

ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ

для поступающих в аспирантуру по научной специальности

2.5.2 «Машиноведение»

1 МАШИНОВЕДЕНИЕ И ДЕТАЛИ МАШИН

- 1.1 Роль машин в повышении производительности труда. Краткие сведения из истории машиностроения. Основные направления в совершенствовании конструкций машин. Классификация технических объектов машиностроения и деталей машин.
- 1.2 Краткий исторический обзор развития теории расчета и проектирования машин; роль российских ученых-механиков. Тенденции развития образования в области машиностроения.
- 1.3 Требования к деталям машин и критерии их работоспособности: прочность, жесткость, вибростойкость, износостойкость, теплостойкость. Понятие качества изделия в машиностроении. Критерии качества и управление показателями качества изделий. Методы обеспечения работоспособности и надёжности машин. Общая характеристика расчетных методов оценки работоспособности деталей машин. Проверочные и проектировочные расчеты.
- 1.4 Основы расчётов на прочность. Характеристики статической и циклической прочности материалов. Расчетные, предельные и допускаемые напряжения. Расчетные и нормативные коэффициенты запаса прочности.
- 1.5 Надежность машин. Основные положения и показатели надежности. Общие зависимости надежности. Надежность в период нормальной эксплуатации машин. Надежность восстанавливаемых изделий. Оценка надежности систем по надежности элементов. Надежность систем с резервированием. Статистический контроль надежности и долговечности.
- 1.6 Вероятностные методы расчета деталей машин. Типовые режимы нагружения и их параметры. Понятие несущей способности деталей машин как случайной величины. Определение вероятности безотказной работы деталей и механизмов.
- 1.7 Расчеты на выносливость. Расчетно-экспериментальное определение пределов длительной и ограниченной выносливости деталей. Учет сложного напряженного состояния материала деталей. Расчеты на выносливость при нерегулярном нагружении.
- 1.8 Трение, изнашивание и смазка деталей. Виды трения и изнашивания. Геометрические характеристики поверхностей и площадь касания. Сухое трение. Граничное трение. Трение в условиях гидродинамической и гидростатической смазки. Газовое трение. Износ. Надежность в период износовых отказов. Способы повышения износостойкости.
- 1.9 Метод конечных элементов, основные понятия. Возможности метода для анализа работоспособности деталей по критериям прочности, жесткости, вибростойкости, теплостойкости.
- 1.10 Характеристики прочности материалов и классификация условий работы деталей машин. Критерии выбора материалов. Основные методы поверхностных упрочнений деталей машин: термические, химико-термические, механические, термомеханические. Основные пути экономии металла. Новые материалы и перспективы их применения в машинах.
- 1.11 Стандартизация деталей машин и ее значение. Система стандартов. Использование стандартов при проектировании машин. Типизация. Унификация моделей. Проектирование машин с учетом требований стандартизации. Агрегатирование машин.
- 1.12 Взаимозаменяемость. Допуски и посадки. Основные принципы проектирования деталей машин. Составление задания. Оптимизация конструкции. Расчетные

схемы. Этапы разработки конструкций. Учет технологических требований.

- 1.13 Испытание деталей машин. Испытание деталей машин по основным критериям. Основные средства испытаний. Компьютерная обработка результатов испытаний.
- 1.14 Автоматизированное проектирование. Программные комплексы рабочего места конструктора для твердотельного моделирования, генерации чертежей с использованием библиотек стандартных деталей, расчетов конструкций по различным критериям работоспособности. CAD системы, PDM системы.

2 СОЕДИНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

- 2.1 Классификация соединений. Соединения неразъемные и разъемные. Соединения фрикционные и нефрикционные (зацеплением). Соединения стержней, листов и корпусных деталей; соединения вал-ступица, соединения валов, соединения труб.
- 2.2 Резьбовые (винтовые) соединения. Основные определения. Классификация резьбы. Основные параметры резьбы. Стандарты на резьбы. Основные типы крепежных соединений. Способы стопорения резьбовых соединений от самоотвинчивания.
Материалы, применяемые для изготовления резьбовых деталей. Классы прочности. Теория винтовой пары. Зависимость между моментом, приложенным к гайке, и осевой силой винта. Моменты сил трения на опорной поверхности гайки и головки винта. Коэффициент полезного действия винтовой пары. Самоторможение. Расчет резьбы на прочность. Высота гайки и глубина завинчивания. Расчет соединений при эксцентричном нагружении болта или перекосе опорных поверхностей. Расчет соединений, нагруженных в плоскости стыка. Напряженные (затянутые) резьбовые соединения, определение усилий. Коэффициент внешней нагрузки, определение податливостей систем «болт» и «фланец». Прочность при переменных нагрузках. Расчеты напряженных резьбовых соединений: присоединений крышек цилиндров, фланцевых соединений труб. Расчет соединений, включающих группу болтов. Конструкторские и технологические мероприятия по повышению выносливости болтов, винтов, шпилек.
- 2.3 Сварные соединения и их роль в машиностроении. Соединения дуговой электросваркой, электрошлаковой сваркой, контактной сваркой. Концентрация напряжений. Остаточные напряжения и деформации. Расчеты на прочность сварных соединений. Допускаемые напряжения и запасы прочности; нормативы. Расчеты на прочность при переменных напряжениях.
- 2.4 Заклепочные соединения. Паяные соединения. Клеевые соединения. Область применения. Расчет на прочность.
- 2.5. Соединения деталей с натягом и области их применения в машиностроении. Несущая способность соединений. Расчет натяга при передаче крутящего момента. Прочность сопрягаемых деталей. Расчетные и технологические натяги. Рассеяние числовых характеристик несущей способности в связи с рассеянием натягов. Вероятностный расчет. Способы повышения несущей способности. Конические соединения. Технология сборки. Силы запрессовки и распрессовки. Соединения нагревом или охлаждением соединяемых деталей. Соединения при помощи стяжных колец и планок.
- 2.6. Клеммовые соединения. Конструктивные исполнения. Методики расчета для случаев нагружения соединения крутящим моментом и осевой силой.
- 2.7 Шпоночные, зубчатые (шлицевые) и профильные (бесшпоночные) соединения. Основные типы и области применения. Способы центрирования. Стандарты. Концентрация нагрузки. Расчеты несущей способности.

