

**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ**

---

Н.А. Бородин, О.Ф. Машошин, С.Н. Луканин

**ДЕТАЛИ МАШИН**

**ПОСОБИЕ**  
к изучению дисциплины

*для студентов IV курса  
специальности 160901  
заочного обучения*

Москва - 2007

**МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ**  
**ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ**  
**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ**  
**ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**  
**ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ**

---

**Кафедра технической механики**  
Н.А. Бородин, О.Ф. Машошин, С.Н. Луканин

**ДЕТАЛИ МАШИН**

**ПОСОБИЕ**  
к изучению дисциплины

*для студентов IV курса*  
*специальности 160901*  
*заочного обучения*

Москва – 2007

Рецензент докт. техн. наук, проф. С.П. Борисов  
Бородин Н.А., Машошин О.Ф., Луканин С.В.

Детали машин. Пособие к изучению дисциплины. – М.: МГТУ ГА, 2007. \_\_с.

Данное пособие издается в соответствии с учебным планом и программой дисциплины для студентов IV курса специальности 160901 заочного обучения.

Рассмотрено и одобрено на заседании кафедры 30.10.07 г. и методического совета 01.11.07 г.

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ «ДЕТАЛИ МАШИН»

## 1. Учебный план дисциплины

Дисциплина «Детали машин» изучается студентами 4 курса. Она включает теоретическую часть, изучаемую студентами самостоятельно по рекомендуемым учебникам и программе, приведенным ниже.

Рекомендации по изучению дисциплины даются на установочной лекции, читаемой во время лабораторно-экзаменационной сессии на 3 курсе. Во время лабораторно-экзаменационной сессии на 4 курсе студенты слушают цикл обзорных лекций в объеме ... часов. На лекциях излагаются основные и наиболее сложные для самостоятельного изучения темы.

Учебный план, кроме лекций, состоит из цикла лабораторных работ и курсового проекта.

## 2. Цель и задачи дисциплины

### 2.1. Цель изучения дисциплины:

2.1.1. Формирование у студента инженерного мышления на основе теоретических знаний в области механики.

2.1.2. Формирование у будущих специалистов по эксплуатации летательных аппаратов и авиационных двигателей систематизированных глубоких знаний об основах конструирования и расчета деталей машин, критериях работоспособности, видах и физических причинах отказов деталей в эксплуатации. Полученные знания и умения являются основой для изучения современной авиационной техники и профессиональной её эксплуатации, обеспечивающей безопасность полетов летательных аппаратов, служит базой для изучения специальных дисциплин.

### 2.2. Задачи изучения дисциплины:

2.2.1. Дисциплина «Детали машин» завершает цикл общетехнических дисциплин, обеспечивающих общеинженерную

подготовку специалистов по эксплуатации летательных аппаратов и авиационных двигателей. Формируемые при её изучении знания и умения необходимы инженерам-механикам для квалифицированной профессиональной эксплуатации как различных систем ЛА и АД, так и машин и механизмов наземного оборудования аэропортов и авиаремонтных предприятий.

2.2.2. В результате изучения дисциплины студенты должны знать:

- виды и физические причины отказов деталей машин в эксплуатации, критерии работоспособности деталей, влияние различных конструктивных и эксплуатационных факторов на долговечность и надежность деталей;
- знать основы теории расчёта и проектирования деталей машин;

2.2.3. В результате изучения дисциплины студенты должны уметь:

- определять виды повреждения и устанавливать причины отказов деталей в связи с условиями эксплуатации изделий авиационной техники;
- выполнять проектные и проверочные расчёты деталей машин, разрабатывать их конструкцию на основании технического задания;
- оформлять графическую и текстовую документацию в соответствии с требованиями ЕСКД.

