

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ОРЕНБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ  
ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Основы САПР**

**Направление подготовки (специальность) 35.03.06 «Агроинженерия»**

**Профиль образовательной программы Технический сервис в АПК**

**Форма обучения очная**

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>1. Конспект лекций.....</b>	<b>3</b>
<b>1.1,1.2 Лекция № 1,2 Основные понятия и определения.....</b>	<b>3</b>
<b>1.3 Лекция № 3 Внутренние силы. Метод сечений. Напряжения.....</b>	<b>3</b>
<b>1.4 Лекция № 4 Моделирование и порядок расчета разъемных и неразъемных соединений, стержневых систем.....</b>	<b>4</b>
<b>1.5 Лекция № 5 Геометрические характеристики плоских сечений.....</b>	<b>4</b>
<b>1.6 Лекция № 6 Моделирование и порядок расчета балочных конструкций.....</b>	<b>5</b>
<b>1.7 Лекция № 7 Моделирование и порядок расчета валов и осей.....</b>	<b>5</b>
<b>1.8 Лекция № 8 Моделирование и порядок расчета механических передач.....</b>	<b>5</b>
<b>1.9 Лекция № 9 Моделирование и порядок расчета элементов конструкций, испытывающих сложную деформацию.....</b>	<b>6</b>
<b>2. Методические материалы по выполнению лабораторных работ.....</b>	<b>7</b>
<b>2.1, 2.2 Лабораторная работа № ЛР-1,2 Расчет разъемных и неразъемных соединений, стержневых систем.....</b>	<b>7</b>
<b>2.3 Лабораторная работа № ЛР-3 Моделирование и расчет балочных конструкций.....</b>	<b>7</b>
<b>2.4 Лабораторная работа № ЛР-4 Расчет и создание рабочих чертежей тел вращения.....</b>	<b>8</b>
<b>2.5,2.6 Лабораторная работа № ЛР-5,6 Моделирование и расчет механических передач.....</b>	<b>8</b>
<b>2.7 Лабораторная работа № ЛР-7 Моделирование и расчет упругих элементов конструкций.....</b>	<b>9</b>
<b>2.8 Лабораторная работа № ЛР-8 Моделирование и расчет пространственных конструкций.....</b>	<b>9</b>

## 1. КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

### 1.1,1.2 Лекция № 1,2 (4 часа)

**Тема: «Введение. Основные понятия и определения».**

#### 1.1.1,1.2.1 Вопросы лекции:

1. Предмет курса «Основы САПР», его значение для современной техники. История и перспективы развития. Прочность, жесткость и устойчивость как составные части механической надежности элементов конструкций.

2. Значение дисциплины в повышении эффективности и качества конструкции машин, снижения их материалоемкости. Связь курса с общенаучными, общеинженерными и специальными дисциплинами.

3. Основные гипотезы сопротивления материалов о деформируемом теле. Упругость и пластичность. Внешние силы, их классификация. Метод сечений. Внутренние силы. Понятие о ВСФ. Общие понятия о напряжениях и деформациях. Конструктивная и расчетная схема.

#### 1.1.2,1.2.2 Краткое содержание вопросов

1. Предмет курса «Основы САПР», его значение для современной техники. История и перспективы развития. Прочность, жесткость и устойчивость как составные части механической надежности элементов конструкций.

Даны основные цели и задачи курса, рассмотрены понятия прочности, жесткости и устойчивости.

2. Значение дисциплин в повышении эффективности и качества конструкции машин, снижения их материалоемкости. Связь курса с общенаучными, общеинженерными и специальными дисциплинами.

Показаны место и роль курса «Основы САПР» среди инженерных и общенаучных и специальных дисциплин.

3. Основные гипотезы сопротивления материалов о деформируемом теле. Упругость и пластичность. Внешние силы, их классификация. Конструктивная и расчетная схема.

В данном вопросе рассмотрены основные допущения (упрощения) при расчетах на прочность, жесткость и устойчивость элементов конструкций. Даны подробная развернутая классификация внешних сил. Даны понятия о конструктивных и расчетных схемах.

### 1.3 Лекция № 3 (2 часа)

**Тема: «Внутренние силы. Метод сечений. Напряжения»**

#### 1.3.1 Вопросы лекции:

1. Внутренние силы. Метод сечений.

2. Напряжения. Максимальные напряжения. Условия прочности.

#### 1.3.2 Краткое содержание вопросов

1. Внутренние силы. Метод сечений.

Дано общее понятие о внутренних силах, внутренних силовых факторах. Подробно рассмотрен метод сечений, позволяющий определять величину ВСФ.