3 МЕХАНИЧЕСКИЕ ПЕРЕДАЧИ

- 3.1 Назначение и роль передач в машинах. Классификация механических передач.

- Передачи трением и передачи зацеплением. Передачи с постоянным и переменным передаточным отношением. Передачи ступенчатого и бесступенчатого регулирования. Управление регулируемыми передачами. Основные параметры передач: кинематические, энергетические, геометрические.
- 3.2 Зубчатые передачи. Основные сведения. Классификация. Области применения. Стандартные параметры зубчатых передач. Геометрия и кинематика. Точность изготовления зубчатых колес.
- Виды повреждений зубьев зубчатых колёс. Критерии работоспособности зубчатых передач. Материалы колес. Методы объёмного и поверхностного упрочнения. Определение расчетных нагрузок. Учет перегрузок, концентрации нагрузки по длине зубьев, режима работы и срока службы, динамичности нагрузки, связанной с качеством изготовления. Силы в зацеплении. Оптимизация конструкции зубчатых передач. Передаточное отношение одноступенчатых и многоступенчатых зубчатых передач.
- Контактные напряжения и контактная прочность. Расчет зубьев прямозубых, косозубых и шевронных цилиндрических передач по контактным напряжениям. Расчетные зависимости для проектного и проверочного расчетов. Допускаемые напряжения. Расчет зубьев прямозубых, косозубых и шевронных цилиндрических передач на изгиб. Номинальные напряжения. Коэффициент формы зуба. Концентрация напряжений у корня зуба. Учет совместной работы двух пар зубьев. Расчетные зависимости для проектного и проверочного расчетов. Допускаемые напряжения. Прочность скорректированных колес.
- Конические зубчатые передачи с прямолинейными и криволинейными зубьями. Основные сведения из геометрии конических зацеплений. Особенности расчета на прочность.
- Передачи с кругловинтовым зацеплением Новикова с одной и двумя линиями зацепления. Области применения. Расчеты.
- Планетарные зубчатые передачи. Расчет и конструирование, типы. Кинематика, силы в зацеплении.
- Волновые передачи. Кинематика и профилирование. Расчеты на прочность. Коэффициент полезного действия. Конструкции и область применения.
- Передачи цилиндрическими винтовыми колесами. Гипоидные передачи.
- Основные типы редукторов. Стандарты на основные параметры редукторов. Зубчатые коробки передач.
- 3.3 Червячные передачи. Основные понятия и определения. Общая характеристика. Область применения. Кинематика и геометрия червячных передач. Основные параметры. Стандарты червячных передач. Коэффициент полезного действия червячных передач.
- Применяемые материалы. Виды повреждений червячных передач. Критерии работоспособности. Силы, действующие в червячном зацеплении. Основы расчётов червячных передач по контактным напряжениям. Расчет зубьев червячного колеса на изгиб. Коэффициент формы зуба. Условный угол обхвата. Длина контактных линий. Допускаемые напряжения. Тепловой расчет. Искусственное охлаждение. Понятие о расчете зубьев на сопротивление заеданию. Расчет червяка на прочность и жесткость. Современные конструкции червячных редукторов. Смазка червячных передач. Глобоидные передачи.
- 3.4 Ременные передачи. Общие сведения и основные характеристики. Область применения. Разновидности ременных передач. Основные типы и материалы плоских и клиновых ремней. Новые типы ремней и ремни из новых материалов. Стандарты на ремни. Геометрия и кинематика ременных передач.
- Усилия и напряжения в ремне. Коэффициент тяги, кривые скольжения. Коэффициенты трения между ремнем и шкивом. Коэффициент полезного действия ре-

менной передачи. Расчет ременных передач на основе кривых скольжения. Допускаемые полезные напряжения. Учет влияния отношения толщины ремня к диаметру шкива, углов обхвата, центробежных сил, режима работы. Долговечность ременной передачи.

Особенности расчета клиноременных передач. Расчет на тяговую способность и долговечность. Способы натяжения ремней. Передача с натяжным роликом. Силы, действующие на валы ременной передачи. Шкивы ременных передач. Расчет основных элементов цельных и сварных шкивов.

Поликлиноременные передачи. Зубчато-ременные передачи.

- 3.5 Цепные передачи. Классификация и конструкции приводных цепей. Область применения цепных передач в машиностроении. Основные характеристики. Выбор основных параметров цепных передач. Кинематика и динамика цепных передач. Коэффициент полезного действия.

Виды повреждений, критерии работоспособности цепных передач и исходные положения для расчета. Натяжение в цепных передачах. Несущая способность и подбор цепей. Проектирование звездочек. Смазка и эксплуатация цепных передач.

- 3.6 Передачи винт-гайка. Области применения. Типы ходовой резьбы. Допускаемые напряжения и скорости. Требования к точности. Конструкции. Передачи винт-гайка качения шариковые и роликовые.

- 3.7 Фрикционные передачи и вариаторы. Принцип работы. Основные типы и область применения. Общие эксплуатационные характеристики. Геометрическое и упругое скольжение. Элементы конструкций. Материалы. Передачи для постоянного передаточного отношения. Бесступенчатые передачи. Рекомендация по выбору.

Кинематика передач. Точность передаточного отношения. Силы прижатия тел качения. Потери на трение; коэффициент полезного действия.

Проверочный расчёт передач по контактным напряжениям. Учет переменного режима нагружения. Допускаемые контактные напряжения. Определение размеров тел качения.

4 ЭЛЕМЕНТЫ ПЕРЕДАЧ

- 4.1 Оси, валы и их соединения. Классификация валов и осей. Конструкции. Критерии расчета: прочность, жесткость, колебания. Материалы. Выбор расчетных нагрузок. Выбор расчетных схем.

Проектный расчет валов. Проверочный расчет валов на выносливость при совместном действии напряжений кручения и изгиба. Эффективные коэффициенты концентрации напряжений. Влияние на прочность размерного фактора. Выбор запасов прочности или допускаемых напряжений. Расчет по заданной вероятности безотказной работы. Упрочнения валов путем поверхностной термической и химико-термической обработки, поверхностного наклепа. Расчет валов на жесткость. Допускаемые углы наклона упругой линии и прогибы.