### 3. Базовые дисциплины и формируемые ими умения, усвоение которых необходимо для изучения дисциплины «Детали машин»

Дисциплина «Детали машин» завершает цикл общетехнических дисциплин и для её изучения необходимы знания и умения, формируемые изученными ранее дисциплинами: высшей математикой, физикой, теоретической механикой, сопротивлением материалов, теорией механизмов и машин, авиационным материаловедением, технологией обработки авиаматериалов, инженерной графикой.

Особое значение имеет дисциплина «Сопротивление материалов», в которой изучаются методы расчёта элементов конструкций при различных видах их нагружения.

Для успешного освоения дисциплины «Детали машин» студент должен уметь:

- различать марки конструкционных материалов, определять по справочной литературе характеристики механических свойств материалов, различать виды, достоинства и недостатки термической и химико-термической обработки деталей машин;

- определять действующие на детали нагрузки, составлять уравнения равновесия систем сил и определять реакции связей, составлять для заданного объекта расчётную схему;

- составлять условия прочности для различных видов нагружения;

- выполнять расчёты на прочность элементов конструкций, работающих при напряжениях, переменных во времени с учетом различных конструкционных, технологических и эксплуатационных факторов;

- назначать тип посадок, необходимые допуски на изготовление деталей, допустимую шероховатость их поверхности;

- выполнять чертежи деталей в соответствии с требованиями ЕСКД.

#### 4. Дисциплины, в которых используются знания и умения, формируемые дисциплиной «Детали машин»

«Детали машин» - является базой дисциплиной для изучения последующих специальных дисциплин: «Конструкция и прочность авиационных двигателей» «Конструкция и прочность летательных аппаратов», «Техническая эксплуатация ЛА и АД», «Ремонт ЛА и АД».

## 5. Рекомендуемая литература

### 5.1. Основная учебная литература.

1. Иванов М.Н. Детали машин. М.: Высшая школа, 2000.

### 5.2. Дополнительная литература.

2. Н.А. Бородин, О.Ф. Машошин, С.Н. Луканин. Детали машин. Пособие к изучению дисциплины для студентов IV курса специальности 160901 заочного обучения. М.: МГТУ ГА, 2007.
3. Бородин Н.А., Ильяшенко Д.В., Луканин С.Н. Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Прикладная механика» (часть 2 «Детали машин») для студентов специальности 130300.
4. Н.А. Бородин, С.А. Борисов. «Детали машин. Пособие к выполнению курсового проекта» для студентов IV курса специальности 130300 заочного обучения. М., МГТУГА – 2002.
5. Дунаев П.Ф., Леликов О.П. Конструирование узлов и деталей машин. М: Высшая школа 2001.

## 6. Программа дисциплины и методические указания к изучению тем программы

При изучении дисциплины обратите особое внимание на центральные вопросы темы, разберитесь в решении задач, приведенных в учебнике, убедитесь, можете ли вы ответить на все вопросы, приведенные в программе по каждой теме.

### **Раздел 1. Основы проектирования деталей машин [1]**

Основные понятия и определения: деталь, сборочная единица (узел), машина. Классификация деталей машин. Основные задачи дисциплины.

Основные требования, предъявляемые к машинам и их частям. Виды нагрузок действующих на детали машин.

Надежность и долговечность машин и их деталей. Основные понятия и определения. Виды отказов. Значение проблемы повышения надежности и долговечности изделий авиационной техники и пути их повышения.

Основные критерии работоспособности и расчёты деталей машин: прочность, жесткость, износостойкость, виброустойчивость, теплостойкость. Основы расчётов по этим критериям. Последовательность процесса проектирования. Понятие о проектном и проверочном расчете.

Запас прочности и допускаемые напряжения, общие основания их выбора при постоянных и переменных нагрузках.

Материалы, применяемые в машиностроении и их классификация. Основные принципы выбора материала для детали. Применение термической и химико-термической обработки деталей. Технологические требования, предъявляемые к конструкции детали. Стандартизация деталей машин.



