

**ПРОГРАММА КУРСА «ДЕТАЛИ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ МАШИН»
ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ИНЖЕНЕРОВ ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ
«КОМПЬЮТЕРНАЯ МЕХАТРОНИКА»**

Капуста П.П.

УО «Белорусский национальный технический университет», Минск

**1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ МАШИНОВЕДЕНИЯ И ПРИНЦИПЫ
ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ И МАШИН**

1.1. Введение. Основные понятия.

Цели и задачи учебного курса “Детали и проектирование машин” в системе технической и конструкторской подготовки специалистов (инженеров) технического профиля. Краткие исторические сведения о развитии машиноведения и деталей машин. Современное состояние и основные тенденции в развитии машиностроения.

Машина и механизм. Классификация машин в зависимости от их назначения. Машины-двигатели, машины-преобразователи, рабочие машины. Классификация (основные типы) механизмов. Детали и сборочные единицы машин, их классификация. Требования, предъявляемые к машинам, сборочным единицам и деталям. Техно-экономическая и технологическая роль стандартизации в развитии машиностроения. Типы стандартов. Конструкция, материалы конструкции. Понятия о технологичности конструкций машин и деталей.

Место проектирования и конструирования среди других видов инженерной деятельности. “Детали и проектирование машин” как наука. Предмет и метод дисциплины. Основополагающая роль дисциплины в конструкторской подготовке инженеров. Связь с общенаучными, общепрофессиональными и специальными дисциплинами. Задачи и структура дисциплины. Обзор учебной и справочной литературы по дисциплине.

1.2. Условия работы и нагруженность машин и их деталей.

Нагрузки в машинах и конструкциях. Источники нагрузок в машинах, механическое взаимодействие деталей машин. Классификация машин и деталей в зависимости от условий работы. Нагруженность. Виды нагруженности деталей машин и их классификация: статическое и переменное (регулярное и нерегулярное) нагружение. Нагрузки и напряжения в деталях. Возникновение переменных напряжений. Циклы напряжений и их характеристики.

Учет эксплуатационной нагруженности при проектировании машин и деталей. Нагрузочные блоки и режимы. Трансформация нагрузок в системе двигатель – трансмиссия – рабочий орган машины.

1.3. Сопротивление усталости.

Усталостные разрушения деталей и его причины. Предел выносливости. Факторы, влияющие на предел выносливости. Природа усталостного разрушения. Испытания на усталость. Кривая усталости (кривая Велера). Предел выносливости, предел ограниченной выносливости. Степенное уравнение кривой усталости и его характеристики. Коэффициент долговечности. Эмпирические зависимости между пределом выносливости и пределом прочности для металлических материалов, пределами выносливости при симметричном изгибе и симметричном растяжении (сжатии) и кручении. Факторы, влияющие на предел выносливости: концентрация напряжений, абсолютные размеры поперечного сечения, запрессовка деталей (фреттинг-коррозия), шероховатость поверхности, поверхностное упрочнение. Коэффициент снижения предела выносливости

детали. Испытания деталей машин на сопротивление усталости. Понятие о ресурсе деталей по критерию сопротивления усталости.

Конструктивные и технологические способы повышения сопротивления усталости.

Диаграмма предельных амплитуд; формулы для определения коэффициентов запаса усталостной прочности при одноосном (изгиб и кручение) и сложном (изгиб с кручением) напряженных состояниях.

Расчет на сопротивление усталости при одноосном и двухосном напряженном состоянии.

1.4. Контактные напряжения и контактная прочность.

Основные понятия и определения. Контакт сферических и цилиндрических тел под нагрузкой. Контактные напряжения и деформации, форма площадок контакта. Определение величины контактных напряжений (формула Герца). Виды и механизмы разрушения рабочих поверхностей тел при действии контактных напряжений (из металлических материалов со смазкой и без смазки, из неметаллических материалов без смазки). Понятие о контактной усталости. Контактная прочность и пути ее повышения.

1.5. Основные понятия надежности машин и деталей.

Надежность детали и машины. Долговечность. Ресурс. Отказ. Ремонтопригодность. Сохраняемость. Показатель надежности (вероятность безотказной работы или вероятность неразрушения при выработке требуемого ресурса). Интенсивность отказов. График зависимости интенсивных отказов от наработки за весь период эксплуатации машины (детали).

Средняя наработка до отказа. Основное уравнение теории надежности.

Определение основных характеристик надежности машины, состоящей из сборочных единиц и деталей.

Понятие о расчетах деталей машин на надежность. Повышение надежности изделий.

1.6. Критерии работоспособности и расчета деталей машин.