Расчет многоопорных валов. Конструкции и расчет коленчатых валов. Конструкции и расчет гибких валов. Проверка критических частот вращения валов и систем. Учет деформаций опор. Учет вибрационных нагрузок при расчете на прочность.

- 4.2 Подшипники скольжения. Общие сведения. Основные типы и параметры подшипников скольжения.

Условия работы и виды разрушения подшипников скольжения. Подшипниковые материалы. Биметаллические и полиметаллические вкладыши, пластмассовые вкладыши и вкладыши с пропиткой.

Режимы трения и критерии расчета. Основы теории жидкостного трения. Распределение давления в смазочном слое. Расчет подшипников при условии жидкостного трения. Тепловой расчет подшипников. Подвод смазки в подшипниках. Расположение смазочных канавок. Расход смазки. Системы смазки. Практический расчет

подшипников, работающих в условиях смешанного трения.

Конструкции подшипников скольжения. Регулирование зазора. Сегментные подшипники. Подшипники с газовой смазкой. Гидростатические подшипники, расчет и конструкции. Расчет и конструкции подпятников скольжения.

- 4.3 Подшипники качения. Классификация подшипников качения. Система условных обозначений. Точность подшипников. Выбор типов подшипников в зависимости от условий работы. Материалы тел качения и сепараторов. Потери на трение в подшипниках.

Условия работы подшипника качения, влияющие на его работоспособность. Распределение нагрузки между телами качения, контактные напряжения в деталях подшипника. Кинематика и динамика подшипника.

Выбор подшипников по динамической грузоподъемности. Эквивалентная динамическая нагрузка. Особенности расчета нагрузки радиально-упорных подшипников. Проверка и подбор подшипников по статической грузоподъемности.

Максимальные скорости вращения подшипников. Выбор быстроходных подшипников качения.

Посадки подшипников. Выбор предварительного натяга в подшипниках. Смазка подшипников. Сборка и разборка подшипниковых сборочных единиц.

Направляющие прямолинейного движения. Назначение и области применения. Направляющие скольжения. Направляющие качения. Общие основания расчета

- 4.4. Муфты для соединения валов. Назначение и классификация муфт.

Глухие муфты: втулочные и фланцевые. Конструкции и схемы расчета. Жесткие компенсирующие и подвижные муфты: зубчатые, крестовые и шарнирные.

Упругие муфты. Работа упругих муфт при действии переменных и ударных моментов. Упругие муфты с резиновыми и пластмассовыми упругими элементами. Демпфирующая способность упругих муфт. Конструкции и расчет.

Сцепные управляемые муфты. Жесткие сцепные муфты: кулачковые и зубчатые. Форма зубьев. Включение и выключение муфт. Синхронизаторы. Расчет зубьев.

Муфты трения. Классификация. Механизмы управления. Динамика включения. Расчетные коэффициенты трения и допускаемые давления. Выбор материалов. Нормали. Особенности конструкций и расчета шинно-пневматических муфт трения.

Самоуправляемые сцепные муфты. Предохранительные муфты со срезными штифтами, пружинно-кулачковые и фрикционные. Особенность конструкций и расчет.

Обгонные муфты, конструкция и расчет. Центробежные муфты. Электромагнитные фрикционные и порошковые муфты, электромагнитные муфты скольжения и гидравлические муфты: области применения.

Динамика привода с упругой муфтой. Явление резонанса. Методы отстройки от резонанса с помощью упругой муфты.

- 4.5 Пружины. Назначение пружин. Классификация пружин по виду нагружения и по форме. Области применения отдельных типов пружин. Материалы пружин. Допускаемые напряжения. Схемы технического расчета (подбора) цилиндрических винтовых пружин растяжения и сжатия. Общие понятия о винтовых пружинах кручения, спиральных пружинах (часового типа), тарельчатых пружинах, рессорах.

5 СИСТЕМЫ ПРИВОДОВ

- 5.1 Классификация приводов. Электрические, гидравлические, пневматические и смешанные приводы. Основные характеристики и области применения.

Состояние теории, расчета и проектирования приводов, перспективы развития. Методы анализа и синтеза. Детерминированные и статистические методы. Задача оптимального проектирования. Понятие о компьютерных методах проектирования приводов.

5.2

Системы гидроприводов. Структурные и принципиальные схемы объемных гидроприводов, гидродинамических передач, следящих и электрогидроприводов. Сравнительная оценка. Область применения систем гидроприводов.

Объемные гидравлические машины. Их классификация, конструктивные схемы. Особенности кинематики аксиально-поршневых карданных и бескарданных, поршневых многократного действия, шибберных, шестеренных, коловратных, планетарно-роторных гидромашин. Области применения. Особенности конструкций узлов распределения рабочей жидкости в гидромашинах. Индикаторные диаграммы гидромашин. Пути совершенствования рабочих процессов в гидромашинах. Борьба с шумом. Определение потерь в гидромашинах. Узлы с гидростатической разгрузкой и гидростатические подшипники в гидромашинах. Силы, действующие в объемных гидромашинах. Статические и динамические характеристики. Методы проектирования.

Гидроцилиндры. Основные схемы. Методы выбора и расчет основных параметров гидроцилиндров. Направляющие и регулирующие гидрораспределители для управления объемными гидродвигателями.

Регулирующие гидроаппараты. Основные типы регулирующих гидроаппаратов. Основные виды и характеристики постоянных дросселей. Основные виды регулируемых дросселей и их особенности при использовании в системах гидроавтоматики.

Золотниковые дросселирующие гидрораспределители. Объемные статические и энергетические характеристики золотниковых гидрораспределителей, работающих от источников с постоянным давлением, а также от источников с постоянным расходом. Силы, действующие на золотниках.

Основные характеристики регулируемого дросселя "сопло - заслонки". Силы, действующие на заслонку. Одно- и двухщелевой дросселирующий гидрораспределитель типа "сопло-заслонка". Обобщенные статические и энергетические характеристики. Гидрораспределители со струйной трубкой. Основные схемы. Статические и энергетические характеристики.

Принципиальные схемы и основные элементы гидравлических исполнительных механизмов с объемным управлением. Особенности исполнительного механизма по сравнению с гидропередачей. Скоростная, силовая и внешняя характеристики исполнительного механизма. Ограничение по нагрузке. Динамические характеристики ГИМ с объемным управлением. Передаточная функция и частотная характеристика. Переходные процессы в исполнительном механизме.

