компьютеров, метод конечных элементов приобрел большое значение в биомеханических исследованиях. В области ортопедической биомеханики используется структурно-механический численный подход, заключающийся в анализе напряжений и деформаций в костях, суставах и несущих имплантатах. Для решения этой группы численных задач, возникающих в ортопедической биомеханике, более предпочтительным методом является конечно-элементный анализ [1].

Целью работы является исследование напряженно-деформированного состояния системы «скелет - эндопротез тазобедренного сустава» при двухопорном стоянии и при двух вариантах сил затяга винтов эндопротеза: номинальной и критической. В процессе работы произведен обзор физико-механических свойств материалов, используемых в модели, созданы конечно-элементные модели костей таза и имплантированных деталей. На сборку наложены контактные взаимодействия и граничные условия. Проведена верификация модели и два прочностных расчета модели для определения напряженно-деформированного состояния системы «скелет-эндопротез тазобедренного сустава».

Получены данные напряженного состояния для тазобедренных костей, крестца, титановых винтов, титанового имплантата и полиэтиленового вкладыша для двух расчетов на прочность при разной силе затяга винтов эндопротеза. В результате получено, что имплантат, винты и вкладыш имеют высокий запас прочности в обеих расчетных моделях. При увеличении силы затяга напряжения в тазовых костях растут: при максимальной силе затяга может произойти локальное разрушение в спонгиозном слое. Кортикальный слой имеет запас прочности в обеих моделях. Крестец также удовлетворяет условиям прочности. По данным сравнительного анализа вынесены практические рекомендации по снижению напряжений в костях и деталях, а именно изменить конструкцию имплантата и установку винтов.

Библиографический список

1. Kluess D., Wieding J., Souffrant R., Mittelmeier W., Bader R. Finite Element Analysis in Orthopaedic Biomechanics // Finite Element Analysis. – 2010. – P. 151–170.

*П.В. Суркова, маг.; рук. Л. Б. Маслов, д.ф.-м.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ПРОЧНОСТНОЙ РАСЧЕТ ВИНТОВОГО СОЕДИНЕНИЯ ТАЗОБЕДРЕННОГО СУСТАВА

Целью работы является исследование напряженно-деформированного состояния винтового соединения системы «скелет-эндопротез», подбор оптимальной силы затяга винтов, не приводящей к разрушению костной ткани.

Основные конструктивные и технико-эксплуатационные показатели: эндопротез состоит из полусферической чашки вертлужной впадины и опорных фланцев на подвздошную кость, седалищную и лонную кости. Крепление состоит из семи винтов различных диаметров, три из которых внедряются в кортикальный слой кости, четыре – в спонгиозный слой на плоскостях резекции.

В работе создается конечно-элементная сборка модели поврежденного таза и эндопротеза тазобедренного сустава по данным компьютерной томографии. Особое внимание уделяется моделированию кортикального слоя, а также созданию винтов по данным технического задания. Подбираются модели материалов с необходимыми свойствами [1]. Производится прочностной расчет системы для определения напряженно-деформированного состояния.

Получено распределение напряжений во всех компонентах системы. Особое внимание уделяется напряженно-деформированному состоянию винтового соединения модели кости и эндопротеза. Выявлены места наибольшей концентрации напряжений и даны рекомендации по усовершенствованию крепления эндопротеза к костям таза.

Проведены расчеты при различной силе затяжки винтов и определена критическая сила, равная 300 Н.

Данный эндопротез установлен пациенту ФГБУ «РОНЦ им. Н.Н. Блохина» Минздрава России.

Библиографический список

1. Wirtz D. C., Schiffers N., Pandorf T., Radermacher K., Weichert D., Forst R.. Critical evaluation of known bone material properties to realize anisotropic FE-simulation of the proximal femur. // Journal of Biomechanics 33 (2000) 1325-1330 6 March 2000.

*Р.Э. Дудин, студ.; рук. Ф.Б. Огурцов, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДИНАМОМЕТРА НА БАЗЕ ТЕНЗОРЕЗИСТОРНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

Электронные динамометры, чаще всего, выполняются на основе тензорезисторных датчиков. Принцип тензометрического метода измерения усилий заключается в преобразовании воздействующей силы в аналоговый сигнал на выходе датчика с последующей цифровой обработкой [1].

Целью работы является проектирование датчика силы для статических и динамических измерений с диапазоном измеряемых усилий до 10 кг и с диапазоном рабочих частот до 100 Гц.

В ходе работы спроектированы два варианта упругих элементов (УЭ) в виде кольца, изображённых на рис. 1 и 2.

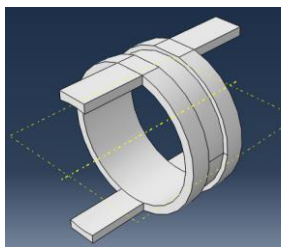


Рис. 1. Первый вариант УЭ

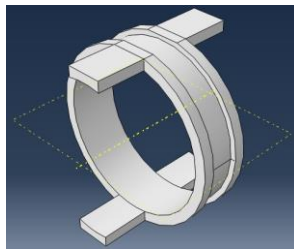


Рис. 2. Второй вариант УЭ

Проведены статические и динамические расчёты каждого варианта исполнения датчика, с целью определения рабочих диапазонов измеряемых усилий и собственных частот.

Рассчитаны чувствительности каждой из форм УЭ и проведено сравнение вариантов. Рекомендуется использовать вторую форму упругого элемента, так как она обладает большей чувствительностью, что позволяет измерять более слабые нагрузки и повысить точность измерений.

Библиографический список

1. Динамометры. URL: <https://unives.ru/dinamometry> (дата обращения: 25.06.2018).

*В.О. Вербицкий, студ., рук. М.А. Ноздрин, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

УСТАЛОСТНЫЙ РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТА С ЭФФЕКТОМ ПАМЯТИ ФОРМЫ

В работе экспериментально определяются параметры двигателя Гинеля, рассчитывается крутящий момент [1]. Проводится аналитический расчет усталостной прочности элемента с ЭПФ и численный расчет в программе SolidWorks для определения срока службы пружины.

Аналитический расчет усталостной прочности проводится для двух вариантов межосевого расстояния в двигателе: минимального 2 см и максимального 5 см в системе компьютерной алгебры MathCad. Для расчета используются формулы из теории сопротивления материалов [2]:

$$n = \frac{\tau_{-1}}{K_{\tau} * \tau_a + \psi_{\tau} * \tau_m}$$

Для определения срока службы пружины используется программа SolidWorks модуль Simulation. Граничные условия: жесткое закрепление с левой стороны пружины и максимальная сила с правой стороны 23,7 Н и 37,7Н Для многоциклового исследования установлено 10^6 циклов повторений изменяющейся нагрузки. Вид многоциклового нагружения – асимметричный.

Расчеты показали, что при изменении межосевого расстояния с максимального на минимальное происходит уменьшение крутящего момента, что приводит к снижению скорости вращения колеса двигателя. При добавление дополнительных пружин крутящий момент увеличивается.

По результатам аналитического расчета усталостной прочности пружины получены два фактических коэффициента запаса усталостной прочности. Для межосевого расстояния 2 см $n=2,879$, для межосевого расстояния 5 см $n=1,483$. По результатам численного моделирования в SolidWorks пружины с минимальным межосевым расстоянием 2 см выдержат 413 тысяч циклов нагружения, а с максимальным 111 тысяч циклов нагружения.

Таким образом, данный двигатель можно использовать в качестве стенда для лабораторных работ.

Библиографический список

1. Лихачев В. А., Кузьмин С. Л., Каменцева З. П. Эффект памяти формы. — Л.: Изд-во ЛГУ, 1987.
2. Филатов Ю.Е. Сопротивление усталости. / Ю.Е. Филатов.- Иваново, ИГЭУ. 2013

*Д.О. Соловьев, студ.; рук. Ноздрин М.А. к.т.н., доцент
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ПРОЕКТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МАШИНЫ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

В ходе работы проведено эскизное проектирование машины пищевой промышленности, рассчитаны параметры производственной линии, а также произведено моделирование и расчет узла системы очистки различными методами [1, 2].

Выявлены недостатки аналитического способа решения задачи и установлена необходимость в использовании численного метода по нахождению перемещений и напряжений.

Численный расчет показал, что при заданной нагрузке и установленных ранее размерах пластина испытывает небольшие перемещения (рис.1), а возникающие напряжения в ней значительно ниже допускаемых.

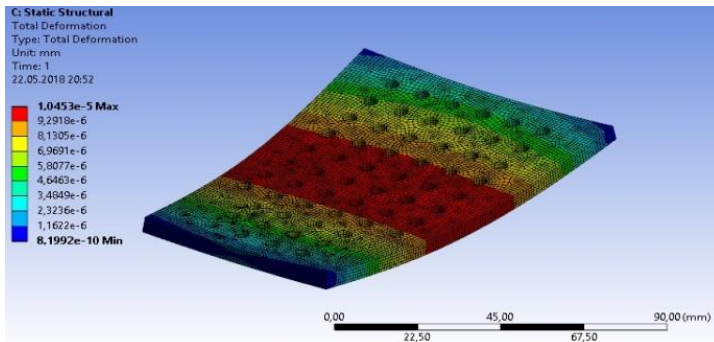


Рис.1. Перемещения в модели узла системы очистки

Выбранные материал и размеры конструкции обеспечивают необходимый запас прочности, также возможно незначительное уменьшение толщины пластины в целях экономии материала.