1.6.1. Прочность деталей машин и методы ее оценки. Классификация и сравнительный анализ методов оценки прочности деталей машин: по допускаемым напряжениям, по запасам прочности (коэффициентам запаса прочности), по вероятности разрушения. Рекомендации по применению рассмотренных методов при расчетах и проектировании деталей машин. Общие требования к прочности деталей машин и способы ее повышения (увеличение прочности материала, применение упрочняющих технологий, конструкционная прочность). Особенности расчетов деталей на прочность.

1.6.2. Жесткость деталей машин и методы ее оценки. Основные понятия. Методы оценки жесткости деталей машин.

Удлинение (укорочение), прогибы, углы поворота, углы закручивания деталей и действующие нормы на них.

Общие требования к жесткости деталей машин и способы ее повышения (конструктивная жесткость, жесткость материала, повышение жесткости технологическими и комбинированными методами). Особенности расчетов деталей на жесткость.

1.6.3. Трение, износ и износоустойчивость. Основные понятия. Физические основы взаимодействия сопряженных поверхностей. Виды сопряженных поверхностей, их взаимодействие и процессы изнашивания. Влияние параметров поверхностей на объемную и контактную прочность сопряженных деталей.

Природа трения скольжения и качения и природа изнашивания. Режимы трения и изнашивания, роль смазочного материала. Основные характеристики жидкостного трения. Понятие об интенсивности изнашивания и оценке износоустойчивости деталей машин. Виды трения и изнашивания деталей. Сухое, граничное, жидкостное и газовое трение.

Понятие об износоусталостном повреждении; трибофатика. Методы оценки износа деталей и современные способы борьбы с изнашиванием.

Трение, износ и износоустойчивость. Физические модели трения скольжения и качения. Принципы расчета деталей на износоустойчивость.

1.6.4. Колебания в машинах и виброустойчивость. Основные понятия. Причины колебаний машин и их деталей: динамические нагрузки. Собственные и вынужденные колебания. Понятия о резонансе и о расчете упругих систем на колебания. Виброустойчивость. Способы предотвращения резонанса (понятие о критической угловой скорости вала), демпфирующие устройства для гашения колебаний. Понятия о виброактивности и виброзащите машин. Уравнения колебаний и основные характеристики. Коэффициент динамичности, резонанс. Расчет упругих систем на крутильные и изгибные колебания.

1.6.5. Влияние температуры на работоспособность деталей машин. Основные понятия. Классификация деталей машин в зависимости от температурных условий работы. Изменение физико-механических свойств конструкционных материалов при низких (отрицательных) и повышенных температурах. Морозо- и теплоустойчивость материалов и конструкций, технологические и конструктивные способы ее повышения.

Особенности расчетов деталей, работающих при пониженных и повышенных температурах.

1.6.6. Коррозия и старение деталей машин. Общие сведения и основные понятия. Природа коррозии и старения. Влияние коррозии и старения на эксплуатационные свойства материалов и деталей машин. Защита от коррозии и последствий старения.

1.7. Общие предпосылки проектирования машин

1.7.1. Точность изготовления деталей. Общие сведения о шероховатости, допусках и посадках деталей машин. Основные понятия о взаимозаменяемости и стандартизации деталей машин: шероховатость поверхности, качества точности, допуски и посадки, назначение посадок. Точность геометрической формы деталей.

1.7.2. Технологичность и экономичность деталей машин. Технологичность и экономичность деталей в зависимости от условий и способов их изготовления. Влияние масштаба производства на методы формообразования детали.

1.7.3. Выбор материалов деталей машин. Классификация машиностроительных материалов; черные и цветные металлы и их сплавы; пластмассы; композиционные и другие новые материалы. Упрочняющая обработка деталей (термическая, химико-термическая, поверхностное пластическое деформирование, комбинированные методы). Общие критерии выбора материалов и назначение упрочняющей обработки при проектировании деталей машин. Основные пути экономии материалов.

1.7.4. Общие принципы проектирования и конструирования деталей и машин. Общие принципы конструирования деталей машин. Стадии и формы организации проектирования. Экономические основы конструирования машин.

Общие сведения о метрологии, стандартизации и информационно-измерительной технике. Управление качеством продукции в соответствии со стандартами ISO.

2. МЕХАНИЧЕСКИЕ ПЕРЕДАЧИ

2.1. Общие сведения о механических передачах и их классификация.

Классификация и сравнительная характеристика механических передач. Назначение передач по принципу действия и по принципу передачи движения от ведущего звена к ведомому. Основные кинематические и силовые соотношения в передачах.