Статические, энергетические и динамические характеристики ГИМ с объемным управлением. Основные элементы и принципиальные схемы гидравлических исполнительных механизмов с дроссельным регулированием.

Статические и энергетические характеристики гидравлических исполнительных механизмов с дроссельным регулированием. Влияние геометрических характеристик распределителей на характеристики исполнительных механизмов. Мощность и коэффициент полезного действия гидравлических исполнительных механизмов. Нагрев рабочей жидкости в системах дроссельного управления.

Динамические характеристики гидравлического исполнительного механизма дроссельного управления. Математические модели идеального и реального исполнительного механизма. Динамические характеристики гидравлических следящих систем дроссельного регулирования.

Уравнение движения гидравлической следящей системы дроссельного управления с учетом сжимаемости и перетечек жидкости. Демпфирование. Устойчивость, методы повышения устойчивости.

Гидравлические усилители мощности. Основные схемы, характеристики и параметры гидравлических усилителей мощности: без обратной связи, с обратной свя-

зью по положению распределительного золотника, по расходу жидкости и нагрузке исполнительного механизма.

Статические и динамические характеристики гидравлических усилителей без обратной связи. Статические и динамические характеристики гидравлических усилителей с обратной связью по перемещению распределительного золотника.

5.3 Электрогидравлические следящие системы. Основные принципы построения. Основные элементы электрогидравлических систем.

Электрические усилители, датчики положения, датчики скорости, датчики давления постоянного и переменного тока.

Электромеханические преобразователи. Принципы работы, схемы. Статические и динамические характеристики и их связь с основными параметрами.

Электрогидравлические усилители-преобразователи. Основные принципы схемного построения. Статические и динамические характеристики. Сравнительный анализ.

Электрогидравлические следящие приводы. Основные схемы. Принципы построения. Методы обеспечения устойчивости и повышения добротности. Синтез корректирующих электрических и гидромеханических устройств.

Электрогидравлические приводы с широтно-импульсным управлением. Основные схемы. Статические характеристики. Методы повышения устойчивости. Методы синтеза гидроприводов. Методы коррекции. Анализ характеристик приводов при случайных воздействиях.

5.4 Аналоговая гидравлическая техника. Электрогидравлическая аналогия в неустановившемся режиме.

Функциональные гидравлические сопротивления. Гидравлический капилляр как комплексное гидравлическое сопротивление. Активное гидравлическое емкостное и индуктивное сопротивление. Гидравлический операционный усилитель и его функциональные возможности. Применение гидравлической аналоговой техники для автоматизации производственных процессов и для коррекции динамических свойств гидравлических следящих систем.

Гидравлические логические элементы, их разновидности и конструктивные особенности. Построение логических звеньев, реализующих функции "И", "ИЛИ", "НЕ". Триггеры с отдельными и счетными входами на базе гидравлических логических элементов. Методика синтеза логических блоков для управляющих устройств или дискретных систем программного управления. Применение таблиц состояний и переходов для минимизации логических систем.

Принципы действия и области применения гидравлических дискретных систем. Принципы дискретного регулирования скорости и перемещения силовых гидравлических механизмов. Классификация гидравлических дискретных систем. Преимущества и области применения дискретных гидравлических систем.

Дискретное регулирование скорости в силовых разомкнутых гидроприводах. Импульсное регулирование в гидравлических разомкнутых системах с широтной и частотной модуляцией. Электрогидравлические импульсные системы с частотно-импульсной модуляцией и формированием импульсов расхода.

Гидравлические и электрогидравлические дискретные следящие системы. Основные режимы работы гидравлических релейных следящих систем. Гидравлические релейные позиционные следящие системы. Гидравлические релейные контурные следящие системы. Методы расчета устойчивости релейных систем. Электрогидравлические импульсные следящие системы с широтно-импульсной модуляцией. Электрогидравлические импульсные следящие системы с частотно-импульсной модуляцией. Динамические характеристики гидравлических импульсных систем.

Гидравлические и электрогидравлические цифровые и шаговые приводы. Классификация гидравлических дискретных приводов. Принципы действия и

- устройство цифро-аналоговых преобразователей. Электрогидравлические шаговые приводы, их устройство. и динамические характеристики. Гидродвигатели с цифровым управлением. Особенности их конструкции и расчета. Шаговые гидродвигатели. Принципы действия, особенности расчета их конструирования. Области эффективного применения цифровых и шаговых гидроприводов.
- 5.5 Объемные гидropередачи. Автоматическое регулирование гидropередач в режиме постоянной мощности. Устройство и методика расчета автоматических регуляторов производительности насоса. Математическое описание и расчет устойчивости автоматических регуляторов гидромоторов.
- Двухпоточные гидropередачи с внутренним и внешним разделением потока мощности, основные схемы и особенности расчета.
- Гидродинамические передачи. Основные схемы систем с гидродинамическими передачами. Область применения.
- 5.6 Гидромуфты. Баланс энергии, внутренняя и внешняя характеристики. Тормозные режимы. Уравнения подобия и безразмерные характеристики. Нагружающие и энергетические свойства гидромуфт. Работа гидромуфты в приводе с различными типами двигателей. Предохранительные гидромуфты, их статические и динамические характеристики. Гидромуфты с наклонными лопатками, особенности их применения. Внешние статические и динамические характеристики. Расчет теплового баланса гидромуфт. Регулирование гидромуфт. Расчет осевых сил, способы их компенсации. Параметрические ряды гидромуфт. Перспективы усовершенствования конструкций и внешних характеристик гидромуфт.
- Синтез гидромуфт с учетом неустановившихся режимов их работы в приводах различных машин и механизмов.
- 5.7 Системы пневмоприводов. Классификация и области применения приводов. Основные характеристики процесса сжатия воздуха. Понятие давления, влажности, состава газообразного рабочего тела.
- Типы пневматических исполнительных устройств поступательного и вращательного движения. Поршневые, мембранные, шланговые, сильфонные, роторные приводы, пневматический «мускул». Стандарты ISO для пневматических приводов.
- Газодинамические законы. Газодинамические модели наполнения и опорожнения полостей постоянного и переменного объема.
- Пневматический привод одностороннего действия. Статическая характеристика привода одностороннего действия. Циклограмма его работы. Динамика привода. Пневматический привод одностороннего действия с пружинным возвратом. Статическая характеристика. Ограничения по ходам. Циклограмма работы. Динамика привода.
- Пневматический поршневой привод двухстороннего действия. Циклограмма работы. Динамика привода. Пневматические мембранные приводы.
- Пневматические позиционеры. Основные схемы. Цифровой пневматический привод. Следящий пневматический привод. Сложности реализации следящего режима.
- Пневмогидравлические приводы. Области применения. Преимущества и недостатки по сравнению с гидравлическими и пневматическими приводами. Методика расчета статических и динамических характеристик пневмогидравлических приводов.
- 5.8 Пневматические распределительные устройства. Распределители клапанного и золотникового типа. Цилиндрические и плоские золотники. Расчёт золотников и выбор основных размеров. Схемы распределителей с импульсным и потенциальным управлением. Расчёт параметров золотниковых пружин.
- Устройства регулирования скорости исполнительных механизмов. Основные конструктивные схемы дросселей. Обратные клапаны и дроссели с обратным клапа-