### Центральные вопросы темы:

Требования, предъявляемые к машинам и их деталям. Критерии работоспособности и расчета деталей машин. Виды отказов деталей в эксплуатации. Расчёты на прочность при постоянных и переменных нагрузках, усталость материалов. Запас прочности и его назначение. Последовательность процесса проектирования. Проектный и проверочный расчеты деталей.

### Вопросы для самопроверки

1. Какие требования предъявляют к машинам и их деталям?
2. Главные критерии работоспособности деталей. Как устанавливают, по какому критерию работоспособности нужно выполнять расчёты детали?
3. Зачем нужен запас прочности детали? Как он определяется? Как определяют предельное и допускаемое напряжения при расчетах деталей на прочность?
4. Что такое усталость материалов и при каких напряжениях она возникает?
5. Что такое износостойкость детали и от чего она зависит? Как повысить износостойкость детали?

## **Раздел 2. Соединения деталей машин**

Классификация соединений. Соединения разъёмные и неразъёмные. Назначение и применение различных соединений, их достоинства и недостатки.

## Тема 2.1. Резьбовые соединения [1], Глава 1.

Основные определения. Применение резьбовых соединений в авиационных конструкциях.

Классификация резьб. Основные их параметры. Стандарты на резьбы. Основные виды крепежных резьбовых соединений. Предохранение резьбовых соединений от самоотвинчивания. Материалы резьбовых соединений.

Нагрузки, действующие в резьбовых соединениях. Момент завинчивания (отвинчивания). Определение усилий в затянутом резьбовом соединении. Коэффициент основной нагрузки. Способы контроля силы затяжки. Распределение основной нагрузки, по виткам резьбы. Самоторможение и КПД винтовой пары.

Виды повреждений резьбовых деталей. Расчет на прочность стержня винта (шпильки) при статических нагрузках. Проверка прочности элементов резьбы. Определение высоты чайки и глубины завинчивания винтов и шпилек. Расчет резьбовых соединений, нагруженных силами и моментами в плоскости стыка и в плоскости, перпендикулярной стыку деталей. Расчет соединений, включающих группу винтов (шпилек). Прочность резьбовых деталей при переменных нагрузках.

### Центральные вопросы темы:

Нагрузки, действующие в затянутом резьбовом соединении. Определение силы затяжки резьбового соединения. Коэффициент основной нагрузки. Определение расчетной нагрузки в затянутом резьбовом соединении. Виды повреждений резьбовых деталей в эксплуатации. Расчет групповых резьбовых соединений, нагруженных силами и моментами в плоскости стыка деталей и в плоскости перпендикулярной стыку.

## Вопросы для самопроверки

1. Виды разрушения резьбовых деталей в эксплуатации.
2. Как определяется сила затяжки резьбового соединения?
3. Что такое коэффициент основной (рабочей) нагрузки?
4. Как определяется расчетная нагрузка на затянутое резьбовое соединение?
5. Как определяется величина момента завинчивания для получения определенной силы затяжки?
6. Какие существуют способы контроля силы затяжки?
7. Какие существуют способы предохранения резьбовых соединений от самоотвинчивания?
8. Как определяется положение наиболее нагруженного винта (шпильки) в групповом резьбовом соединении?
9. Чем отличаются расчеты групповых резьбовых соединений, нагруженных силами и моментами в плоскости стыка деталей при постановке болтов с зазорами и без зазора?

## Тема 2.2. Заклёпочные соединения [1]. Глава 2

Общие сведения о конструкции и технологии заклёпочных соединений. Достоинства и недостатки заклёпочных соединений, их применение в авиационных конструкциях.

Основные типы заклёпочных соединений, применяемых в авиационных конструкциях.

Расчёт на прочность заклёпочных соединений, нагруженных силами и моментами. Расчёт заклёпок на срез и смятие. Расчёт на прочность соединяемых элементов. Расчёт соединений на усталость при переменных нагрузках.