Библиографический список

1. Самуль В.И. Основы теории упругости и пластичности: Учебное пособие для студентов вузов. – 2 изд., перераб. – М.: Высш. школа, 1982. - 264 с.
2. Электронный каталог ANSYS КАДФЕМ «Механика деформируемого твердого тела» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.cadfeem-cis.ru/fileadmin/data/file/content_prod/ansys/cadfeem_mehantica-deform-tela.pdf

*А.А. Бритова, студ.; рук. Т.В. Шмелева, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ПРОВЕДЕНИЕ ЛАБОРАТОРНЫХ ИСПЫТАНИЙ ТРУБЫ

Целью работы является проведение лабораторных испытаний трубы стальной электросварной нефтегазопроводной, повышенной хладостойкости и коррозионной стойкости [1].

В процессе работы проводились механические испытания образцов из труб основного металла и сварного соединения:

- на растяжение [2];
- на ударный изгиб при температурах $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ [3];
- измерение твердости.

Были проведены металлографические исследования, такие как контроль полосчатости, контроль величины зерна, контроль загрязненности неметаллическими включениями.

При испытании на растяжение основного металла определялись следующие характеристики: временное сопротивление (предел прочности), условный предел текучести, относительное удлинение после разрыва.

При испытании на растяжение сварного соединения определяли только временное сопротивление.

При испытании на ударный изгиб определяемыми характеристиками являлись полная работа, затраченная при ударе (работа удара), и ударная вязкость.

В результате проведенных лабораторных испытаний было выявлено, что данная труба по всем характеристикам не противоречит требованиям ГОСТа и что ее можно эксплуатировать.

Библиографический список

1. ТУ 1303-005-25955489-2015. Трубы стальные электросварные нефтегазопроводные, повышенной хладостойкости и коррозионной стойкости.
2. ГОСТ 10006-80. Трубы металлические. Метод испытания на растяжение/ М.: Стандартинформ, 2010 - 56 с.
3. ГОСТ 9454-78 Металлы. Метод испытания на ударный изгиб при пониженных, комнатной и повышенных температурах.

Д.В. Рыдзев, студ. ; рук. Т.В. Шмелева, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)

РАСЧЕТ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ КОНСТРУКЦИИ СКЛАДА

Склад представляет собой конструкцию с размерами 41,5 × 70 м. На рис. 1 представлен чертеж склада с необходимыми размерами. На чертеже видно, что конструкция состоит из колонн, на которых лежат балки под наклоном, так как центральные колонны выше стоящих по периметру склада. На чертеже отмечены кровельные нагрузки, из которых впоследствии собирается общая нагрузка. Нагрузки рассчитывались как постоянные, так и временные (снеговая нагрузка).

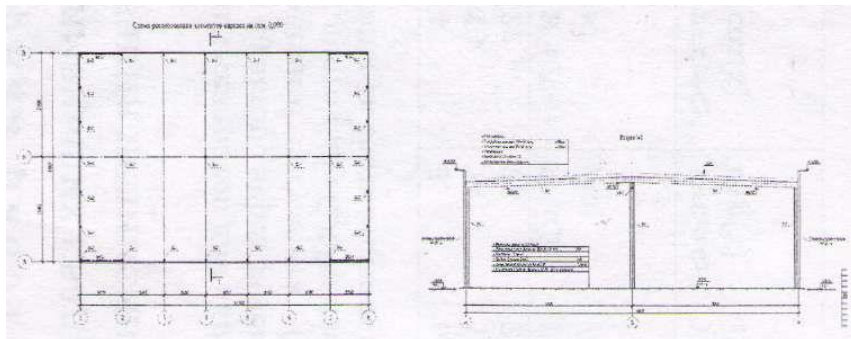


Рис. 1. Чертеж склада

С учетом правил строительных расчетов собрана нагрузка сначала на балку, а затем на колонну конструкции. Проведен расчет и подобраны оптимальные профили для балки и колонны [1, 2].

Подбор сечений балки проведен по допускаемым напряжениям и деформациям, а сечения колонны – по прочности и гибкости.

Библиографический список

1. Сетков В.И., Сербии Е.П. Строительные конструкции/ Учебник. — 2-е изд., доп. и испр, —М.: ИНФРА-М, 2005, — 448.с.
2. Строительные нормы и правила СНиП 11-23-81.

*И.М.Варламов, студ., рук. М.А. Шилов, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СНИЖЕНИЯ ИЗНОСА КОЛЕС ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

Исследуется эффективность снижения износа колес подвижного состава, упрочненного объемной закалкой и поверхностным напылением. Проводится экспериментальное определение параметров коэффициента износа для образцов с разным типом упрочнения (рис. 1), строится модель расчета износа в программном комплексе ABAQUS. С помощью полученных результатов в численном расчете находят коэффициенты износа по модели Арчарда [1] и сравнивают с экспериментальными значениями.

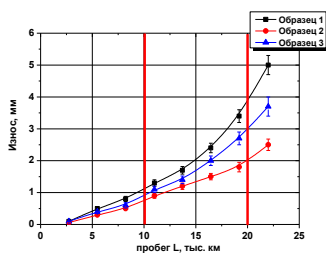


Рис. 1. Зависимость износа от пробега

Аналитический расчет проводится для трех колес с разным типом упрочнения (табл. 1).

Таблица 1. Среднее контактное давление и площадь контакта

	Образец 1 (колесо без упрочнений)	Образец 2 (объемная закалка)	Образец 3 (поверхностное напыление)
Контактное давление, МПа	23,7	18,5	25,5
Площадь контакта, мм ²	115	114	90

Расчет коэффициентов износа, полученных экспериментальным образом, показал, что наибольшую эффективность при большом пробеге дает поверхностное напыление. Погрешность расчета коэффициентов износа компьютерной модели для неупрочненного колеса, упрочненного объемной закалкой и упрочненного поверхностным напылением составляет 4,7; 26,5 и 0,43 процентов соответственно.

Таким образом, данный метод можно использовать для оценки коэффициента износа колес, упрочненных различными способами.

Библиографический список

1. Archard, J., The wear of metals under unlubricated conditions / J. Archard, W. Hirst // Proceeding of Royal Society London A. - 1956. - Vol. 236, № 1206. P. 397–410.

*Д.О. Соловьев, студ.; рук. М.А. Ноздрин, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ ВАКУУМНОГО КОЖУХА

Вакуумный кожух является частью магнитной системы и представляет собой емкость, изготовленную из нержавеющей стали, узлы которой соединены сваркой. Внутри кожуха размещены тепловой экран и сверхпроводящий магнит. При работе магнита внутри кожуха поддерживается вакуум. Вакуумный кожух должен выдерживать нагрузки от веса сверхпроводящего магнита, а также от наружного атмосферного давления 1 бар [1-3].

В ANSYS Mechanical создана конечно-элементная модель и выполнена оценка прочности вакуумного кожуха при условиях эксплуатации.

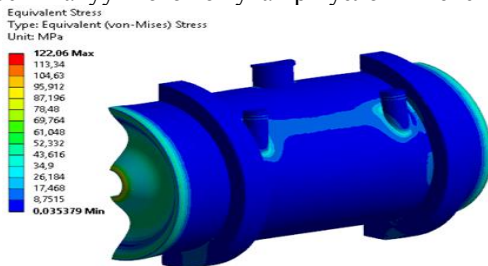


Рис. 1. Распределение напряжений в вакуумном кожухе, МПа

Распределение напряжений в расчетной модели представлено на рис. 1. Величина максимальных напряжений в конструкции равна 122 МПа. Конструкция выдерживает заданные нагрузки с коэффициентом запаса прочности 1,9.

Библиографический список

1. **Ширшов, Л.С.** Сверхпроводящие магниты в ускорителях / Л.С. Ширшов/ Препринт ИФВЭ 97-86. – Протвино, 1997. – 19 с.
2. **Козуб, С.С.** Разработка и создание сверхпроводящих устройств и систем криогенного обеспечения для ускорителей и каналов транспортировки пучков частиц высоких энергий: диссертация доктора физико-математических наук. Институт физики высоких энергий/ С.С Козуб / Протвино, 2012.
3. **Справочник** по физико-техническим основам криогеники / Малков М.П., Данилов И.Б., Зельдович А.Г., Фрадков А.Б. — М.: Энергоатомиздат, 1985. — 432 с.

*В.М. Старостина, студ.; рук. М.А. Ноздрин, к.т.н., доц.,
(ИГЭУ, г. Иваново)*

РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ ГЕЛИЕВОГО СОСУДА СВЕРХПРОВОДЯЩЕГО МАГНИТА

Сосуд представляет собой ёмкость, изготовленную из нержавеющей стали, узлы которой соединены сваркой. Основными узлами являются полуобечайка, торосферические днища, внутренняя труба, технологические патрубки и кронштейны крепления сосуда (рис. 1). Внутри гелиевого сосуда устанавливается сверхпроводящий магнит массой 6500 кг, охлаждаемый жидким гелием. В процессе эксплуатации магнита возможны ситуации с повышением давления в сосуде до 12 бар. Гелиевый сосуд должен выдерживать нагрузки от веса сверхпроводящего магнита, а также испытательного давления 15 бар [1].

Расчет на прочность гелиевого сосуда сверхпроводящего магнита является целью работы. В работе проводится построение конечно-элементной модели, приложение сил, действующих на магнит, вывод результатов расчета [2].

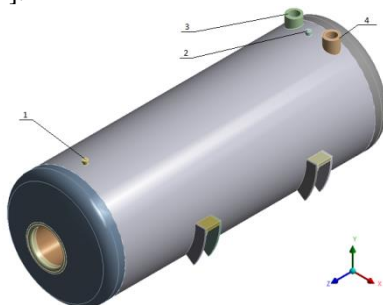


Рис. 1. Общий вид гелиевого сосуда: 1 – патрубок ввода гелия, 2 – патрубок вывода гелия, 3 – патрубок под токоввод №1, 4 – патрубок под токоввод №2

Конструкция выдерживает заданные нагрузки с коэффициентом запаса прочности 1,4.