2. Напряжения. Максимальные напряжения. Условия прочности.

Показана связь между внутренними силовыми факторами и напряжениями. Дано определение нормального и касательного напряжений как составляющих полного напряжения. Получены единицы измерения напряжений. Введено понятие условий прочности по нормальным и касательным напряжениям. Даны методика определения допускаемых напряжений для хрупких и пластичных материалов.

## **1.4 Лекция № 4 (2 часа)**

**Тема: Моделирование и порядок расчета разъемных и неразъемных соединений, стержневых систем.**

### **1.4.1 Вопросы лекции:**

1. Моделирование и расчет неразъемных соединений.
2. Моделирование и расчет шлицевых и шпоночных соединений.
3. Моделирование и расчет стержневых систем.

### **1.4.2 Краткое содержание вопросов**

1. Моделирование и расчет неразъемных соединений.

Представлены виды неразъемных соединений, классификация болтов и основные виды болтовых соединений: с зазором и без зазора. Данна классификация сварных швов и методика их расчета.

2. Моделирование и расчет шлицевых и шпоночных соединений.

Предложена классификация шпонок и шпоночных соединений. Дан порядок расчета основных видов шпонок: призматической и сегментной.

3. Моделирование и расчет стержневых систем.

Дано определение стержня как бруса, работающего на растяжение или сжатие.

Предложено на рассмотрение три типа задач, решаемых при осевом растяжении или сжатии. Рассмотрен закон Гука при растяжении или сжатии и пределы его применения.

## **1.5 Лекция № 5 (2 часа)**

**Тема: Геометрические характеристики плоских сечений.**

### **1.5.1 Вопросы лекции:**

1. Общие сведения.
2. Моменты инерции простейших фигур.
3. Моменты инерции сложных фигур.
4. Изменение моментов инерции при параллельном переносе и повороте осей.
5. Главные моменты инерции. Главные оси инерции.

### **1.5.2 Краткое содержание вопросов**

1. Общие сведения.

Показана роль моментов инерции при рассмотрении таких видов нагружения бруса как кручение и изгиб.

2. Моменты инерции простейших фигур.

Рассмотрена методика определения моментов инерции для наиболее часто встречающихся форм поперечного сечения: круг, кольцо, прямоугольник, квадрат, треугольник. Моменты инерции для прокатных профилей указаны в таблицах сортамента.

3. Моменты инерции сложных фигур.

Моменты инерции сложных фигур определяют как сумму моментов инерции простых фигур, составляющих сложную.

4. Изменение моментов инерции при параллельном переносе осей.

Получены зависимости между моментами инерции относительно параллельных осей, одни из которых проходят через центр тяжести сечения, а также зависимости между моментами инерции относительно осей, которые повернуты относительно центральных на некоторый угол.

5. Главные моменты инерции. Главные оси инерции.

Получено значение угла, на который необходимо повернуть центральные оси инерции, чтобы они стали главными центральными осями. Эти оси дают направление наибольшей и наименьшей жесткости конструкции.

## **1.6 Лекция № 6 (2 часа)**

**Тема: Моделирование и порядок расчета балочных конструкций**

### **1.6.1 Вопросы лекции:**

1. Общие сведения.
2. Построение эпюр изгибающих моментов.
3. Условие прочности при изгибе. Подбор сечений балки при изгибе.
4. Проверочный расчет балки на жесткость.

### **1.6.2 Краткое содержание вопросов**

#### **1. Общие сведения.**

Дано определение балки как бруса, работающего на изгиб. Приведены типы опор, основные виды внешней нагрузки.

#### **2. Построение эпюр изгибающих моментов.**

Дано понятие эпюр ВСФ, порядок их построения, роль эпюр в прочностных расчетах балок.

#### **3. Условие прочности при изгибе. Подбор сечений балки при изгибе.**

Представлена формула для определения нормальных напряжений при изгибе балки. Получено условие прочности при изгибе. Дан порядок подбора сечений при изгибе.

#### **4. Проверочный расчет балки на жесткость.**

Доказана необходимость и порядок проверочного расчета балки на жесткость при изгибе

## **1.7 Лекция № 7 (2 часа)**

**Тема: Моделирование и порядок расчета валов и осей.**

### **1.7.1 Вопросы лекции:**

1. Общие сведения.
2. Построение эпюр крутящих моментов.
3. Условие прочности при кручении. Подбор сечений вала при кручении.
4. Проверочный расчет вала на жесткость.

### **1.7.2 Краткое содержание вопросов**

#### **1. Общие сведения.**

Дано определение вала как бруса, работающего на кручение. Приведены типы опор, основные виды внешней нагрузки, которая действует на вал.