#### Центральные вопросы темы:

1. Типы заклёпочных соединений, применяемых в авиационных конструкциях.
2. Условия прочности заклёпок на срез и смятие.
3. Определение положения наиболее нагруженной заклёпки при нагружении соединения силами и моментами. Расчёт на прочность соединений при различных видах нагружения.

#### Вопросы для самопроверки

1. В чем заключается расчёт на прочность заклёпочного соединения?
2. Чем отличаются расчеты на прочность соединений, нагруженных только продольными силами, и соединений нагруженных силами и моментами?
3. Почему в летательных аппаратах гражданской авиации применяют заклёпочные, а не сварные соединения?

#### **Тема 2.3. Сварные соединения [1], Глава 3**

Общие сведения о конструкции и технологии сварных соединений. Достоинства и недостатки. Типы сварных швов и соединений. Применение сварных соединений в общем машиностроении и в авиации. Концентрация напряжений и остаточные напряжения в сварных швах.

Расчёт сварных соединений при различных видах нагружения.

#### Центральные вопросы темы:

1. Типы сварных швов и сварных соединений.
2. Расчёт сварных швов на срез при различных действующих нагрузках.

## Вопросы для самопроверки

1. Какие существуют способы сварки?
2. Какими достоинствами и недостатками обладают сварные соединения по сравнению с заклепочными?
3. Почему ограничено применение сварных соединений в конструкциях планера летательных аппаратов?
4. В чём заключается условие прочности сварных соединений?
5. Какое влияние на прочность и долговечность сварных швов оказывает концентрация напряжений и остаточные напряжения в швах?
6. Как выполняют расчёт на прочность сварных соединений в нахлестку при нагружении продольной силой?
7. Как выполняют расчёт на прочность сварных соединений, нагруженных моментом, моментом и продольной силой?

### **Тема 2.4.** Соединения «вал - ступица» [1], Главы 6,7

Классификация соединений. Шпоночные соединения. Типы шпонок. Достоинства и недостатки шпоночных соединений. Определение размеров шпонок. Расчёт шпонок на прочность. Стандарты на шпонки.

Зубчатые (шлицевые) соединения. Их применение в общем машиностроении и в авиации. Достоинства и недостатки соединений. Типы центрирования. Расчет на прочность.

Соединения с гарантированным натягом, их достоинства и недостатки, области применения. Несущая способность соединений с натягом. Рассеяние характеристик несущей способности соединений в связи с рассеянием натягов. Расчёт необходимых натягов при различных видах нагружения соединений. Проверочный расчёт соединений на прочность. Технология сборки (разборки) соединений с натягом.

### Центральные вопросы темы

Назначение соединений «вал-ступица». Сравнительные достоинства и недостатки различных соединений, области их применения. Определение размеров шпонок и шлицев. Проверочные расчёты шпоночных и шлицевых соединений на прочность. Достоинства и недостатки соединений с натягом по сравнению со шпоночными и шлицевыми соединениями. Области применения соединений с натягом. Рассеяние несущей способности соединений с натягом. Расчёт натягов при различных нагрузках.

### Вопросы для самопроверки

1. Как выбирают тип соединения «вал-ступица»?
2. Как определяют размеры поперечного сечения шпонок и шлицев?
3. По каким напряжениям выполняют проверочные расчёты на прочность шпоночных и шлицевых соединений?
4. Почему существует рассеяние несущей способности соединений с натягом?
5. В чем заключается проектный расчёт соединений с натягом?
6. Как собирают соединения с натягом?
7. Как обеспечивается взаимная неподвижность деталей с натягом при различных видах нагружения?

### Раздел 3. Передачи

Назначение механических передач, их классификация. Передачи с постоянным и переменным передаточным числом. Общие кинематические и энергетические соотношения для механических передач.

### Тема 3.1. Зубчатые передачи [1], Глава 8 (§§1 – 13)

Основные понятия и определения. Классификация. Достоинства и недостатки, области применения. Основные сведения из геометрии и кинематики эвольвентных передач. Процесс передачи нагрузки. Конструкции зубчатых колес. Материалы, термическая и химико-термическая обработки зубчатых колес.