Механический привод машины, кинематические схемы механических приводов. Составление (синтез) кинематических схем механических приводов. Выбор электродвигателя, кинематический и силовой расчет привода.

2.2. Фрикционные передачи.

Общие сведения о фрикционных передачах: принцип работы и устройство, классификация фрикционных передач, достоинства и недостатки, область применения.

Фрикционные передачи с нерегулируемым (постоянным) передаточным отношением. Цилиндрическая передача гладкими катками и условие работоспособности (определение требуемой силы прижатия катков), способы прижатия катков. Материалы катков.

Вариаторы (передачи с плавным бесступенчатым регулированием передаточного отношения), их кинематические схемы и область применения. Диапазон регулирования вариаторов. Вариаторы: лобовые, конусные, многодисковые, шаровые, торовые.

Виды разрушений рабочих поверхностей катков. Критерии работоспособности и расчет передач на прочность.

Принципы проектирования и конструирования фрикционных передач. Физические основы передачи тяговой (окружной) силы упругими элементами через контакты трения. Упругое и геометрическое скольжение, его влияние на передаточное отношение. Силы в передаче. Нагрузки на валы.

Виды отказов и критерии расчета. Расчет на контактную прочность фрикционных тел. Потери на трение. Коэффициент полезного действия.

Особенности расчета и конструирования фрикционных вариаторов.

2.3. Зубчатые передачи.

Общие сведения о зубчатых передачах: принцип работы, достоинства и недостатки, область применения. Классификация зубчатых передач. Основы теории зубчатого эвольвентного зацепления, теорема зацепления. Зацепление двух эвольвентных колес: основные геометрические характеристики эвольвентного зацепления.

Зацепление эвольвентного зубчатого колеса с рейкой. Принцип нарезания зубьев методом обкатки. Делительная окружность. Исходный контур зубчатой рейки. Методы изготовления зубчатых колес. Точность зубчатых передач. Подрезание зубьев. Основные понятия о зубчатых колесах со смещением (корригирование зубьев колес).

2.3.1. Цилиндрические и конические зубчатые передачи. Основные геометрические и кинематические соотношения цилиндрических (прямозубых, косозубых, шевронных) и конических (прямозубых и непрямозубых) передач.

Виды разрушения зубьев. Критерии работоспособности и расчета зубчатых передач. Материалы зубчатых колес и допускаемые напряжения (учет нагрузочного режима, требуемого ресурса). Упрочнение зубьев колес. Смазка зубчатых передач. Коэффициент полезного действия.

Расчет зубчатых передач на прочность. Выбор точности зубчатых передач.

Расчет зубчатых передач на контактную выносливость (усталостную прочность) активных поверхностей зубьев колес. Формулы проверочного и проектного расчетов. Особенности расчета конических передач. Выбор основных параметров и расчетных коэффициентов.

Расчет зубчатых передач на изгибную выносливость (сопротивление усталости зубьев колес при изгибе). Формулы проверочного и проектного расчетов. Особенности расчета конических передач. Выбор основных параметров и расчетных коэффициентов. Конструкции зубчатых колес. Снижение виброактивности зубчатых передач, самоустанавливающиеся зубчатые колеса.

2.3.2. Планетарные зубчатые передачи. Принцип работы и устройство планетарного и дифференциального механизмов. Достоинства и недостатки, область применения. Классификация планетарных зубчатых передач и схемы наиболее распространенных механизмов. Определение передаточных отношений и частот вращения звеньев. Геометрия и силы в планетарной передаче. Силы и моменты на отдельных звеньях. Реакции в опорах. Выравнивание нагрузки между сателлитами. Коэффициент полезного действия.

Условия соосности, соседства и сборки (симметричности расположения сателлитов). Определение чисел зубьев колес.

Расчет и конструирование планетарных зубчатых передач. Особенности расчета зубьев центральных колес на контактную выносливость и на выносливость при изгибе. Особенности конструирования зубчатых колес. Понятия об оптимизации параметров планетарных передач.

Прецессионные передачи. Устройство, особенности геометрия и кинематика. Области применения.

2.3.3. Волновые зубчатые передачи. Принцип работы и устройство. Достоинства и недостатки, область применения. Классификация волновых зубчатых передач и схемы наиболее распространенных механизмов. Конструкции. Геометрические и кинематические соотношения. Передаточное отношение. Нагрузки и напряжения в элементах передачи. Предельный вращающий момент по критерию упругой податливости зубьев. Крутильная жесткость. Моменты пуска и холостого хода. Коэффициент полезного действия передачи. Кинематическая погрешность. Виды повреждений и критерии расчета. Расчет и конструирование волновых зубчатых передач. Виды отказов и критерии расчета. Расчет гибкого колеса на сопротивление усталости. Расчет генераторов волн. Особенности расчета гибких подшипников. Расчет на износостойкость зубьев колес.