ном. Основные схемы подключения устройств регулирования скорости исполнительных механизмов. Их сравнительные характеристики.

Аппаратура подготовки воздуха. Основные схемы фильтров, регуляторов давления, маслораспределителей. Классы чистоты воздуха. Технические решения обеспечения требуемой степени очистки воздуха.

Расчёт упругих элементов регуляторов давления. Регуляторы со сбросом воздуха из системы и без сброса. Клапаны сброса.

Усилители давления. Расчёт параметров усилителей давления. Принципы действия осушителей воздуха. Контрольная пневматическая аппаратура. Классификация, основные конструкции.

5.9 Преобразователи. Цифроаналоговый преобразователь. Аналого-цифровой преобразователь. Элементы математической логики. Понятие алгебры логики. Конъюнктивные и дизъюнктивные нормальные формы.

Различные виды пневматических систем управления. Централизованные системы с временным управлением. Централизованные системы с путевым управлением. Децентрализованные системы с путевым управлением.

Синтез одноктактных систем управления. Определение одноктактной системы управления. Синтез системы управления несколькими исполнительными устройствами. Составление описания алгоритма работы системы. Способы упрощения схемы пневматического управляющего устройства. Синтез многотактных систем управления. Определение многотактной системы управления, как системы с изменяемым внутренним состоянием или как системы с памятью. Представление многотактной системы управления в виде логического многополюсника (одноктактного эквивалента, многотактной системы с элементами с обратной связью).

Запись условий работы машины-автомата. Автономные и неавтономные системы управления. Циклограмма системы управления машины-автомата. Запись условий работы машины-автомата с помощью таблицы включений и с помощью графа. Нагруженный граф. Минимальное число элементов памяти. Реализуемые и нереализуемые таблицы включений.

Синтез многотактных систем управления приводами с двухсторонними распределителями.

Структурно-ориентированное формализованное описание условий работы управляющего устройства. Графы циклических процессов. Синтез по позиционной структурной стандартной организации.

Основные преимущества и недостатки пневматически управляющей техники и ее место в общем классе технических средств управления приводами.

Реализация логических функций на струйных элементах и стандартных пневматических элементах.

5.10 Системы электроприводов. Назначение и области применения электропривода. Обобщенная функциональная схема электропривода.

Механическая часть электропривода. Моменты и силы сопротивления. Приведение моментов, моментов инерции, инерционных масс, упругих моментов и моментов диссипативных сил к одной оси. Двухмассовая электромеханическая система с упругостью первого и второго рода. Учет потерь в передачах. Механическая часть привода как объект управления.

Механические характеристики и регулировочные свойства электродвигателей постоянного тока, питаемых от сети или от регулируемых преобразователей: генератора, управляемого выпрямителя, широтно-импульсного преобразователя. Способы регулирования скорости и момента. Высокочастотные электродвигатели.

Механические характеристики и регулировочные свойства электродвигателей переменного тока. Математические модели асинхронных двигателей. Регулирование скорости асинхронных двигателей, частотное регулирование.

Динамика разомкнутых электромеханических систем. Структурные схемы и передаточные функции электроприводов постоянного и переменного тока. Параметры и передаточные функции преобразователей в системах преобразователь - двигатель. Механические, электромагнитные и электромеханические переходные процессы в электроприводах постоянного тока при питании якоря от сети и от преобразователей. Методы уменьшения времени переходных процессов. Механические и электромеханические процессы в электроприводах переменного тока с асинхронными двигателями. Переходные процессы в системе с упругими связями и зазорами в передачах. Влияние способов управления на механические и регулировочные характеристики, энергетику электроприводов.

5.11 Автоматические системы управления электроприводами. Принципы управления координатами электропривода. Стандартные настройки простейших контуров, контуров с нелинейностями, одноконтурных систем, систем подчиненного регулирования, систем с наблюдателем.

Автоматические системы управления электроприводами постоянного тока. Математическое описание замкнутых систем автоматического регулирования. Одноконтурные системы регулирования скорости изменением напряжения якоря. Системы подчиненного регулирования. Системы двухзонного регулирования скорости.

Автоматические системы управления электроприводами переменного тока. Математическая модель асинхронного двигателя при управлении частотой и напряжением статора. Преобразователи частоты с непосредственным преобразованием частоты и с промежуточным звеном постоянного тока. Скалярный и векторный способы частотного управления двигателями переменного тока. Системы частотного управления вентильными двигателями. Автоматические системы управления асинхронными двигателями с фазным ротором.

Автоматические системы стабилизации скорости электроприводов. Аналоговые системы стабилизации скорости. Цифровые, цифро-аналоговые системы стабилизации скорости. Импульсно-фазовые системы стабилизации скорости высокоточных электроприводов.

5.12 Следящие электроприводы. Ошибки при отработке управляющих воздействий. Повышение точности отработки за счет выбора структуры и параметров регуляторов. Системы с комбинированным управлением. Двухканальные следящие системы. Методы компенсации влияния сухого трения и люфтов в передачах. Синтез следящих систем.