Библиографический список

1. Сверхпроводящие магниты в ускорителях / Л.С. Ширшов– Препринт ИФВЭ 97-86. – Протвино, 1997. – 19 с.
2. Программный комплекс Ansys [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ansys.com>

*А.В. Сорокина, студ.; рук. Д.А. Пирогов, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МАТРИЦЫ КОМПОЗИТНОГО МАТЕРИАЛА

В настоящее время перспективным направлением при разработке композитных материалов (КМ) является использование в качестве основы объемного тканого материала из различного вида технических нитей, в том числе металлических [1]. Разработка КМ по такой технологии невозможна без исследования напряженно-деформированного состояния (НДС) объемной тканой структуры, отправной точкой в котором является определение механических характеристик материала нитей.

При формировании объемной ткани, особенно большой плотности, металлические нити испытывают изгиб и растяжение, при этом пластически деформируются [2]. В этой связи необходимо получить диаграмму поведения материала за пределами упругости с учетом пластического деформирования.

Имея диаграмму деформирования (σ - ε) в аналитической форме представляются возможными: разработка и решение математической модели взаимодействия нитей основы и утка в объемной тканой структуре и определение ее эффективных модулей упругости для дальнейшего исследования НДС КМ.

Также стоит отметить, что диаграмма (σ - ε) позволяет проводить исследования, как в аналитической форме, так и в различных программных комплексах, например в ANSYS Workbench, позволяющие моделировать физические процессы, происходящие в исследуемом объекте.

Таким образом, цель работы – постановка и проведение эксперимента по растяжению металлической нити с целью получения диаграммы (σ - ε) и представление ее аналитической зависимостью.

Библиографический список

1. **Маньшин, С.А.** Исследование напряженно - деформированного состояния жесткого стержня большой кривизны / С.А. Маньшин, Д.А. Пирогов // Тринадцатая международная научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Энергия-2018»: Материалы конференции Т. 4. – Иваново: ФГБОУ ВО "Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина", 2018. – С.124-125.
2. **Суров, В.А.** Динамика упругих систем батанных механизмов металлоткацких станков/В.А. Суров, А.А. Тувин. -Иваново: ИГТА, 2004. -188 с.

*М.Д.Кузьмичева, студ.; рук. М.А.Ноздрин, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ПРЕЕМСТВЕННОСТЬ МЕТОДИКИ ПРЕПОДАВАНИЯ МЕХАНИКИ (К СТОЛЕТИЮ КАФЕДРЫ МЕХАНИКИ)

"Механика" – комплексная дисциплина, включающая теоретическую механику, сопротивление материалов, детали машин и и др.

Профессор Московского университета А.И. Некрасов организовал в нашем вузе кафедру теоретической механики в 1918 году. В 1920 г. в вузе впервые прочитан курс «Сопротивление материалов» профессором В.И. Рудневым. Курс «Детали машин» в 1922 г. прочитан Д.А. Заводчиковым, одним из основателей кафедры "Детали машин и прикладная механика".

Успешная деятельность кафедры теоретической и прикладной механики (Т и ПМ) привела к открытию в 1992 г. специальности "Механика" со специализацией по технической диагностике машин [1].

В наше время выпускники кафедры ТиПМ профессионально владеют передовыми средствами компьютерного проектирования и анализа конструкций. В 2013 году развернута специализированная учебно-исследовательская лаборатория компьютерного и физического моделирования. Студенты имеют возможность осваивать расчетные комплексы ADAMS, ANSYS, SOLID WORKS, ABAQUS и другие, без которых невозможно представить работу инженера-конструктора. Огромным плюсом в преподавании считается то, что высшее образование тесно связывается с практической деятельностью. Студенты направляются на практику на производства, где знакомятся с будущим возможным рабочим местом. Эффективность этого достоинства можно увидеть на примере контактов ИГЭУ и резидента Особой экономической зоны технико-внедренческого типа "Дубна" (ОЭЗ ТВТ) ООО "Прогрестех-Дубна" (г. Дубна Московской области). Темы выпускных работ студентов часто формируются при прохождении практики и привязаны к реальным объектам [2].

Библиографический список

1. **Ноздрин М.А.** Введение в специальность "Механика"/ М.А. Ноздрин, А.Б. Колобов, Л.Б. Маслов, А.И. Муницын // Иваново: ИГЭУ, 2003. - 52 с.
2. **Маслов, Л.Б.** Подготовка студентов по "Механике и математическому моделированию" в энергетическом университете / Л.Б. Маслов, М.А. Ноздрин // Проблемы модернизации инженерного образования в России. Сборник научных статей по проблемам высшей школы. Новочеркасск: ЮРГПУ (НПИ), 2014. – С. 101-106.

*А. Ю. Дмитриук, студ.; рук. М. А. Ноздрин, к.т.н. доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМАТИКИ НАУЧНЫХ РАБОТ ПО МЕХАНИКЕ (К СТОЛЕТИЮ КАФЕДРЫ)

Год 2018 – юбилейный для Ивановского государственного энергетического университета (ИГЭУ): 100 лет назад учреждён Иваново-Вознесенский политехнический институт (ИВПИ), на базе которого впоследствии создан энергетический институт (ИЭИ), а затем университет.

Кафедра теоретической механики была организована в 1918 году выдающимся русским ученым проф. А. И. Некрасовым (1921-1922гг ректор ИВПИ). Под его руководством начала активно развиваться научная деятельность.

Можно выделить некоторые исторические вехи:

- 1920-е г. – проведение прикладных работ в области механики для текстильной и строительной отраслей экономики;
- 1933 г. – заведующим кафедрой сопротивления материалов утверждён Б. В. Лопатин – автор конструкции купола цирка в Иваново, Театрального (Банного) моста и др.;
- 1970 г. – первый заключенный хозяйственный договор с Костромской ГРЭС на тему «Вибродиагностика и виброзащита четырех энергоблоков и фундаментов блоков 300 МВт»;
- 1975 г. – проф. С. С. Кораблёв возглавляет кафедру теоретической и прикладной механики (ТиПМ), объединившую кафедры теоретической механики, сопротивления материалов и деталей машин;
- 1987 г. – открытие проблемной научно-исследовательской лаборатории (ПНИЛ) «Вибродиагностика и виброзащита машин»;
- 1995 г. – открытие межвузовской научно-исследовательской лаборатории (МНИЛ) «Биомеханика»;
- 2013 г. – первая защита кандидатской диссертации выпускником кафедры Борисом Шептуновым (научный руководитель доц. М.А. Ноздрин).

В настоящее время заведующим кафедрой ТиПМ является д.ф.-м.н. Л.Б. Маслов. На кафедре активно развиваются научные направления: компьютерный инжиниринг, математическое моделирование мультифизических систем, динамические измерения и испытания, исследование материалов со свойством памяти формы, трибология [1, 2].

Библиографический список

1. Энергия создателей/ Новая ивановская газета. – Иваново, 2005. 280 с.
2. **Ноздрин, М.А.** Преемственность традиций кафедры/ М.А.Ноздрин, В.И.Шапин// Традиции русской инженерной школы: вчера, сегодня, завтра: сб.научн.ст. по проблемам высшей школы/ Южно-Российский гос. политех. ун-т (НПИ) имени М.И. Платова.- Новочеркасск: ЮРГПУ (НПИ), 2015. – С. 155-159.

П.В. Королёв, маг.; рук. Л.Б. Маслов, д.ф.-м.н., доц. М.А. Шилов, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)

ПАРАМЕТРИЗАЦИЯ МОДЕЛИ АВТОМОБИЛЬНОЙ ШИНЫ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ ABAQUS

От качества и рабочих параметров шины зависит управляемость автомобиля и безопасность движения. Автомобиль рассчитан под определенный диаметр колес и ширину протектора (рис. 1). Отклонение от типоразмеров больше, чем на 2-3 процента увеличивает расход бензина, а большая разница сделает опасной вождение [1,2]. В условиях появления новых материалов, следовательно роста числа различных марок шин, актуальна оптимизация процесса их проектирования.

В данной работе конечно-элементная модель автомобильной покрышки выполнена и исследована средствами программного комплекса Abaqus (универсальная программа общего назначения, предназначенная для проведения многоцелевого инженерного многодисциплинарного прочностного анализа поведения сложных конструкций) [3].

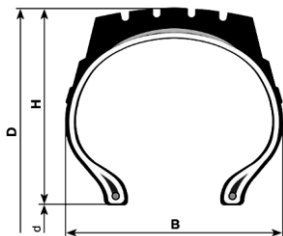


Рис. 1. Основные размеры шины:

- D – наружный диаметр шины;
- H – высота профиля шины;
- B – ширина профиля шины;
- d – посадочный диаметр обода колеса (шины)

В ходе работы создана параметрическая модель автомобильной радиальной шины, исследованы закономерности влияния геометрии шины на её эксплуатационные свойства с применением методов конечно-элементного моделирования. Сделаны выводы о целесообразности применения различных способов создания моделей пневматической шины. Приведены рекомендации по оптимизации численного эксперимента.