2.3.4. Передачи с зацеплением Новикова. Конструкция, применение. Геометрические и силовые соотношения. Основы расчета и конструирования передач с зацеплением Новикова.

2.3.5. Винтовые и гипоидные зубчатые передачи. Конструкция, особенности расчета, конструирования и область применения винтовых и гипоидных зубчатых передач. Винтовые зубчатые передачи: конструкция и область применения. Особенности геометрии и понятия о расчетах зубьев на прочность и износостойкость. Гипоидные передачи. Особенности конструкции и геометрии, понятия о расчете на прочность.

2.4. Передачи винт-гайка.

Общие сведения о передачах винт-гайка: принцип работы, устройство, достоинства и недостатки, область применения. Классификация. Сравнительная характеристика передач с парами скольжения и качения.

Геометрия и силы в передачах. Точность передач. Зависимость между моментом, приложенным к гайке, и осевой силой винта. Самоторможение и КПД винтовой пары. Распределение осевой нагрузки винта по виткам резьбы.

Материалы и виды разрушения элементов передач.

Основы расчета и конструирования передач винт-гайка.

Передачи с парами скольжения. Области применения. Конструкции и материалы винтов и гаек. Основные параметры. Типы резьб. Кинематика. Точность передач. Силы и моменты в винтовой паре. Коэффициент полезного действия. Самоторможение. Виды отказов и критерии расчета. Расчеты на износостойкость, прочность и устойчивость.

Передачи винт-гайка шариковые. Конструкции. Области применения. Материалы деталей. Основные геометрические параметры. Распределение нагрузки по виткам. Потери на трение, коэффициент полезного действия. Точность деталей передачи. Расчет предварительного натяга. Расчеты на прочность, жесткость и долговечность. Рекомендации по изготовлению и эксплуатации.

Передачи винт-гайка роликовые. Принцип действия. Области применения. Основные геометрические параметры. Расчет элементов передачи на статическую прочность и долговечность.

Шариковые винтореечные передачи. Конструкции. Области применения. Основные геометрические параметры.

2.5. Червячные передачи.

Общие сведения о червячных передачах: принцип работы, устройство, достоинства и недостатки, область применения. Классификация. Червячная передача с архиме-

довым червяком. Основные геометрические соотношения, передаточное число. Скорость скольжения в червячных передачах. Изготовление червяков и червячных колес и их конструкции.

Силовые соотношения и КПД червячной передачи. Смазка и смазочные системы червячных передач.

Критерии работоспособности и расчета элементов передачи: требования к износостойкости и жесткости червяка, виды разрушения зубьев червячных колес. Материалы червяков и червячных колес. Допускаемые напряжения для материалов червячных колес. Расчет зубьев колес на циклическую контактную прочность и на сопротивление усталости при изгибе. Формулы проверочного и проектного расчетов. Выбор основных параметров и расчетных коэффициентов.

Тепловой расчет и способы охлаждения червячных передач.

Расчет валов-червяков на жесткость.

Глобоидные червячные передачи, особенности геометрии и расчета.

2.6. Цепные передачи.

Общие сведения о цепных передачах: принцип работы, устройство, достоинства и недостатки, область применения. Классификация. Конструкции деталей цепных передач: приводные цепи, звездочки, натяжные устройства. Применяемые материалы. Сравнительная характеристика передач втулочными, роликковыми и зубчатыми цепями. Основные геометрические соотношения в передачах. Передаточное число.

Силовые соотношения в цепных передачах. Критерии работоспособности. Расчеты цепных передач (проверочный и проектный). Методика подбора стандартных цепей. Смазка цепных передач.

Основы конструирования цепных передач.

2.7. Ременные передачи

Общие сведения о ременных передачах: принцип работы, устройство, достоинства и недостатки, область применения. Классификация. Конструкции деталей ременных передач: приводные ремни, шкивы, натяжные устройства. Применяемые материалы для деталей ременных передач.

Сравнительная характеристика передач плоскими, клиновыми, поликлиновыми и зубчатыми ремнями. Основные геометрические соотношения в передачах.

Силовые соотношения в ременных передачах. Напряжения в ветвях ремня. Кинематика передач, скольжение ремня на шкивах. Передаточное отношение.

Расчет ременных передач по тяговой способности.

Расчет *плоскоремennых* передач. Выбор основных параметров и расчетных коэффициентов. Расчет *плоскоремennых* передач.