Позиционные электроприводы. Принципы построения систем управления положением, Настройка в режиме малых перемещений. Реализация требуемого закона движения при отработке средних и больших перемещений. Синтез позиционных систем.

6 ТРИБОЛОГИЯ И ТРИБОТЕХНИКА

6.1 Основные понятия трения. Как мы определяем трение. Первые законы трения. Механическое и молекулярное трение. Трение скольжения. Трение качения. Коэффициенты трения. Понятие о трибологических системах. Трибосистема.

6.2 Некоторые свойства твёрдых тел и жидкостей. Почему твёрдое тело твёрдое. Размер атомов и изображение сил между ними. Кристаллическая структура твёрдых тел. Полиморфизм. Свободная поверхность. Дефекты кристаллического строения и их общее свойство. Макроструктура твёрдых тел (поликристаллы). Иерархия структурных уровней твёрдых тел. Аморфные структуры твёрдых тел. Структура резины. Структура пластиков и полимеров. Структура дерева. Жидкое состояние. Газовое состояние.

6.3 Формирование структуры деформированных металлов. Деформация. Виды деформаций. Диаграмма растяжения металлических материалов. Прочность. Пластичность. Механизм пластической деформации. Наклёп (деформационное упрочне-

ние). Разрушение. Возврат и рекристаллизация металлов. Холодное и горячее деформирование.

- 6.4 Эргодинамика деформируемых тел. Обобщённые представления о пластической деформации. Структурная модель твёрдого тела. Физический смысл пластической деформации. Интегральный критерий повреждаемости. Обобщённые характеристики вида разрушения. Термодинамический анализ взаимной связи деформационных и энергетических характеристик процесса. Кинетические уравнения повреждаемости (деформационного упрочнения) и теплового эффекта пластической деформации (динамического возврата). Кинетическое уравнение пластической деформации.
- 6.5 Реальная поверхность твёрдого тела. Характеристики микрогеометрии поверхностей твёрдых тел. Профилограф, профилометр. Кривая опорной поверхности. Форма поверхностных шероховатостей. Природа металлических поверхностей, используемых в машиностроении. Модель площадей контакта двух поверхностей, сложенных вместе.
- 6.6 Некоторые методы анализа поверхности. Метод косо́го сечения. Оптический метод. Электронная микроскопия. Отражающая или рефлекторная микроскопия.
- 6.7 Трение. Классификация видов трения. Внутреннее трение. Вязкость. Статическое трение. Закономерности статического трения. Измерение статического коэффициента трения. Измерение динамического коэффициента трения. Двучленный закон трения. Молекулярно – механическая теория трения. Деформационно – адгезионная теория трения. Закон аддитивности трения. Формирование контактов и их взаимодействие в процессе перемещения поверхностей трения. Фрикционные связи. Классификация фрикционных пар. Основные характеристики фрикционных связей. Принцип «третьего тела». Схватывание. Основные представления о схватывании. Этапы схватывания. Главные задачи управления схватыванием поверхностей. Тепловая динамика трения. Температурные вспышки при трении. Взаимная связь трения и износа (состояния контакта) с температурами трения. Принцип суммирования температур трения. Влияние главных эксплуатационных параметров на изменение коэффициента трения.
- 6.8 Износ. Основные понятия и определения. Классификация износостойкости. Стандартная классификация видов изнашивания трибопар. Вторичные структуры. Приспособляемость. Водородное изнашивание. Изнашивание при избирательном переносе. Нормальный износ и явление повреждаемости пар трения. Методика расчётов на износ. Энергетические методы (уравнения) оценки и прогноза оценки износа и износостойкости. Триботехника лабораторного анализа и оценки трения и износа.
- 6.9 Смазка. Функционально- физический принцип смазки. Типы смазки. Гидродинамическая смазка. Температурный критерий работоспособности смазывающих масел. Антифрикционные материалы подшипников гидродинамического трения. Аэродинамическая (газовая) смазка. Эластогидродинамическая смазка. Граничная смазка. Смазка предельного давления. Моделирование коммерческих смазок. Консистентная (пластическая) смазка. Твёрдые типы смазок на основе слоистых материалов. Классификация смазочных масел. Характеристики смазочных масел. Функциональные присадки и антифрикционные добавки.
- 6.10 Обобщённые инженерно – физические представления о природе трения. Существо и необходимость обобщённого подхода. Аксиоматичность трения. Исходные аксиомы трения. Номинальные и действительные трибосистемы. Термодинамический подход. Системно – балансовых признаков трения.
- 6.11 Метод трибоэргодинамики. Структурно – энергетическая интерпретация процесса трения. Термодинамическая модель трения. Уравнения энергетического баланса трения. Энергетическая интерпретация коэффициента трения Леонардо да Винчи.

- Общность уравнений энергетического баланса трения.
- 6.12 Общие закономерности эволюции трибосистем. Обобщённая экспериментальная кривая трения. Структурно – энергетическая (динамическая) диаграмма трущихся поверхностей. Коэффициент трения – обобщённый параметр эволюции трибосистем. Точки переходных состояний трибосистем при эволюции. Закономерность эволюции трибосистем. Этапы эволюции трибосистемы. Приработка. Совместимость трущихся поверхностей. Самоорганизация, условие и сущность. Диссипативные структуры трения. Аномально- низкое трение. Безызносность.
- 6.13 Обобщённая классификация трения и износа. Трибопары – прямая, обратная, одноименных материалов. Термодинамическая классификация трибосостояний.
- 6.14 Обобщённая физическая модель трения. Модель движущегося критического объёма трения (равновесной шероховатости). Расчёт истинного объёма трения – элементарной трибосистемы. Активационные характеристики процесса трения. Диапазон изменения коэффициента трения. Оценка размера элементарной трибосистемы. Механический квант диссипативных структур трения (трибосистема). Модель квантового демпфирования трущихся поверхностей. Существо аномально – низкого (безыносного) трения.
- 6.15 Тепловые (температурные) принципы совместимого трения. Основные задачи трибологии совместимого трения. Коэффициент трения – характеристика совместимого трения. Адаптивно – диссипативная природа объёма совместимого трения. Основные каналы диссипации энергии (жилового эффекта) совместимого трения. Температуры совместимого трения. Температуры совместимого трения. Физический принцип суммирования температур совместимого трения. Принцип формализации областей фрикционного и антифрикционного трения.
- 6.16 Совместимость трибосистем и элементы аксиоматики машинного трения. Совместимость трущихся поверхностей. Оптимальные трибосистемы. Аксиоматичность феномена трения. Базовые аксиомы трения. Анализ машины как сложной трибонадсистемы. Количественные признаки натуральных (оптимальных) машин. Номинальная и действительная работоспособность машины. Принцип системной совместимости трибосистем в машине. Квантовые уровни совместимых трибосистем и совместимых машин. Системные критерии работоспособности оптимальных машин (трибосистем).