Библиографический список

1. Запорожцев, А.В. Влияние износа шин автомобилей на основные характеристики. -М., 1972. - №2. - С. 27-29.
2. Медведицков, С.И. Влияние срока службы и износа протектора на коэффициент сопротивления боковому уводу шин / С.И. Медведицков, В.Н. Задворнов // Автомобильная промышленность. - М., 2013. - №8. - С. 20-22.
3. Маслов, Л.Б. Моделирование динамики шины методом конечных элементов // Л.Б. Маслов, М.А. Шилов, П.В. Королёв. - Автоматизированное проектирование в машиностроении, 2017. - № 5. – С. 58-61.

А. М. Полякова, студ.;
рук. Е.В. Зарубина, к.т.н., доц.; Т.В. Шмелева, к.т.н., доц.
(ИПСА ГПС МЧС, г. Иваново)
(ИГЭУ, г. Иваново)

РАСЧЕТ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМЫ ВНУТРЕННЕГО ПРОТИВОПОЖАРНОГО ВОДОПРОВОДА

Надежная работа систем внутреннего противопожарного водоснабжения является важным условием бесперебойного водообеспечения от внутренних пожарных кранов, а если система объединенная, то и от систем пожаротушения и снижения ущербов от пожаров. Надежность системы водоснабжения характеризуется сохранением непрерывного состояния работоспособности в определенных условиях водообеспечения потребителей, ремонтпригодностью - приспособленностью системы водоснабжения к предупреждению, обнаружению и устранению неисправностей и отказов; долговечностью — продолжительностью сохранения состояния работоспособности с возможными перерывами на ремонт. В качестве рассматриваемого примера выбрали схему 5-этажного общежития (рис. 1), питание внутреннего противопожарного водопровода которого происходит от городской магистрали. Внутренний водопровод соединен с магистралью заглубленным трубопроводом. Расположение пожарных кранов происходит в лестничных клетках на каждом этаже. Пожарные краны снабжены непрорезиненными пожарными рукавами (длина каждого 20 м, диаметр – 51 мм, ствол РС-50).

Оценка гидравлических сопротивлений этих сетей проводится согласно [1].

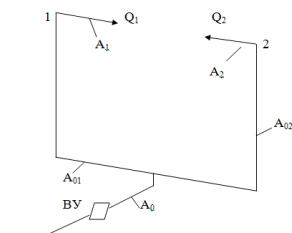


Рис. 1. Подача воды для тушения пожара в центральной части пятого этажа

Самым сложным сценарием пожара является пожар в центральной части пятого этажа.

Для тушения данного пожара необходимо задействовать пожарные краны одного стояка на пятом и четвертом этажах (рис. 2).

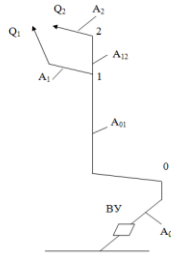


Рис. 2. Подача воды на тушение пожара в левом крыле на пятом этаже здания:
 ВУ – водомерный узел; 1,2 – номера отводов (пожарных кранов); Q_1, Q_2 – расходы жидкости из отводов; A_0, A_1, A_2 – коэффициенты сопротивления отводов; A_{01}, A_{12} – коэффициенты сопротивления участков между отводами

Для решения алгебраических уравнений и вычисления условных расходов (x, y, z) использовали специализированную компьютерную программу в системе Wolfram Mathematica. Для ввода исходных данных в системе используется собственный язык Wolfram Language.

При $A_{02} = 6,209 \times 10^9 \text{ кг/м}^7$ и $pgh = 1,5 \times 10^5 \text{ Па}$, были определены следующие значения:

$$Q_1 = 2,591 \times 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с} = 2,59 \text{ л/с};$$

$$Q_2 = 2,590 \times 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с} = 2,59 \text{ л/с}.$$

Таким образом, закольцовка стояков обеспечивает нормативный расход воды при тушении пожара в торцевой части пятого этаже здания и надежность системы внутреннего водоснабжения.

Библиографический список

1. ГОСТ Р 53325-2012 Техника пожарная. Технические средства пожарной автоматики. Общие технические требования и методы испытаний (с Изменением N 1).
2. СП 10.13130.2009. Свод правил. Системы противопожарной защиты. Внутренний противопожарный водопровод. Требования пожарной безопасности.

СЕКЦИЯ 25
МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ
В ТЕХНИКЕ И ТЕХНОЛОГИЯХ

Председатель –
д.т.н., профессор **Мизонов В. Е.**

Секретарь –
к.т.н., доцент **Митрофанов А. В.**

*И.В. Новиков, студ.; Р.М. Тимаев; рук. В.Е. Мизонов, д.т.н., проф.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

О ДВИЖЕНИИ ЗАРЯДА ОКОЛО БЕСКОНЕЧНОГО ПРОВОДНИКА С ТОКОМ

Рассматривается задача о движении точечного заряда известной массы в неоднородном магнитном поле, созданном уединенным бесконечным проводником с током. Считается, что на заряд действует только сила

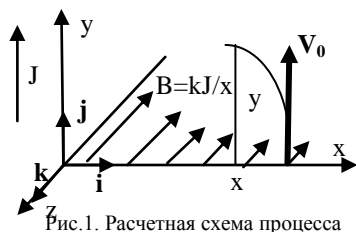


Рис. 1. Расчетная схема процесса

Лоренца, всегда перпендикулярная вектору скорости. В начальном состоянии заряд помещен на некотором расстоянии от проводника и ему сообщена начальная скорость в плоскости проводника и начальной точки. Расчетная схема процесса показана на рис.1.

Непосредственно из уравнений движения следует, что величина скорости остается постоянной во все время движения. Однако, ее проекции меняются, что и определяет форму траектории. Система дифференциальных уравнений движения заряда решалась численно методом Рунге-Кутты. Пример траектории заряда показан на рис.2. Она представляет собой петлеобразную кривую, повторяющуюся через

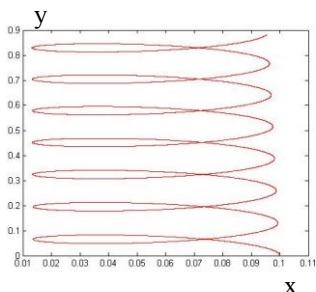


Рис.2. Пример траектории заряда

определенный промежуток времени – период кривой. Численные эксперименты с моделью позволили выявить следующие закономерности движения заряда вдоль подобных траекторий. Период кривой не зависит от проекций начальной скорости при ее одинаковой величине. Увеличение тока приводит к уменьшению периода и смещению вертикальных границ кривой от проводника. Скорость дрейфа заряда (средняя скорость

движения по оси y) в ростом тока уменьшается, но не зависит от проекций начальной скорости при ее одинаковой величине.

*К.И.Бурлаков, студ.; рук. А.В. Огурцов, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ТЕХНОЛОГИЯ ГРАНУЛИРОВАНИЯ В КИПАЮЩЕМ СЛОЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА УДОБРЕНИЙ

Технология гранулирования в кипящем (флюидизированном) слое была разработана в середине 70-х годов компанией NSM Sluiskil – крупной компанией-производителем азотных удобрений, которая с 50-х годов занимается производством карбамида в Слуйскиле (Нидерланды). После интенсивной исследовательской работы в лабораторных условиях и тестирования на пилотной установке, процесс был успешно внедрен в промышленном масштабе в Слуйскиле в 1979 году. HFT/YFT, специализированная компания-лицензиар, зарегистрированная в г. Слуйскиле, в 1980 г. начала лицензировать технологию производителям удобрений во всем мире. Технология гранулирования в кипящем слое стала лидирующей; на ее основе построено свыше 55 однолинейных референцстановок с мощностями от 500 до 3 600 т/сутки.

Сырье, обычно 97%-ный раствор карбамида, подается в распылительные головки, которые тонко распыляют его вверх, в слой подвижных частиц с помощью воздуха. Флюидизирующий воздух, создаваемый вентилятором, расположенным под перфорированной пластиной, течет через слой продукта, создавая при этом кипящий слой, и выводится через верх гранулятора. При регулируемой скорости гранулированный карбамид течет из гранулятора в охладитель кипящего слоя. После охлаждения гранулы ковшовым элеватором подаются в отделение просеивания. Мелкая фракция напрямую возвращается в гранулятор, в то время как крупнозернистый материал дробится перед попаданием в гранулятор в качестве частиц затравки. Охлаждение карбамида до постоянной, достаточно низкой для хранения температуры, является ключевым условием предотвращения спекания.

В процессе гранулирования укрупнение частиц осуществляется за счет приращения, т. е. затвердевания мельчайших капель на частицах затравки. Таким образом, получают очень твердые гранулы, более качественные, чем гранулы, произведенные путем насаивания или агломерации. Следовательно, гранулятор является ключевым элементом любой установки гранулирования.

Разработка и построение пилотных установок, где можно провести экспериментальные испытания является актуальной задачей, позволяющей внедрять результаты научно-исследовательской работы в установки промышленного масштаба.

*А.В. Плаксин, студ.; рук. А.В. Митрофанов, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ФЕНОМЕНОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОБЕЗВОЖИВАНИЯ КОЛЛОИДНОГО ТЕЛА

Построение детерминированных моделей сушки частиц проблематично из-за математических трудностей решения уравнения диффузии (второго закона Фика). Аналитические и численно-аналитические решения могут быть получены для достаточно простых случаев, не имеющих практической ценности.

Настоящее исследование направлено на отыскание регрессионного уравнения, форма которого до известной степени повторяет известное численно-аналитическое решение. С этой целью искомому регрессионному уравнению придан вид общего члена ряда - решения уравнения диффузии (интеграл в виде сходящегося ряда). С математических позиций такой шаг не корректен, однако, при постановке задачи корреляционно-регрессионного анализа он выглядит оправданным, так как существенно облегчает работу с уравнением. Погрешности при таком подходе минимизируются за счет подбора с использованием метода наименьших квадратов параметров уравнения регрессии (зависимости коэффициента диффузии влаги D от температуры T). Рис. 1 иллюстрирует получение такой зависимости на основе обработки собственных экспериментов по сушке модельного сыпучего материала (цилиндриков картофеля 5 мм высотой и 4 мм диаметром).