Особенности работы и расчет *клиноремennых* передач и *поликлиноремennых* передач.

Зубчато-ременные передачи. Критерии работоспособности и основы расчета.

Принципы конструирования ременных передач.

3. НЕСУЩИЕ, ПОДДЕРЖИВАЮЩИЕ, КОРПУСНЫЕ И УПРУГИЕ ДЕТАЛИ

3.1. Оси и валы.

Оси и валы, их назначение и классификация. Конструктивные элементы. Материалы осей и валов. Критерии работоспособности и расчет валов и осей на статическую и усталостную прочность. Проектный и проверочный расчеты валов. Проектный и проверочный расчеты осей. Конструирование осей и валов, рациональные конструкции. Способы повышения сопротивления усталости на стадии проектирования валов и осей. Расчет валов и осей на жесткость и колебания. Основы вероятностных расчетов валов на статическую прочность и усталостную долговечность.

3.2. Опоры осей и валов (подшипники).

Общие сведения. Назначение, принцип и условия работы, классификация опор осей и валов. Подшипники скольжения и качения.

3.2.1. Подшипники скольжения. Подшипники скольжения: устройство, достоинства и недостатки; классификация, основные типы и область применения. Виды трения и режимы работы подшипников скольжения. Материалы и смазка.

Виды разрушения и основные критерии работоспособности. Нагрузочная способность, расчет на износостойкость и теплостойкость. Подшипники скольжения, работающие без смазки и в режиме смешанного трения.

3.2.2. Подшипники качения. Подшипники качения: устройство, достоинства и недостатки, сравнительная характеристика подшипников скольжения и качения. Классификация и маркировка подшипников качения. Основные типы подшипников качения и области их применения. Особенности работы радиально-упорных шарико- и роликоподшипников. Статическая и динамическая грузоподъемность и подбор подшипников качения. Расчет подшипников качения на долговечность. Ограничения по предельной частоте вращения. Особенности работы и конструкции высокоскоростных подшипников качения. Посадки подшипников качения. Рекомендации по конструированию сборочных единиц, содержащих подшипники качения. Смазочные материалы и конструкции уплотнений. Монтаж, демонтаж и регулировка подшипников качения.

3.3. Корпусные детали, рамы, направляющие, устройства для смазывания и уплотнения.

3.3.1. Корпусные детали, направляющие, устройства для смазывания и уплотнения.

Корпусные детали: назначение, классификация, области применения. Конструкции корпусов и требования к ним. Способы изготовления и материалы. Основные геометрические параметры для литых и сварных (штампосварных) корпусов и их выбор при конструировании.

Рамы: назначение, классификация, области применения. Конструкции рам и требования к ним. Способы изготовления и материалы. Основные геометрические параметры рам и их выбор при конструировании.

Направляющие скольжения и качения: назначение, типы, конструкции, классификация, области применения. Понятие о расчетах несущей способности.

Общие сведения о гидро- и газостатических направляющих.

Уплотнения: назначение, классификация (типы, конструкции), области применения.

Устройства для смазывания: назначение, классификация (типы, конструкции), области применения.

Смазочные материалы, их классификация и выбор. Конструкции смазочных и уплотнительных узлов. Типовые конструкции узлов для подачи, контроля, очистки и охлаждения масла.

3.3.2. Упругие детали и сборочные единицы машин.

Назначение (аккумулирование энергии и демпфирование колебаний в машинах), классификация и области применения упругих деталей и сборочных единиц машин. Геометрические параметры и рабочие характеристики цилиндрических витых пружин растяжения и сжатия, их расчет и конструирование. Средства виброзащиты и борьбы с колебаниями в машинах. Амортизаторы, рессоры и упругие подвески (общие сведения). Схемы и области применения. Несущая и демпфирующая способность. Понятие о расчетах на долговечность (сопротивление усталости). Резиновые упругие элементы: демпферы и амортизаторы. Устройство. Особенности подбора, конструирования и расчета.

4. СОЕДИНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН.

Назначение и общая классификация соединений деталей и сборочных единиц машин. Неразъемные и разъемные соединения. Сравнительная характеристика, достоинства, недостатки и области применения различных классов соединений.

4.1. Неразъемные соединения.

4.1.1. Сварные соединения.

Классификация, конструкции и материалы сварных соединений. Расчет сварных соединений на срез при постоянной нагрузке. Допускаемые напряжения для сварных соединений. Понятия о расчете сварных соединений при переменном нагружении.