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Основная литература

1. Артоболевский, И.И. Теория механизмов и машин: учебник / И.И. Артоболевский.- М.: Альянс, 2013.-639 с.
2. Артоболевский, И.И. Теория механизмов и машин: учебное пособие / И.И. Артоболевский.- М.: Альянс, 2013. -256 с.
3. Техническая механика: в 4 кн. кн.1: Теоретическая механика: учебное пособие / под ред. Д.В. Черниленко. – М.: Машиностроение, 2012.-128 с.
4. Техническая механика: в 4 кн. кн.2: Сопротивление материалов: учебное пособие / под ред. Д.В. Черниленко. – М. Машиностроение, 2012.- 160с.
5. Техническая механика: в 4 кн. кн.3: Основы теории механизмов и машин: учебное пособие / под ред. Д.В. Черниленко. – М. Машиностроение, 2012.-104с.
6. Техническая механика: в 4 кн. кн.4: Детали машин и основы проектирования: учебное пособие / под ред. Д.В. Черниленко. – М. Машиностроение, 2012. -160с.
7. Детали машин и основы конструирования: учебник для бакалавров/ под ред. Г.И. Рощина, Е.А. Самойлова. – М.: Изд-во Юрайт, 2012. -416 с.

8. Детали машин: Учебник для вузов/ Л.А.Андрюенко, Б.А. Байков, И.К. Ганулич и др.; под ред. О.А. Ряховского. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007.
9. Чернилевский, Д.В. Детали машин и основы конструирования: учеб./ Д.В. Чернилевский. – М.: Машиностроение, 2006. – 655 с.
10. Дунаев, П.Ф. Конструирование узлов и деталей машин: учеб. пособие/ П.Ф. Дунаев, О.П. Леликов. -М.: Машиностроение, 2009.-496 с.
11. Дроздов, Ю.Н., Юдин Е.Г., Белов А.И. Прикладная трибология (трение, износ, смазка): учебник / Ю.Н. Дроздов, Е.Г. Юдин, А.И. Белов; под ред. Ю.Н. Дроздова. – М.: «Эко-Пресс», 2010.-604 с.
12. Мышкин, Н.К. Трибология. Принципы и приложения: учебник / Н.К. Мышкин, М.И. Петроковец. – Гомель: ИММС НАНБ, 2002.-310 с.
13. Попов, В.Л. Механика контактного взаимодействия и физика трения. От нанотрибологии до динамики землетрясений: учебник / В.Л. Попов. –М.: ФИЗМАТЛИТ, 2013.-352 с.
14. Маркова, Л.В. Трибодиагностика машин: учебник / Л.В. Маркова, Н.К. Мышкин. – Мн.: Бел.наука, 2005.-251 с.
15. Bassani, Roberto Tribology / Roberto Bassani/ - Pisa; Pisa university press, 2013.- 630 p.
16. Дунаев, П.Ф. Конструирование узлов и деталей машин /П.Ф.Дунаев, О.П. Леликов. - М.: Академия, 2009. - 496 с.
17. Иванов, М.Н. Детали машин / М.Н. Иванов, В.А. Финогенов. - М.: Высш. шк., 2006. - 408 с.
18. Схиртладзе, А.Г. Гидравлические и пневматические системы / А.Г. Схиртладзе, В.И. Иванов, В.Н. Кареев. – М.: Высшая школа, 2006. – 534 с.
19. Москаленко, В.В. Электрический привод / Москаленко В.В. – М.: Академия, 2007. – 368 с.
20. Рошин, Г.И. Детали машин и основы конструирования / Г.И. Рошин, Е.А. Самойлов. - М.: Юрайт, 2012. - 415 с.
21. Чичинадзе, А.В. Основы трибологии (трение, износ, смазка): Учебник для технических вузов. 2-е изд. переработ. и доп. /А.В. Чичинадзе, Э.Д. Браун, Н.А. Буше и др.; под общ. ред. А.В. Чичинадзе.-М.: Машиностроение, 2001.- 664с.
22. Справочник по триботехнике: в 3-х т./ под общ. ред. М. Хебды, А.В. Чичинадзе.- М.: Машиностроение, 1988, 1990, 1992.
23. Буше, Н.А. Трение, износ и усталость в машинах (транспортная техника): Учебник / Н.А. Буше.- М.: Транспорт, 1987.-223с.
24. Основы эргодинамики и синергетики деформируемых тел. Часть I. Основы физической механики деформируемых тел. (Состояние проблемы). Под ред. С.В.Фёдорова (монография). - Калининград, Издательство ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2010.- 202 с.
25. Основы эргодинамики и синергетики деформируемых тел. Часть II. Основы экспериментальной термодинамики и кинетики деформируемых тел. Под ред. С.В.Фёдорова (монография) -Калининград, Издательство ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2012.- 100 с.
26. Основы эргодинамики и синергетики деформируемых тел. Часть III. Основы эргодинамики деформируемых тел. Под ред. С.В.Фёдорова (монография) -Калининград, Издательство ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2013.- 216 с.

Дополнительная литература

1. Анурьев, В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: в 3-х т. / В.И. Анурьев. - М.: Машиностроение, 2006 - Т.1, 2006. – 927 с., - Т.2, 2006. - 960 с., - Т.3. - 928 с.
2. Атлас конструкций узлов и деталей машин: учебное пособие / под ред. О.А. Ряховского, О.П. Леликова. - М.: Изд-во МГТУ им. Баумана, 2009. - 400 с.