Повреждения зубьев в эксплуатации. Критерии работоспособности и расчёта зубчатых передач. Определение расчётной нагрузки, концентрации нагрузки, её динамичности. Силы действующие на зубья цилиндрических прямозубых, цилиндрических косозубых и конических колес. Расчёт зубчатых передач на контактную выносливость рабочей поверхности зубьев цилиндрических и конических зубчатых передач. Проектный расчёт передач, определение диаметров колес, их ширины, модуля и числа зубьев колес. Проверочный расчет зубьев колес на изгиб. Определение допускаемых напряжений.

#### Центральные вопросы темы

Назначение передач, их кинематические характеристики. Виды повреждений зубьев в эксплуатации, критерии работоспособности передач. Определение размеров зубчатых колес из проектного расчёта передач на контактную выносливость поверхности зубьев. Определение модуля и числа зубьев. Проверочный расчёт зубьев на изгиб. Определение сил действующих на зубья колес.

#### Вопросы для самопроверки

1. По каким основным признакам классифицируют зубчатые передачи?
2. Какие основные достоинства зубчатых передач по сравнению с другими передачами, что и, определяет их широкое применение в машиностроении?

3. Какие критерии работоспособности положены в основу проектного и проверочного расчёта передач?
4. Как определяют диаметры колес, их ширину, модуль и число зубьев?
5. Как определяют силы, возникающие в зацеплении различных видов зубчатых передач?
6. Какие виды термической и химико-термической обработки применяют для повышения прочности зубьев колес?
7. Как определяют допускаемые напряжения для расчёта передач на контактную выносливость поверхности зубьев и на изгиб?

### **Тема 3.2. Червячные передачи [1], Глава 9**

Общие сведения. Достоинства и недостатки, области применения. Геометрия и кинематика червячных передач. Силы, действующие в зацеплении, КПД передачи. Материалы червячного колеса и червяка. Виды повреждения зубьев колеса. Критерии работоспособности и расчета передач. Определение расчетной нагрузки. Проектный расчет передачи на контактную выносливость поверхности зубьев колеса. Определение диаметров колеса и червяка, числа зубьев колеса и модуля. Проверочный расчет передачи на изгиб зубьев колеса. Определение допускаемых напряжений. Тепловой расчет передачи. Конструкция червячных редукторов.

#### **Центральные вопросы темы**

Геометрия и кинематика червячных передач. Силы, действующие в зацеплении. Критерии работоспособности передачи. Расчет передач на прочность зубьев колес.



### Вопросы для самопроверки

1. Достоинства и недостатки червячных передач.
2. Как определяется передаточное отношение червячной передачи?
3. Почему червячная передача имеет значение КПД меньше, чем зубчатая?
4. В чем заключается условие самоторможения червячной передачи? В каких случаях следует применять самотормозящую передачу?
5. Из каких материалов изготавливают червяк и червячное колесо?
6. По каким формулам определяют силы, действующие в червячном зацеплении?
7. По каким критериям работоспособности выполняют проектный и проверочные расчёты передачи?
8. Как определяют диаметры червяка и червячного колеса, число заходов червяка, число зубьев колеса?

### Тема 3.3. Ременные передачи [1], Глава 12

Общие сведения, основные характеристики. Достоинства и недостатки, области применения. Геометрия и кинематика ременных передач. Скольжение в передаче. Критерии работоспособности и расчета передачи. Расчёт передачи на тяговую способность. Расчёт ремня на долговечность. Определение нагрузок на валы. Последовательность проектного расчёта передач.

#### Центральные вопросы темы

Достоинства и недостатки ременных передач. Геометрия и кинематика передач. Расчёт передач на тяговую способность.

Оценка долговечности ремня передачи. Определение нагрузок на валы.