4.1.2. Заклепочные соединения: классификация, конструкции и материалы заклепок. Расчет на прочность заклепок и соединяемых деталей. Материалы и допускаемые напряжения.

4.1.3. Паяные соединения: конструкции, материалы деталей и припои. Особенности расчета, допускаемые напряжения.

4.1.4. Клеевые соединения. Виды соединений: клеесварные, клеезаклепочные, клеерезьбовые и клеевые соединения с натягом. Процесс склеивания. Клеевые материалы. Особенности расчета.

4.2. Разъемные соединения.

4.2.1. Штифтовые соединения: конструкции соединений и штифтов. Применяемые материалы. Особенности расчета штифтов. Материалы и допускаемые напряжения.

4.2.2. Шпоночные соединения. Основные типы стандартных шпонок, их классификация и сравнительная характеристика соответствующих соединений. Расчет соединений призматическими и сегментными шпонками. Материалы и допускаемые напряжения.

4.2.3. Шлицевые соединения. Классификация по характеру соединения, по форме зубьев, по способу центрирования ступицы относительно вала. Соединения с прямобочными и эвольвентными зубьями и их сравнительная характеристика. Расчет шлицевых прямобочных соединений. Материалы и допускаемые напряжения.

4.2.4. Профильные соединения. Конструкции. Несущая способность. Особенности расчета профильных соединений. Материалы и допускаемые напряжения.

4.2.5. Резьбовые соединения.

Общие сведения о резьбовых соединениях. Основные типы резьб, их классификация; обоснование выбора профиля резьбы. Геометрические параметры, характеризующие резьбу. Основные типы крепежных деталей и способы стопорения резьбовых соединений. Силовые соотношения в резьбе; условие самоторможения. Зависимость между усилием затяжки и силой на ключе. Контроль усилия затяжки, динамометрические ключи.

Материалы резьбовых деталей, классы прочности резьб. Способы изготовления резьбы. Допускаемые напряжения при контролируемой и неконтролируемой затяжках. Расчет на прочность стержня винта (болта, шпильки) при постоянной осевой нагрузке. Основные расчетные случаи: затянутый болт без внешней осевой нагрузки; затянутый болт с дополнительной осевой силой; болт нагружен поперечной силой (2 случая – болт поставлен с зазором и без зазора).

Распределение нагрузки по виткам резьбы. Понятие о расчетах витков резьбы на прочность. Способы повышения прочности и надежности резьбовых соединений (конструктивные и технологические).

Применение, расчет и конструирование групповых болтовых соединений.

4.2.6. Соединения с натягом. Общие сведения. Цилиндрические и конические соединения с натягом, конструкции соединений. Способы сборки. Достоинства и недо-

статки, область применения. Расчет соединений с натягом в зависимости от передаваемых нагрузок. Выбор стандартной посадки. Проверка прочности деталей соединения.

Проблема повышения сопротивления усталости соединений с натягом. Конструирование соединений с натягом.

4.3. Муфты.

Муфты: назначение и классификация. Виды погрешностей взаимного расположения валов. Дополнительные нагрузки на валы, создаваемые муфтами. Устройство и принцип действия основных типов муфт, их сравнительная характеристика. Методика подбора стандартных муфт по типу и по расчетному моменту. Расчетные нагрузки и моменты. Выбор стандартных муфт.

Глухие муфты, их конструкции и расчет. Жесткие компенсирующие муфты, их конструкции и расчет.

Упругие (эластичные) муфты и их свойства. Компенсирующая и демпфирующая способность муфт. Характеристика упругой муфты линейная и нелинейная. Конструкции и расчет.

Управляемые и самоуправляемые муфты, конструкции и особенности подбора и расчета.

5. РЕДУКТОРЫ, МОТОР-РЕДУКТОРЫ, КОРОБКИ ПЕРЕДАЧИ МЕХАНИЗМЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МОЩНОСТИ.

Общие сведения о редукторах, мотор-редукторах и коробках перемены передач и подач. Назначение, устройство, классификация, конструкции. Основные параметры редукторов и коробок передач, подач и раздаточных. Мотор-редукторы.

Конструкции зубчатых, червячных и других типов редукторов и коробок передач, подач и раздаточных. Определение параметров зацепления.

Методика выбора стандартных редукторов и мотор-редукторов в зависимости от нагрузки и скорости рабочего органа механического привода. Основные принципы проектирования редукторов, мотор-редукторов, коробок передач, подач и раздачи мощности.

6. ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МАШИН.

6.1. Общие принципы проектирования машин.