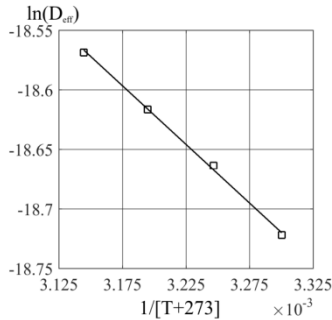


Рис. 1. К выводу регрессионной зависимости (точки - эксперимент)

Полученная зависимость (линия на рис. 1) имеет вид:

$$D=1,91 \cdot 10^{-7} \cdot \exp(-8,18/[R \cdot (T+273)]), \quad (1)$$

*Р.М. Тимаев, студ.; И.В. Новиков, студ.; рук. В.Е. Мизонов, д.т.н., проф.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ДВИЖЕНИЕ ЧАСТИЦЫ В ВОСХОДЯЩЕМ ПОТОКЕ ГАЗА

Рассматривается задача о движении одиночной частицы массой m в восходящем потоке газа, движущегося со скоростью w . Считается, что взаимодействие частицы с газом определяется силой линейного сопротивления с коэффициентом сопротивления k . Начальное состояние частицы задано условиями $v(0)=v_0$, $x(0)=x_0$. Дифференциальное уравнение для скорости частицы имеет вид

$$m \frac{dv}{dt} = -g + k(w - v), \text{ где может быть рассчитано по формуле } k = \frac{mg}{v_s}, \text{ в}$$

которой v_s – скорость витания частицы. После ряда преобразований получим

$$\frac{dv}{dt} = -\frac{g}{v_s} - g \left(1 - \frac{w}{v_s}\right), \quad (1) \quad \frac{dx}{dt} = v. \quad (2)$$

Решение системы дифференциальных уравнений (1), (2) имеет вид

$$v = v_s \left(\frac{w}{v_s} - 1 \right) \left(1 - e^{-\frac{g}{v_s} t} \right) + v_0 e^{-\frac{g}{v_s} t}, \quad (3)$$

$$x = x_0 + v_s \left(\frac{w}{v_s} - 1 \right) \left(t + \frac{v_s}{g} (1 - e^{-\frac{g}{v_s} t}) \right) + v_0 \frac{v_s}{g} (1 - e^{-\frac{g}{v_s} t}), \quad (4)$$

что позволяет прогнозировать движение частицы в потоке газа.

На рис.1 показан пример расчета характеристик движения частицы при различных начальных скоростях для $w=1$ м/с и $v_s=0,7$ м/с.

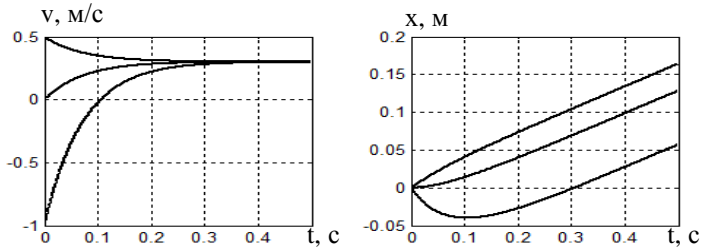


Рис.1. Влияние начальной скорости на движение частицы

Развитием работы является учет изменения скорости витания в процессе движения, благодаря, например, химической реакции.

*Д.А.Осипов, асп.; рук. В.П. Жуков, д.т.н, проф.;
А.Н. Беляков, д.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

МОДЕЛИРОВАНИЕ КЛАССИФИКАЦИИ СМЕСИ РАЗНОРОДНЫХ КОМПОНЕНТОВ В ЗАМКНУТОМ ЦИКЛЕ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ

В технологических процессах измельчению часто подвергаются не отдельные компоненты, а смесь разнородных компонентов, которые в силу технологической необходимости целесообразно разделить [1]. На тепловых электрических станциях примером такой технологической необходимости является измельчение угля, содержащего включения серного колчедана, попадание которого в энергетические котлы приводит сернокислой коррозии газо-воздушного тракта котла и к загрязнению окружающей среды окислами серы.

Целью исследования является моделирование процесса классификации и измельчения разнопрочных компонентов в замкнутом цикле для определения эффективных технологий их разделения.

Для описания процесса измельчения использована математическая модель, построенная на основе дискретных моделей уравнения Больцмана [1].

Для исследования процесса классификации смеси компонентов, частицы которых отличаются по крупности и плотности использована математическая модель классификации в виде кривой разделения или кривой Тромпа, которые представлены в виде зависимости вероятности попадания частицы в мелкий продукт от размера этой частицы [2].

Для описания процессов в замкнутом цикле измельчения предлагается на основе синтеза моделей измельчения и классификации использовать вероятности переходов и адресацию этих переходов между соответствующими ячейками расчетного пространства [1].

Разработанная математическая модель замкнутого цикла положена в основу расчетного анализа эффективности разделения компонентов в технологических установках со струйной мельницей кипящего слоя.

Библиографический список

1. Жуков В.П., Осипов Д.А., Otwinowski H., Urbaniak D. Расчетно-экспериментальные исследования измельчения смеси разнопрочных компонентов. Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2017. Т. 60. Вып. 6. С. 109-115.
2. Мизонов В.Е., Ушаков С.Г., Барочкин Е.В. Аэродинамическая классификация порошков. ПресСто, ИГЭУ. 2014.

*Э.С. Варенцова, студ., А.М. Фатахетдинов, асп.; рук. В.А. Огурцов,
д.т.н., проф.
(ИВГПУ, Г. ИВАНОВО)*

ВЛИЯНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ВИБРООЖИЖЕННОГО СЛОЯ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ПРО- ЦЕССА ГРОХОЧЕНИЯ

При проектировании аппаратов для фракционирования зернистых сред, например, грохотов для сортировки угля на тепловых электростанциях, необходимо знать состояние слоя материала при наложении вибрационного воздействия. Многие из авторов считают, что процесс фракционирования сыпучей среды на вибрирующем сите можно моделировать движением одиночной частицы [1]. При этом погрешность между теоретическими и экспериментальными результатами может составить более 30 %. Это не удовлетворяет технологов предприятий, определяющих основные характеристики процесса: эффективность рассева и производительность вибрационного грохота. Поэтому актуальна разработка моделей, построенных на описании движения ансамбля частиц на вибрирующем сите, учитывающих взаимодействие частиц друг с другом и с просеивающей поверхностью.

При моделировании движения многокомпонентной механической системы, представляющей собой совокупность конечного числа частиц, применяется метод дискретных элементов с использованием пакетов программ DEM simulation, DEM Solution, Autodesk 3ds Max и др. Метод предусматривает численное интегрирование уравнений движения частиц, требующее значительных машинных ресурсов при оперировании ансамблями частиц промышленных объемов. Анализ влияния изменений параметров колебаний грохота на показатели процесса фракционирования становится проблематичным.

В нашей работе применяется одномерная версия метода дискретных элементов, учитывающая изменение скоростей частиц при ударе друг о друга, требующая разумных затрат машинного времени. Такая модель позволяет исследовать влияние амплитуд и частот колебаний просеивающей поверхности, коэффициента восстановления скорости при ударе частиц на порозность материала. Производительность грохота и эффективность фракционирования зависит высоты слоя сыпучего материала на сите грохота. Если считать сыпучую среду поршневым потоком и не учитывать порозность слоя, то при расчете высоты слоя материала, подаваемого на грохот, получим завышенный результат. При расчете производительности грохота, когда качество продуктов рассева заданная величина, необходимо учесть вибрационное расширение слоя сыпучего материала и уменьшить расчетную высоту виброожиженного слоя в 1,9 – 2,3 раза.

Библиографический список

1. Мизонов В.Е., Огурцов В.А. и др. Процессы сепарации частей в виброожиженном слое: моделирование, оптимизация, расчет // ГОУ ВПО «Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина», «Ивановский государственный архитектурно-строительный университет». - Иваново, 2010. – 192 с.

*К.А. Касаткин магистр.; рук. В.П. Жуков, д.т.н., проф.,
А.Е. Барочкин, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

МАТРИЧНАЯ ФОРМАЛИЗАЦИЯ РАСЧЕТА МНОГОПОТОЧНОГО ТЕПЛООБМЕННОГО АППАРАТА

Известна матричная модель многоступенчатых двухпоточных систем теплообменных аппаратов, каждая ступень которой представляется в виде четырехполюсника с двумя входными и двумя выходными потоками [1]. Однако на практике в теплообменные аппараты помимо двух основных потоков холодного и горячего теплоносителей часто направляются дополнительные потоки, обусловленные продувкой, дренированием или аварийными режимами работы системы. Подача перечисленных потоков теплоносителей может производиться в разные точки теплообменного аппарата, и, соответственно, может оказывать различное влияние на эффективность исследуемых процессов. Для анализа тепловой эффективности таких систем предлагается матричный подход к формализации их расчета.