### Вопросы для самопроверки

1. Какие достоинства и недостатки имеют ременные передачи по сравнению с другими передачами?
2. Почему ограничена долговечность ремня?
3. Какие повреждения возникают в ремне в процессе эксплуатации?
4. Как различают ремни передач по форме их поперечного сечения?
5. Почему передаточное отношение ременной передачи не имеет точного значения и зависит от передаваемой нагрузки?
6. Из какого условия определяют усилие предварительного натяжения ремня?
7. Что такое тяговая способность передачи, чем она характеризуется?
8. Как рассчитывать ремни на долговечность?
9. Как определяют нагрузки на валы передачи?

### Тема 3.4. Цепные передачи [1], Глава 13

Общие сведения, основные характеристики, области применения. Достоинства и недостатки по сравнению с другими передачами. Детали цепных передач. Силы, действующие в передаче. Виды повреждений цепи передачи в эксплуатации. Критерии работоспособности передачи. Расчёт цепных передач.

#### Центральные вопросы темы

Достоинства и недостатки цепных передач. Виды повреждения цепи в эксплуатации. Критерии работоспособности передачи. Силы, действующие на валы. Расчёт цепных передач.

### Вопросы для самопроверки

1. Какие достоинства и недостатки имеет цепная передача по сравнению с ременной и зубчатой?
2. В чём заключается основной критерий работоспособности цепной передачи?
3. Как выполняют расчёт цепей на долговечность?

### **Тема 3.5.** Передача винт-гайка [1], Глава 13

Устройство передачи. Достоинства и недостатки передачи, области применения. Условие самоторможения КПД передачи. Передаточное отношение. Критерии работоспособности передачи. Проектный и проверочный расчёты.

### Центральные вопросы темы

Какие имеет достоинства и недостатки передача «винт-гайка». Виды повреждений в эксплуатации, критерии работоспособности. Применение в машиностроении и в авиации. Расчёт резьбы на износостойкость.

### Вопросы для самопроверки

1. Какие достоинства и недостатки имеет передача?
2. Где применяют передачу «винт-гайка»?
3. Что ограничивает долговечность передачи?
4. В чём заключаются расчёты резьбы деталей передач?

## **Раздел 4. Валы и оси [1], Глава 14**

Классификация. Критерии работоспособности и расчёта. Последовательность проектирования валов. Расчёт валов и осей на статическую прочность. Расчёт валов на выносливость. Определение опасных сечений вала.

### **Центральные вопросы темы**

Критерии работоспособности и расчёта валов. Проектный и проверочные расчёты валов на статическую прочность и выносливость. Определение поперечных сечений вала, для которых выполняют расчет на выносливость.

### **Вопросы для самопроверки**

1. Почему ограничена долговечность валов?
2. Какие критерии работоспособности используют в расчётах валов?
3. Как определяют расчётные (опасные) поперечные сечения вала?
4. Что такое концентрация напряжений, на что она влияет?
5. В чём заключается проектный расчёт вала, расчёт на статическую прочность, на выносливость?
6. Какая разница между валом и осью?

## **Раздел 5. Подшипники [1], Глава 16**

### **Тема 5.1. Подшипники скольжения [1], Глава 15 (§§1 - 5)**

Общие сведения, достоинства и недостатки, области применения. Конструкции подшипников. Критерии работоспособности и расчёта. Подшипниковые материалы. Виды трения в подшипниках. Условия образования режима жидкостного трения. Последовательность расчёта подшипников скольжения. Смазка подшипников скольжения.

## Центральные вопросы темы

Повреждения подшипников в эксплуатации. Критерии работоспособности подшипников качения. Расчёт подшипников при различных видах трения.

## Вопросы для самопроверки

1. В каких случаях целесообразнее применять подшипники скольжения, а не подшипники качения?
2. Какие виды трения различают в подшипниках скольжения?
3. Почему наиболее благоприятным для эксплуатации подшипников скольжения является режим жидкостного трения, в чём он заключается?
4. Для чего предназначены вкладыши, и из каких материалов их изготавливают?
5. Какие смазочные материалы применяют в подшипниках скольжения?
6. Как рассчитывают подшипники скольжения, работающие в условиях полусухого трения?
7. Как рассчитывают подшипники скольжения, работающие в условиях жидкостного трения?
8. В чём заключается тепловой расчёт подшипников скольжения?