Понятия проектирования и конструирования. Основные этапы создания технических систем. Техническое задание. Стадии и формы организации проектирования машин и их деталей. Основы конструирования: принципы и методика конструирования. Влияние масштаба производства на методы формообразования деталей. Системное проектирование: показатели качества, необходимость ограничений, комплекс критериев. определение экономически благоприятных переменных, установление потребностей. Методы поиска идей; реализация их в конкретных технических системах. Основы методологии проектирования. Обзор исследований в этой области. Проектирование и искусственный интеллект. Понятия и принципы методологии проектирования. Принципы конструирования. Свойства и особенности конструкции. Определение задачи. Построение модели. Изучение сферы приложения. Экономические основы конструктивных характеристик. Прогнозирование конструкции. Конструктивная преемственность. Проблемы снижения массы и металлоемкости, повышения надежности. Конкурентоспособность. Комплекс принципов конструкции: равнопрочность, оптимальное нагружение (увеличение постоянства и равномерности распределения нагружения и напряжений), использование начальных нагрузок, уменьшение возможности появления ударных нагрузок, уменьшение энергетических потерь, выбор оптимального материала (критические напряжения как проявление закона относительного постоянства, формоустойчивость), оптимальная стабильность, ограниченность многообразия, оптимальное соотношение взаимосвязанных величин.

Перспективы развития конструкций и расчетов деталей машин. Использование новых конструкционных материалов и эффективных конструктивных решений в машиностроении.

6.2. Понятия о численных методах расчета деталей машин.

Численные методы анализа прочности и жесткости сложных сборочных единиц и деталей машин при простом и сложном напряженном состоянии. Понятия о методах конечных разностей, ортогонализации, минимума полной энергии, конечных элементов, их краткая сравнительная характеристика и рекомендации по использованию.

Основные положения метода конечных элементов (МКЭ) и уравнения. Критерии сходимости. Типы конечных элементов. Конечно-элементные модели. Принципы и особенности расчета деталей и сборочных единиц машин на прочность методом конечных элементов. Внешние нагрузки, внутренние силы, напряженно-деформированное состояние. Примеры расчета деталей машин МКЭ.

6.3. Понятия о вероятностных методах расчета и прогнозирование надежности деталей машин.

Размеры деталей, свойства материалов, точность изготовления, нагруженность машин и деталей как случайные варьирующие величины. Связь между вероятностью неразрушения детали и запасом ее прочности. Вероятностные диаграммы усталости. Понятие о расчете ресурса (расчете на долговечность) деталей в вероятностном аспекте.

Основные положения теории вероятностей. Важнейшие законы распределения случайных величин, их характеристики и примеры применения. Квантильный метод вероятностного расчета прочности деталей машин. Связь между вероятностью неразрушения детали и запасом ее прочности. Вероятностные диаграммы усталости. Расчет ресурса деталей в вероятностном аспекте. Опытно-статистический метод оценки надежности деталей. Расчет на долговечность на основе регрессионного анализа опытных данных. Примеры прогнозирования надежности деталей машин.

6.4. Понятия об оптимальном проектировании деталей машин.

Основные задачи и проблемы оптимального проектирования деталей машин (ОПДМ), его содержание.

Понятия о математических моделях оптимального проектирования, одно- и многокритериальных задачах оптимизации конструкций.

Математические модели оптимального проектирования. Однокритериальная и многокритериальная задачи оптимизации конструкций. Методы решения задач ОПДМ, их программное обеспечение. Пример оптимального проектирования зубчатого редуктора минимальных размеров.

6.5. Виртуальное конструирование узлов и деталей машин

Общие принципы виртуального конструирования узлов и деталей машин.

Твердотельное (3D-) моделирование деталей и узлов. Виртуальная компоновка сборочных единиц и узлов машин. Использование программных инженерных пакетов (AUTOKAD, КОМПАС, SolidWorks, YUNIGRAPHIKS, ProINGENEUR и др.).

Анализ статического напряженно-деформированного состояния (НДС) деталей машин и конструкций и методика совершенствования конструкций изделий. Использование программных пакетов инженерного анализа (SolidWorks, KOSMOS, NASTRAN, ProINGENEUR, ANSYS, LMS и др.).

Динамическое моделирование и анализ НДС в реальном режиме переменного нагружения деталей машин и конструкций и методика совершенствования конструкций изделий. Использование программных пакетов инженерного анализа (ADAMS, SolidWorks, KOSMOS, NASTRAN, PATRAN, ProINGENEUR, ANSYS, LMS и др.).

Виртуальная отработка технологии изготовления и конструкторско-технологическое обоснование рациональности изделий.

Виртуальная обработка рациональности изделий по критериям эргономики.