На основании уравнений балансов массы и энергии разработана модель многопоточного теплообменного аппарата в виде системы дифференциальных уравнений [2]. Новизна предлагаемого исследования обусловливается приведением решения данной системы дифференциальных уравнений к матричному виду, который позволяет по формальным правилам рассчитывать сложные теплообменные системы с произвольной конфигурацией потоков. В матричном виде полученное решение системы записывается следующим образом:

$$\mathbf{T} = \mathbf{B} \times \mathbf{T}_0 \quad (1)$$

где \mathbf{T} – матрица искомых температур; \mathbf{T}_0 – матрица исходных температур; $\mathbf{B} = \{b_{ij}\}$, $(i, j = \overline{1, n})$ – матрица известных коэффициентов, значения которых находятся через теплоемкость и расход теплоносителей и коэффициенты теплопередачи, n – число потоков теплоносителей. Пример решения задачи для трехпоточных ($n=3$) теплообменных аппаратов представлен в докладе в матричном виде (1) для случая отсутствия фазовых переходов в теплоносителях. Полученные результаты могут быть использованы для повышения степени обоснованности расчета систем многопоточных тепломассообменных аппаратов.

Библиографический список

1. Жуков В.П., Барочкин Е.В. Системный анализ энергетических тепломассообменных установок. – Иваново: ИГЭУ, 2009. – 176 с.

2. Барочкин А.Е., Жуков В.П. Моделирование и расчет многопоточных теплообменных аппаратов // Вестник ИГЭУ. – 2017. – №. 3. – С. 70-75.

*К.Н.Бубнов, М.А. Саландин, маг.; рук. В.П. Жуков, д.т.н., проф.
А.Е. Барочкин, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

МАТРИЧНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВОЙ СХЕМЫ ТЭС

На данный момент в рамках матричной формализации разработаны модели для расчета практически всего оборудования тепловой электрической станции (ТЭС), кроме турбоустановки – собственно турбоагрегата и системы регенеративного подогрева питательной воды. Разработка математической модели турбоустановки позволит создать замкнутое математическое описание всей тепловой схемы ТЭС, что, в свою очередь, обеспечит возможность более обоснованного определения энергетических характеристик оборудования, создания компьютерных тренажеров, средств диагностики работоспособности энергетического оборудования и программных средств оптимизации режимов технологических систем и подсистем ТЭС.

Разработка математического описания многопоточной энергомассообменной системы рассматривается на примере турбоустановки с конденсацией пара и двумя регулируемым отборами – производственным и теплофикационным. Для разработки модели на основе принципиальной тепловой схемы строится расчетная схема, с выделением подсистем основных потоков с указанием связей между этими подсистемами. При разработке данной модели сделаны следующие упрощения и допущения: система регенеративного подогрева питательной воды включает один смешивающий подогреватель; один котел снабжает паром одну турбоустановку; котел представляет собой рекуперативный теплообменник, в котором вода нагревается, испаряется, а пар перегревается. Для демонстрации прогностических возможностей модели получены результаты расчета, выполненного применительно к турбине ПТ-65/75-130/13 в виде энергетических характеристик турбоустановки для разных значений производственной и теплофикационной нагрузок и вырабатываемой электрической мощности. Расчетный анализ выполнен с использованием двух моделей турбоустановки, одна из которых использует два, а вторая четыре параметра идентификации уравнения КПД для каждого цилиндра турбины.

Результаты анализа позволили определить погрешность каждой модели и области их применения для построения энергетических систем.

*К.А. Вилл, маг.; рук. В.П. Жуков, д.т.н, проф.;
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМА ПЕРЕМЕШИВАНИЯ КОМПОНЕНТОВ НА КАЧЕСТВО БИСКВИТА

Характеристики процесса перемешивания пищевых компонентов существенно образом влияют на качество готовой продукции. В предлагаемой работе сделана попытка выявления зависимости качества готового продукта от режима перемешивания компонентов теста, используемого для выпекания бисквитов. Для оценки качества полученной смеси использовался интегральный показатель: высота бисквита после его выпекания. Дополнительно учитывался также внешний вид бисквита: отсутствия разрывов и кратеров на внешней поверхности. Наличие указанных дефектов внешнего вида бисквита считалось браком, а данный опыт признавался неудачным. В качестве варьируемых параметров, характеризующих процесс перемешивания, рассматривались скорость вращения ротора смесителя и время перемешивания. Рецепттура и состав компонентов теста, температурный режим и продолжительность выпекания во всех опытах поддерживались постоянными. Всего было проведено девять опытов по исследованию качества смеси, полученной при трех продолжительностях перемешивания и при трех скоростях вращения ротора смесителя. После выпекания и разрезания бисквита в вертикальной плоскости по диаметру формы производились замеры его высоты. Дополнительно контролировался внешний вид поверхности бисквита на предмет разрыва верхней корки при выпекании. Проведенные исследования показали, что зависимость качества готового продукта от продолжительности перемешивания и скорости вращения ротора смесителя является нелинейной. Так с увеличением времени перемешивания и скорости вращения качество бисквита сначала повышается, а потом начинает снижаться. Повышение качества контролировалось по высоте бисквита, а снижение качества определялось образованием неровностей и кратеров на его поверхности. Очевидно, что продолжительное и интенсивное перемешивание приводит к образованию теста с очень мелкими фрагментами и с развитой межфазной поверхностью, что, свою очередь, обуславливает интенсификацию тепломассообменных процессов при выпекании бисквита и ухудшение его внешнего вида. С точки зрения сформированного критерия качества с учетом правильности формы поверхности бисквита определен оптимальный технологический режим.

И.А. Кравале, маг.; рук. В.П. Жуков, д.т.н., проф.
(ИГЭУ, г. Иваново)

КОМПЬЮТЕРНЫЙ ТРЕНАЖЕР СМЕШИВАЮЩЕГО ПОДОГРЕВАТЕЛЯ

Обеспечение потребителя необходимым количеством горячей воды с заданным температурным графиком ее потребления является актуальной задачей для большинства теплоснабжающих организаций. Для успешного решения данной задачи для обучения операторов теплоснабжающих организаций разработан игровой компьютерный тренажер. В самом простом виде конструкция смешивающего подогревателя представляется в виде бака с трубами подачи горячей воды, подачи холодной воды и сливной трубой. Все трубы снабжены запорной арматурой. Оператору, при помощи этих регуляторов, необходимо обеспечить требуемый расход воды с заданной температурой.

Компьютерный тренажер разработан на языке программирования Visual Basic. Интерфейс программы представлен на рис. 1.

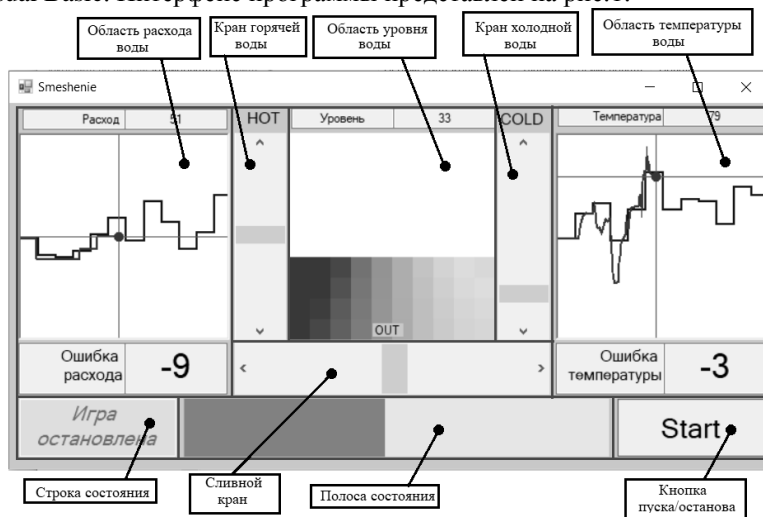


Рис.1. Интерфейс виртуального тренажера

Один сеанс игры продолжается 3 минуты, при этом пользователю необходимо, регулируя краны горячей, холодной воды и сливной кран, как можно более точно обеспечить графики заданного расхода воды и ее температуры. Все допущенные оператором ошибки контролируются и выводятся на экран.

*Б.Е. Нармания, студ., А.Н. Логинова, магистр.;
рук. А.П. Алешина, к.т.н., доц.
(ИВГПУ, г. Иваново)*

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТОХАСТИЧЕСКИХ КОЭФФИЦИЕНТОВ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ВИБРОСЕПАРАЦИИ

Основой определения стохастических параметров модели, построенной с использованием математического аппарата теории цепей Маркова, является кинетика процесса вибросепарации. Опытные данные для построения кривых извлечения частиц мелких фракций в подситовое пространство в зависимости от времени рассева, можно получить из экспериментальных исследований фракционирования сыпучей смеси.

Методика определения стохастических коэффициентов для моделирования процесса вибросепарации заключается в следующем [1]. Проводятся тестовые опыты по грохочению сыпучей смеси на лабораторной установке периодического действия. Сыпучий материал, сито установки, амплитуда и частота его колебания соответствуют реальным условиям промышленного грохочения. В математической модели материал на сите грохота представляем цепью ячеек. Распределение частиц проходовой фракции по слою задаем вектором состояния, который определяет содержание частиц проходовой фракции в каждой ячейке цепи. Это вектор преобразуется матрицей переходных вероятностей, которая моделирует вибровоздействие грохота на слой материала. Можно определить выход частиц из последней ячейки в подрешетный продукт на каждом временном переходе и таким образом рассчитать кинетику грохочения.

Идентифицируя расчетные и экспериментальные данные степени извлечения частиц в подситовое пространство в различные моменты времени, можно определить стохастические коэффициенты процесса грохочения.

Методика определения стохастических коэффициентов опробована при построении кинетики промышленного грохочения песчано-гравийной смеси.