## **Тема 5.2.** Подшипники качения [1], Глава 16 (§§6 – 8)

Классификация. Общие сведения, достоинства и недостатки по сравнению с подшипниками скольжения, области применения.

Статистика, кинематика и динамика подшипников качения. Виды повреждений в эксплуатации. Критерии работоспособности.

Подбор подшипников качения по динамической грузоподъемности.

Конструкции подшипниковых узлов, смазка подшипников, уплотнения.

Посадки подшипников на вал и в корпус.

## Центральные вопросы темы

Виды повреждений подшипников качения в эксплуатации. Основной критерий работоспособности. Подбор подшипников качения по динамической грузоподъемности. Последовательность подбора подшипников качения.

## Вопросы для самопроверки

1. Какие достоинства и недостатки имеют подшипники качения по сравнению с подшипниками скольжения?
2. Как выбирают тип подшипников качения?
3. В чём заключается основной вид повреждения подшипников качения в эксплуатации?
4. Что такое динамическая грузоподъемность подшипников качения?
5. Как подбирают подшипники качения и проверяют их долговечность?
6. Почему ограничена быстроходность подшипников качения?
7. Какие существуют способы посадки закрепления подшипников на валах и в корпусах?

## 7. Лабораторные занятия

Основная цель лабораторных занятий – изучение конструкций типовых деталей и узлов машин, применительно в авиационной технике; практическая проверка некоторых закономерностей, изучаемых в теоретической части дисциплины.

Выполнение лабораторных работ дополняется практическими занятиями, связанными с тематикой выполняемых работ.

## 8. Курсовое проектирование

Профессиональная эксплуатация деталей и узлов авиационной техники возможна только при хорошем знании их конструкции. Курсовой проект является первой проектно-конструкторской работой студента, в которой он может проявить свои знания и умения, приобретенные при изучении различных общеинженерных дисциплин. Выполнение курсового проекта и его защита завершает цикл общетехнической подготовки специалиста. В процессе выполнения курсового проекта у студента формируются умения пользоваться технической, справочной литературой, использования для инженерных расчётов ЭВМ, оформления графической и расчётной документации.

Умения, сформированные у студента при выполнении курсового проекта по деталям машин, является базой для выполнения последующих курсовых проектов по специальным дисциплинам и дипломного проекта.

Для курсового проектирования во всех инженерных вузах студентам выдается задание спроектировать зубчатый редуктор. Редуктор включает в себя основные детали, из которых состоит любая машина, в том числе авиационный газотурбинный двигатель и различные механизмы, используемые в авиации.

К экзамену допускаются студенты, после защиты курсового проекта, что существенно помогает им как при подготовке, так и при сдаче экзамена по дисциплине «Детали машин».

Все варианты курсового проекта подробно разобраны в «Пособии по курсовому проектированию», в котором приведены образцы расчётов и чертежей редукторов.

При выполнении проекта следует использовать «Пособие по конструированию узлов и деталей машин» П.Ф. Дунаева, О.П. Леликова.

Курсовой проект состоит из расчётно-пояснительной записки и чертежей: сборочного чертежа редуктора и рабочих чертежей одного из валов и зубчатого (червячного) колеса.

Курсовой проект должен быть выполнен студентом только самостоятельно, в противном случае он к его защите не допускается и студенту выдают другой вариант проекта для самостоятельного выполнения.

Выполненный курсовой проект должен быть передан (выслан) в Университет для рецензирования и доработан до защиты по рецензии.

Защита курсового проекта проводится в комиссии, состоящей из двух преподавателей, один из которых является рецензентом проекта.