Виртуальная обработка и обоснование рациональности изделий по критериям технологичности изготовления, удобства и безопасности эксплуатации, обслуживания и утилизации.

Виртуальная обработка дизайна и конструкторско-технологическое и технико-экономическое обоснование рациональности изделий.

Виртуальные испытания и прогнозирование функциональной работоспособности, нагруженности, ресурса и других показателей надежности.

Автоматизированная разработка 2D-чертежей на основе созданных оптимальных 3D-моделей узлов, конструкций и деталей машин.

Основные принципы автоматизированного изготовления на основе созданных оптимальных 3D-моделей (2D-чертежей) узлов, конструкций и деталей машин. Изготовление с использованием цифровых технологий и технологического оборудования с числовым программным управлением (ЧПУ). 3D-печать деталей, узлов и конструкций и их элементов.

6.6. Понятия об автоматизированном проектировании машин и деталей.

Общие сведения об автоматизированном проектировании. Многовариантность расчетов. Принципы построения системы автоматизированного проектирования (САПР).

Структура и материально-техническая основа САПР. Виды обеспечения САПР: техническое, методическое, математическое, лингвистическое и программное.

Понятия о системах автоматизированной обработки графической части конструкторской документации.

Общие представления о связи САПР и автоматизированной системы технологической подготовки производства с автоматизированным производственным процессом.

Составление программ расчета деталей машин и их применение. Расчеты деталей машин (численными и вероятностными методами) на прочность и долговечность с использованием стандартных и известных программных пакетов.

Выполнение расчетов и чертежей деталей и сборочных единиц машин с применением известных прикладных пакетов для ЭВМ (AUTOCAD, КОМПАС, SolidWorks, ANSYS, NASTRAN, ADAMS и др.).

Использование САПР при проектировании деталей и сборочных единиц машин. Формирование исходных данных к расчетам. Проведение расчетов деталей, сборочных единиц и узлов (многовариантность расчетов). Системы автоматизированной обработки графической части конструкторской документации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Скойбеда А.Т., Капуста П.П. О программе учебного инженерного спецкурса "Проектирование трибоузлов машин" / Трибофатика: Труды 4-го Международного симпозиума по Трибофатике (ISTF 4), 23 – 27 сентября 2002 г., Тернополь (Украина) // Отв. ред. В.Т. Троценко. – Тернополь: Тернопольский государственный технический университет имени И. Пулюя, 2002 г., в 2 – х томах, Т. 2. – С. 802 – 809.
2. Капуста П.П. Разработка структуры и содержания учебного пособия по курсу "Проектирование трибоузлов машин" для механических специальностей ВТУ-Зов / Современные методы проектирования машин // Под общ. ред. П.А. Витязя. - Вып. 2. В 7 томах. - Т. 7. Экономические аспекты проектирования машин. Теория и практика технического образования. - Мн., 2004. - С. 95-104.

3. Капуста П.П. *Техническая механика / Типовая учебная программа (Утверждена Министерством образования РБ) // Минск: Республиканский институт профессионального образования, 2002. – 43 с.*
4. Капуста П.П. *Методические рекомендации преподавания раздела “Детали машин” в курсе “Техническая механика” / Машиностроение: Сб. научн. трудов // Под ред. И.П. Филонова. – Мн., 2002. – Вып. 18.*
5. Капуста П.П., Бондаренко А.Г. *Методическое обоснование структуры курса “Основы проектирования машин” для инженерно-экономических специальностей / Машиностроение: Республиканский межведомственный сборник научных трудов. Вып. 20, в двух томах. Т. 1 // Под ред. И.П. Филонова. – Минск: УП “Технопринт”, 2004 г., С. 305-313.*
6. Выгонный А.Г., Капуста П.П. *Интегрированная автоматизация проектирования в учебном процессе / Материалы краткосрочных курсов повышения квалификации преподавателей ВУЗов и ССУЗов “Проблемы преподавания дисциплин “Детали машин”, “Прикладная механика” и “Техническая механика” в ВУЗах и ССУЗах Республики Беларусь” (16-20 марта 1998 г., г. Минск) // Под ред. д.т.н., профессора А.Т. Скойбеды. – Минск: Изд-во “Редакция журнала “Тыдзень”. – 1998. - С. 10...18.*
7. Капуста П.П. *Разработка типовой программы по курсу “Детали и проектирование машин” для механических специальностей ВТУЗов / Современные методы проектирования машин // Под общ. ред. П.А. Витязя. - Вып. 3. В 7 томах. - Т. 7. Экономические аспекты проектирования машин. Теория и практика технического образования. - Мн., 2009. - С. 95-104.*