3. Биргер, И.А. Расчет на прочность деталей машин / И.А. Биргер, Б.Я. Шорр, Г.Б. Иосилевич. - М.: Машиностроение, 1993. - 640 с.
4. Бушуев, В.В. Практика конструирования машин / В.В. Бушуев. – М.: Машиностроение, 2006. – 448 с.
5. Гойдо, М.Е. Проектирование объемных гидроприводов / М.Е. Гойдо. - М.: Машиностроение, 2009. – 304 с.
6. Андриенко, Л.А. Детали машин / Л.А. Андриенко, Б.А. Байков, И.К. Ганулич. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. – 520 с.
7. Капунцов, Ю.Д. Электрический привод промышленных и бытовых установок / Ю.Д. Капунцов. - М.: МЭИ, 2010. - 224 с.
8. Кисаримов, Р.А. Электропривод. Справочник / Р.А. Кисаримов. – М.: РадиоСофт, 2011.–352 с.
9. Крайнев, А.Ф. Идеология конструирования / А.Ф. Крайнев. – М.:Машиностроение,2003. – 384 с.
10. Кудрявцев, В.Н. Основы автоматизированного проектирования машин / В.Н. Кудрявцев. - М.: Машиностроение, 1993. - 336 с.
11. Леликов, О.П. Валы и опоры с подшипниками качения: конструирование и расчет / О.П. Леликов. – М.: Машиностроение, 2006. – 640 с.
12. Леликов, О.П. Основы расчета и проектирования деталей и узлов машин: конспект лекций по курсу «Детали машин» / О.П. Леликов. - М.: Машиностроение, 2007. - 463 с.
13. Лепешкин, А.В. Гидравлические и пневматические системы / А.В. Лепешкин, А.А. Михайлин. - М.: Академия, 2004. - 336 с.
14. Машиностроение. Энциклопедия в 40-ка т. – Т. I-3. Динамика и прочность машин. Теория механизмов и машин: в 2-х кн. / под ред. К.С. Колесникова. - М: Машиностроение. – Кн.1, 1994. – 534 с. – Кн.2, 1995 - 624 с.
15. Машиностроение. Энциклопедия в 40-ка т. – Т. IV-3. Надежность машин / под ред В.В. Ключева. – М: Машиностроение, 2003. – 592 с.
16. Машиностроение. Энциклопедия в 40-ка т. – Т. I-5. Стандартизация и сертификация в машиностроении / под ред Г.П. Воронин. – М: Машиностроение,2002. – 672 с.
17. Машиностроение. Энциклопедия в 40-ка т. – Т. III- 3. Технология изготовления деталей машин / под ред А.Г. Сулова. – М: Машиностроение, 2006. – 840 с.
18. Машиностроение. Энциклопедия в 40-ка т. – Т. III- 5. Технология сборки в машиностроении / под ред Ю.М. Соломенцева. – М: Машиностроение, 2006. – 640 с.
19. Мышкин, Н.К. Трение, смазка, износ. Физические основы и технические приложения трибологии / Н.К. Мышкин, М.И. Петроковец. - М.: Физматлит, 2007. - 368 с.
20. Наземцев, А.С. Гидравлические и пневматические системы. Ч.1. Пневматический привод и средства автоматизации / А.С. Наземцев. – М.: Форум, 2004. – 240 с.
21. Наземцев, А.С. Пневматические и гидравлические приводы и системы. Часть 2. Гидравлические приводы и системы. Основы / А.С. Наземцев, Д.Е. Рыбальченко. - М.: Форум, 2007. - 304 с.
22. Орлов, П.И. Основы конструирования: В 2-х кн. / П.И. Орлов. - М.: Машиностроение, 1988. - Кн. 1. - 560 с., Кн. 2. - 544 с.
23. Решетов, Д.Н. Надежность машин / Д.Н. Решетов, А.С. Иванов, В.З. Фадеев. - М.: Высш. шк., 1988. - 238 с.
24. Ряховский, О.А. Справочник по муфтам / О.А. Ряховский, С.С. Иванов.- Л.: Политехника, 1991. - 384 с.
25. Сабинин, Ю.А. Позиционные и следящие электромеханические системы / Ю.А. Сабинин. - СПб.: Энергоатомиздат, 2001 - 204 с.
26. Сербин, В.М., Пенкин А.Н., Пенкин Н.С. Основы трибологии и триботехники / В.М. Сербин, А.Н. Пенкин, Н.С. Пенкин. – М.: Машиностроение, 2011. – 208 с.
27. Скойбеда, А.Т. Детали машин и основы конструирования / А.Т. Скойбеда, А.В. Кузьмин, Н.Н. Макейчик. – Мн.: Вышэйшая школа, 2006. – 453 с.

28. Блейз, Е.С. Следящие приводы: в 2-х т. / Е.С. Блейз, А.В. Зимин, Е.С.Иванов и др. - М. МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2001. – Т.1. Теория и проектирование следящих приводов. – 904 с.
29. Чемоданов, Б.К. Следящие приводы: в 2-х т. / Б.К. Чемоданов. - М. МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2003. - Т.2. Электрические следящие приводы - 880 с.
30. Арзамасов, Б.Н. Справочник по конструкционным материалам / Б.Н. Арзамасов, Т.В. Соловьева, С.А. Герасимов и др. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. - 640 с.
31. Ухин, Б.В. Гидравлические машины. Насосы, вентиляторы, компрессоры и гидропривод / Б.В. Ухин. - М.:ИНФРА-М, 2011. – 320 с.
32. Хруничева, Т.В. Детали машин. Типовые расчеты на прочность / Т.В.Хруничева. – М.: Форум, Инфра-М. – 314 с.
33. Чернилевский, Д.В. Детали машин. Проектирование приводов технологического оборудования: учебное пособие / Д.В. Чернилевский. - М.: Машиностроение, 2004. - 560 с.
34. Трение, изнашиваемость и смазка. Основные термины и определения. ГОСТ 27674 –88.
35. Крагельский, И.В. Основы расчётов на трение и износ / И.В. Крагельский, М.Н. Добычин, В.С. Комбалов.-М.: Машиностроение, 1977.-526с.
36. Журналы «Вестник машиностроения», «Известия вузов: Машиностроение», «Машиностроитель», «Трение и смазка в машинах и механизмах».
37. Трение и износ. Международный научный журнал. Гомель. Республика Беларусь.
38. Трение и смазка в машинах и механизмах. Ежемесячный научно-технический и производственный журнал. М.: Машиностроение.