Библиографический список

1. Алешина, А.П. Нелинейная ячеечная модель кинетики вибрационного грохочения /А.П. Алешина, И.А. Балагуров, В.Е. Мизонов, В.А. Огурцов // Изв. ВУЗов. Химия и химическая технология. – 2014. – Т. 57. – Вып. 12. – С.81-84.

Содержание

Секция 20. Анализ и синтез систем электроприводов

<i>Алексеев А.А.; рук. Куленко М.С.</i> Разработка инструмента для построения частотных характеристик электропривода по экспериментальным данным	5
<i>Батанов Ю.С.; рук. Лебедев С.К.</i> Исследование алгоритмов формирования задания при позиционировании.....	6
<i>Буцкий А.А., Золотов В.П.; рук. Ширяев А.Н.</i> Электропривод циркуляционного насоса атомной станции;.....	7
<i>Веретенникова М.П.; рук. Лебедев С.К.</i> Применение полиномов Бесселя в электромехатронных модулях позиционирования.	8
<i>Воронов А.В.; рук. Лебедев С.К.</i> Разработка и исследование систем позиционирования в mathcad;	9
<i>Гурьянов М.А. , Чапурин В.А.; рук. Колганов А.Р.</i> Аппаратно-программный комплекс выполнения учебно-исследовательских работ по профилю «электропривод и автоматика».....	10
<i>Ермаков К.К.; рук. Вилков П.В.</i> Исследование системы управления электропривода ткацкого станка.....	11
<i>Жуков П.Р.; рук. Лебедев С.К.</i> Исследование электромехатронного модуля с пид-регулятором	12
<i>Клоков А.О.; рук. Ширяев А.Н.</i> Модернизация электропривода разрывной машины.....	13
<i>Корнилов М.А.; рук. Захаров М.А.</i> Система автоматического управления сушильными конвективными камерами пиломатериала.....	14
<i>Кулагин Д.С.; рук. Лебедев С.К.</i> Использование в синтезе электромехатронных модулей оптимизации response optimization (simulink matlab)	15
<i>Лунина Е.В.; рук. Лебедев С.К.</i> Исследование электромехатронного модуля с пд-регулятором	16
<i>Пыхов Д.В.; рук. Ширяев А.Н.</i> Электропривод разрывной машины	17
<i>Сергунин Н.А.; рук. Захаров А.М., Захаров М.А.</i> Автоматизация системы вентиляции воздуха	18
<i>Синяков Д.А.; рук. Захаров А.М., Захаров М.А.</i> Система автоотскока квадрокоптера.....	19
<i>Смирнов К.С.; рук. Соломаничев М.А.</i> Способ стабилизации плот-	

ности намотки гибких материалов в системе взаимосвязанного электропривода..... 20

Секция 21. Электромеханика и магнитожидкостные устройства

<i>Дрязгов Д. Е.; рук. Тихонов А.И.</i> Моделирование динамических режимов однофазного трансформатора в elcut с использованием activefield	23
<i>Плаксин А.В.; рук. Тихонов А.И.</i> Динамические модели однофазного трансформатора;.....	24
<i>Власов П.П.; рук. Караулов В.Н.</i> Методика проектирования синхронного реактивного двигателя с TLA ротором	25
<i>Кравале И.А.; рук. Казаков Ю.Б.</i> Полевой анализ электромагнитных свойств обмоток частотно-регулируемых асинхронных двигателей.....	26
<i>Каржевин А.А.; рук. Тихонов А.И.</i> Разработка модели трехфазного трансформатора в SIMULINK SIMPOWERSYSTEMS	27
<i>Таланов И.С.; рук. Морозов Н.А.</i> Проблемы мониторинга состояния асинхронных двигателей	28
<i>Снаргов И.М.; рук. Палилов И.А.</i> Повышение энергоэффективности испытаний асинхронных машин методом взаимной нагрузки	29
<i>Егоров И.С.; рук. Морозов Н.А.</i> Структурирование магнитных жидких сред в поперечном магнитном поле	30
<i>Потапов Д.А.; рук. Страдомский Ю.И.</i> Расчёт производительности магнитожидкостного сепаратора	31
<i>Голубкина М.И.; рук. Морозов Н.А.</i> Коэффициент возврата и время рабочего цикла контакторов постоянного тока.....	32
<i>Смирнов В.М.; рук. Шишкин В.П.</i> Влияние конфигурации зубцовой зоны на характеристики однофазного асинхронного двигателя с пусковым сопротивлением	33
<i>Кадеров В. А., Здорова М.В., Широков А.А.; рук. Зечихин Б.С.</i> Система генерирования мощностью 500 ква для электрического самолета	34
<i>Менжинский А.Б., Колчин Е.В.; рук. Малашин А.Н.</i> Способы решения задачи согласования сил механической и электрической подсистем энергоустановки со свободнопоршневым двигателем на всем рабочем цикле.....	35

Секция 22. Микроэлектронные и микропроцессорные
информационно-управляющие системы

<i>Тихомирова А.Ю.; рук. Аполонский В.В.</i> Исследование робастных свойств дискретно-непрерывных систем автоматического управления.....	39
<i>Кудрявцев И. В. , Прытков И. С.; рук. Капустин С. А.</i> Функциональный генератор частоты для настройки УНЧ	40
<i>Luis Alberto Estrada Jimenez.</i> Dimensional synthesis of a 3RRR manipulator and simulation of its controlled dynamics	41
<i>Jiawen Li.</i> Temperature Control System based on Arduino Mega 2560.....	43
<i>Franck Sabatier.</i> Optimization and realization of an emission circuit for my high frequency ultrasound transducer	44
<i>Christian E. Mendoza Escobar.</i> Haptic control system with force feedback	45
<i>Акбердин Н.Г.; рук. Богданов А.Н.</i> Роботы для умного дома.....	46
<i>Лобач А.В.; рук. Матвеевко И.П.</i> Моделирование схем управления с микроконтроллерами AVR в среде Proteus	47
<i>Пелевин П.С., Лоскутов А.А., Вуколов В.Ю.; рук. Куликов А.Л.</i> Особенности цифровой обработки волновых составляющих переходного процесса при повреждениях ЛЭП.....	48
<i>Сафронов Н.А.; рук. Иванов В.Е.</i> Разработка силовой части электропривода для робототехнического шасси легкого класса.....	49
<i>Бондарева Н.В.; рук. Базаров А.А.</i> Система подогрева клиновых задвижек на магистральных трубопроводах	50
<i>Федорчатенко В.И.; рук. Шалухо А.В.</i> Вопросы применения твердооксидных топливных элементов для электроснабжения энергоудаленных потребителей	51
<i>Шрамко П.А.; Шумский Н.В.; рук. Соснина Е.Н.</i> К вопросу о концепции энергетического интернета	52
<i>Кузнецов Н.А.; рук. Терехов А.И.</i> Разработка микропроцессорной системы управления лифтом.....	53
<i>Шашин А.В.</i> Литий-ионные аккумуляторы.....	54
<i>Смирнова Е.П.</i> Свойства наноматериалов	55
<i>Сорокин П. А.; рук. Терехов А.И.</i> Разработка алгоритма управления и конструкции робота-манипулятора.....	56

Секция 23. Технология машиностроения

<i>Голяс А.А., Соловьева Е.В.; рук. Полетаев В.А.</i> Смазочно-охлаждающее технологическое средство для обработки металлов алмазным выглаживанием	59
<i>Капиталап А.Д.; рук. Копосов В.Н.</i> Определение количества оборудования с использование элементов теории массового обслуживания	60
<i>Трубехин В.Н.; рук. Покровский А.А.</i> Расчет основных параметров грузовой лебедки	61
<i>Мухин Ю.С.; рук. Полетаев В.А.</i> Расчет напряженно деформированного состояния металла детали при механической обработке.....	62
<i>Любимов А.О.; рук. Кропотова Н.А.</i> Техническое решение удаления выхлопных газов пожарно-спасательной части	63
<i>Базаркин С.В.; рук. Ведерникова И.И.</i> Производство сердечников металлоконструкционных накладок	64
<i>Круглов Д.В.; рук. Павлюкова Н.Л.</i> Преимущества и недостатки аддитивных технологий	65
<i>Ногтев Е.М.; рук. Полетаев В.А.</i> Модернизация конструкции поворотного стола	66
<i>Суслов Д.С.; рук. Кропотова Н.А.</i> Анализ показателей для выбора эффективного способа сушки пожарных рукавов башенной сушилки	67
<i>Евграфова К.И.; рук. Ведерникова И.И.</i> Оптимальное проектирование конструкций	68
<i>Сафронов Н.А. рук. Иванов В.Е.</i> Разработка силовой части электропривода для робототехнического шасси легкого класса	69
<i>Киреева Ю.А.; рук. Копосов В.Н.</i> Обоснование параметров изделий машиностроения на основе законов развития технических систем.....	70
<i>Архангельский К.А.; рук. Киселев В.В.</i> Оценка влияния низких температур на прочностные свойства сталей.....	71
<i>Палейкин М.А.; рук. Полетаев В.А.</i> Применение программы Autodesk 3DSMAX.....	72
<i>Жуков А.А.; рук. Ведерникова И.И.</i> Упрочнение рабочих поверхностей шпинделя.....	73
<i>Бурнашов А.С.; рук. Покровский А.А.</i> Повышение эффективности технического обслуживания пожарной техники	74
<i>Моржухин И.А., Агафонов К.С.; рук. Павлюкова Н.Л.</i> Обработка свободными абразивами сложнопрофильных деталей и инструментов.....	75
<i>Манин А.А.; рук. Киселев В.В.</i> Снижение износа деталей пожарной техники за счет улучшения трансмиссионных масел	76

<i>Войцеховская Д.В.; рук. Степанова Т.Ю.</i> Исследование реологических свойств пластичной смазки	77
<i>Колесникова А.Д.; рук. Ведерникова И.И.</i> Упрочнение зубьев зубчатых колес	78
<i>Феофанова Ю.В.; рук. Полетаев В. А.</i> Применение современных программ в 3D-проектировании	79
<i>Михалев И.Ю.; рук. Киселев В.В.</i> Разработка огнестойких покрытий металлоконструкций для защиты от пожаров.....	80
<i>Курицын С.А.; рук. Копосов В.Н.</i> Прогнозирование стоимости (цены) изделий машиностроения на ранних стадиях проектирования.....	81
<i>Филатов А.М.; рук. Полетаев В.А.</i> Способы смазывания зубчатой передачи	82
<i>Орлов Е.А.; рук. Покровский А.А.</i> Формы связи влаги с материалом напорных пожарных рукавов	83
<i>Ханов В.И.; рук. Полетаев В.А.</i> Способы упрочнения зубьев зубчатых колес	84
<i>Коровкин А.А.; рук. Ведерникова И.И.</i> Разработка технологии сварки труб.....	85
<i>Найденова Л.С.; рук. Полетаев В.А.</i> Применение программы SolidWorks при проектировании деталей.....	86
<i>Кононов И.А.; рук. Пучков П.В.</i> Коррозионное разрушение резьбовых соединений в водных растворах.....	87
<i>Чернов К.А.; рук. Полетаев В.А.</i> Применение программы T-FLEXCAD в 3D-проектировании.....	88
<i>Сошников А.Г.; рук. Ведерникова И.И.</i> Разработка системы подготовки обработки детали станка с ЧПУ.....	89
<i>Соловьева Е.В.; рук. Власов А.М., Полетаев В.А.</i> Влияние температуры на изменение моментов трения магнитожидкостных герметизаторов.....	90
<i>Кононов И.А. ; рук. Пучков П.В.</i> Разработка новой конструкции протяжки для обработки глубоких отверстий.....	91
<i>Шуваева В.В.; рук. Ведерникова И.И.</i> Механическая обработка деталей с нестабильным положением оси.....	92
<i>Шургин И.А.; рук. Полетаев В.А.</i> Анализ конструкций радиальных магнитных подшипников.....	93
<i>Кочетков Л.В.; рук. Кропотова Н.А.</i> Анализ механических движителей для использования в робототехнике.....	94

<i>Аладышкина К.О.; рук. Полетаев В.А.</i> Конструкции алмазных выглаживателей.....	95
<i>Леушин Е.Н.; рук. Кропотова Н.А.</i> Технологическое усовершенствование сбора нефтепродуктов с поверхности воды.....	96
<i>Ведерников А.С.; рук. Егоров С.А., Алешин Р.Р.</i> Оптимизация качества поверхности при шлифовании.....	97
<i>Тютюнников Ю.М.; рук. Павлюкова Н.Л.</i> Применение плазменно-механической обработки труднообрабатываемых материалов.....	98
<i>Закурин К.М.; рук. Власов А.М., Полетаев В.А.</i> Определение площади контакта шероховатой поверхности деталей с использованием программы 3DSMAX.....	99
<i>Киров А.Е.; рук. Павлюкова Н.Л.</i> Возможности программных средств при организации сварочного производства.....	100
<i>Колесникова А.Д.; рук. Крапостин А.А.</i> Вибрационное точение жаропрочных сплавов.....	101

Секция 24. Динамика и прочность сложных механических систем

<i>Бритова А.А.; рук. Ноздрин М.А.</i> Топологическая оптимизация элемента рамы квадрокоптера.....	105
<i>Губина А.А.; рук. Ноздрин М.А.</i> Прочностной расчет узла парашютной системы.....	106
<i>Казначеева А.В.; рук. Маслов Л.Б.</i> Построение модели элемента несущей конструкции самолёта AIRBUS A321.....	107
<i>Сорокина А.В.; рук. Маслов Л.Б.</i> Определение граничных условий элемента несущей конструкции самолета AIRBUS A321.....	108
<i>Киселева А.И.; рук. Маслов Л.Б.</i> Исследование потери устойчивости диагональной стойки самолёта AIRBUS A321.....	109
<i>Губина А.А.; рук. Ноздрин М.А.</i> Исследование вариантов постановки задач в термоупругости;.....	110
<i>Бакаев Д.А.; рук. Ноздрин М.А.</i> Исследование уравнения Лапласа в задачах механики сплошной среды.....	111
<i>Казначеева А.В.; рук. Шапин В.И.</i> Исследование напряжений в омегаобразном брусе.....	112
<i>Киселева А.И.; рук. Шапин В.И.</i> Исследование напряжений в составной оболочке.....	113
<i>Лебедев П.В.; рук. Шмелева Т.В.</i> Исследование напряженно-деформированного состояния ортеза сустава руки.....	114
<i>Маслова И.Л.; рук. Маслов Л.Б.</i> Компьютерное моделирование эндопротеза тазобедренного сустава при двухопорном стоянии.....	115
<i>Суркова П.В.; рук. Маслов Л.Б.</i> Прочностной расчет винтового со-	

единения тазобедренного сустава	116
<i>Дудин Р. Э.; рук. Огурцов Ф. Б.</i> Проектирование динамометра на базе тензорезисторного преобразователя	117
<i>Вербицкий В.О.; рук. Ноздрин М.А.</i> Исследование напряжений в элементе из материала с эффектом памяти формы	118
<i>Соловьев Д.О.; рук. Ноздрин М.А.</i> Проектное исследование машины пищевой промышленности.	119
<i>Бритова А.А.; рук. Ноздрин М.А.</i> Проведение лабораторных испытаний трубы	120
<i>Рыдзев Д.В.; рук. Шмелева Т.В.</i> Расчет металлической конструкции склада	121
<i>Варламов И.М.; рук. Шилов М.А.</i> Оценка эффективности снижения износа колес подвижного состава	122
<i>Соловьев Д.О.; рук. Ноздрин М.А.</i> Расчет на прочность вакуумного кожуха.....	123
<i>Старостина В.М.; рук. Ноздрин М.А.</i> Расчет на прочность гелиевого сосуда сверхпроводящего магнита	124
<i>Сорокина А.В.; рук. Пирогов Д.А.</i> Определение физико-механических свойств материала матрицы композитного материала	125
<i>Кузьмичева М.Д.; рук. Ноздрин М.А.</i> Преемственность методики преподавания механики (к столетию кафедры механики).....	126
<i>Дмитрюк А.Ю.; рук. Ноздрин М.А.</i> Исследование тематики научных работ по механике(к столетию кафедры механики)	127
<i>Королёв П.В.; рук. Маслов Л.Б., Шилов М.А.</i> Параметризация модели автомобильной шины в программном комплексе Abaqus.....	128
<i>Полякова А.М.; рук. Зарубина Е.В., Шмелева Т.В.</i> Расчет надежности системы внутреннего противопожарного водопровода	129

Секция 25. Математические методы в технике и технологиях

<i>Новиков И.В., Тимаев Р.М.; рук. Мизонов В.Е.</i> О движении заряда около бесконечного проводника с током	133
<i>Бурлаков К.И.; рук. Огурцов А.В.</i> Технология гранулирования в кипящем слое для производства удобрений	134
<i>Плаксин А.В.; рук. Митрофанов А.В.</i> Феноменологическая модель обезвоживания коллоидного тела	135
<i>Тимаев Р.М., Новиков И.В.; рук. Мизонов В.Е.</i> Движение частицы в восходящем потоке газа	136
<i>Осипов Д.А.; рук. Жуков В.П., Беляков А.Н.</i> Моделирование классификации смеси разнородных компонентов в замкнутом цикле измельчения	137

<i>Варенцова Э.С., Фатахетдинов А.М.; рук. Огурцов В.А.</i> Влияние характеристик виброоживленного слоя на технологические параметры процесса грохочения	138
<i>Касаткин К.А.; рук. Жуков В.П., Барочкин А.Е.</i> Матричная формализация расчета многопоточного теплообменного аппарата.....	139
<i>Бубнов К.Н., Саландин М.А.; рук. В.П. Жуков, Барочкин А.Е.</i> Матричное моделирование тепловой схемы ТЭС.	140
<i>Вилл К.А.; рук. Жуков В.П.</i> Экспериментальное исследование влияния режима перемешивания компонентов на качество бисквита .	141
<i>Кравале И.А.; рук. Жуков В.П.</i> Компьютерный тренажер смешивающего подогревателя	142
<i>Нармания Б.Е., Логинова А.Н.; рук. Алешина А.П.</i> Методика определения стохастических коэффициентов для моделирования процесса вибросепарации	143

ЭЛЕКТРОМЕХАНОТРОНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

ЧЕТЫРНАДЦАТАЯ ВСЕРОССИЙСКАЯ
(МЕЖДУНАРОДНАЯ)
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
СТУДЕНТОВ, АСПИРАНТОВ
И МОЛОДЫХ УЧЁНЫХ
«ЭНЕРГИЯ-2019»

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ

Том 4

*Составители: Макаров А.В., Шмелева Т.В.
Компьютерная верстка Шмелевой Т.В.
Печатается в авторской редакции*

Лицензия ИД № 05285 от 4 июля 2001 г.
Подписано в печать 30.04.2019. Формат 60x84 1/16 .
Печать офсетная. Усл. печ. л. .
Тираж 45 экз. Заказ №
ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический
университет имени В.И. Ленина»
153003, г. Иваново, ул. Рабфаковская, 34.

Отпечатано в УИУНЛ ИГЭУ