#### **2. Построение эпюр крутящих моментов.**

Рассмотрен порядок построения крутящих моментов и их роль в прочностных расчетах валов.

#### **3. Условие прочности при кручении. Подбор сечений вала при кручении.**

Представлена формула для определения касательных напряжений при кручении вала. Получено условие прочности при кручении. Дан порядок подбора сечений вала при кручении.

#### **4. Проверочный расчет вала на жесткость.**

Доказана необходимость и порядок проверочного расчета вала на жесткость при кручении.

## **1.8 Лекция № 8 (2 часа)**

**Тема: Моделирование и порядок расчета механических передач**

### **1.8.1 Вопросы лекции:**

1. Общие сведения о механических передачах.
2. Порядок расчета зубчатых и червячных передач.
3. Порядок расчета ременных и цепных передач.

### **1.8.2 Краткое содержание вопросов**

1. Общие сведения о механических передачах.

Назначение механических передач. Предложена классификация механических передач и показана их роль в современной технике.

2. Порядок расчета зубчатых и червячных передач.

Даны виды зубчатых колес и виды зубчатых передач. Подробно описаны материалы для изготовления зубчатых передач и способы упрочнения зубьев. Даны правила выполнения чертежей зубчатых колес, червячных колес и червяков.

3. Порядок расчета ременных и цепных передач.

Дана классификация ременных и цепных передач, показаны их преимущества и недостатки перед зубчатыми передачами. Предложен алгоритм расчета ременных и цепных передач.

### **1.9 Лекция № 9 (2 часа)**

**Тема: Моделирование и порядок расчета элементов конструкций, испытывающих сложную деформацию**

#### **1.9.1 Вопросы лекции:**

1. Общие сведения о сложной деформации.

2. Расчет элементов конструкций, испытывающих сложную деформацию.

#### **1.9.2 Краткое содержание вопросов**

1. Общие сведения о сложной деформации.

Дано определение сложной деформации бруса. Представлены наиболее часто встречающиеся виды деформации (косой изгиб, внецентрное растяжение или сжатие, изгиб с кручением).

2. Расчет элементов конструкций, испытывающих сложную деформацию.

Дана основная методика расчета и указано, что сложная деформация должна рассматриваться как сумма нескольких простых деформаций. Приведены условия прочности для основных видов сложной деформации (косой изгиб, внецентрное растяжение или сжатие, изгиб с кручением) и дан порядок определения размеров поперечных сечений.

## **2. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ**

### **2.1, 2.2 Лабораторная работа № 1,2 (4 часа).**

**Тема: «Расчет разъемных и неразъемных соединений, стержневых систем»**

#### **2.1.1, 2.2.1 Цель работы:**

Ознакомить обучающихся с возможностью современных компьютерных технологий при решении инженерных задач.

#### **2.1.2,2.2.2 Задачи работы:**

1. Выполнить расчет сварочного шва и дать анализ полученных результатов.
2. Выполнить расчет заклепочного соединения. Выявить влияние на его прочность количества заклепок и материала для их изготовления.
3. Спроектировать болтовое соединение. Дать сравнительный анализ болтового соединения с зазором и без зазора.
4. Спроектировать шпоночное соединение и дать анализ полученным результатам
5. Выполнить расчет стержня на растяжение (сжатие).

#### **2.1.3,2.2.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:**

1. Компьютерный класс. Пакет программ APM Win Machine (17 модулей). Модуль APM Joint, Модуль APM Beam

#### **2.1.4,2.2.4 Описание (ход) работы:**

Изобразить сварочный шов. Загрузить его всей заданной внешней нагрузкой. Выполнить расчет. Проанализировать полученный результат.

Изобразить поверхность, соединяемую заклепками. Показать на поверхности заклепки (не менее двух). Приложить внешнюю нагрузку и выполнить расчет для стальной заклепки. Заменить стальную заклепку на медную. Сравнить полученные результаты.

Изобразить поверхность, соединяемую болтами. Показать на поверхности болты (не менее двух). Задать материал болтов. Приложить внешнюю нагрузку и выполнить расчет для болтов, установленных в отверстия соединяемых деталей без зазора. По аналогичным входным данным рассчитать болты, установленные в отверстия соединяемых деталей с зазором. Сравнить полученные результаты.

Для расчета шпоночного соединения в качестве исходных данных ввести: диаметр вала, крутящий момент в сечении вала, материалы деталей соединения, тип нагрузки и тип соединения. Выполнить расчет и проанализировать полученный результат.

Выполнить расчетную схему стержня, смоделировать нагрузку, выполнить расчет. Сравнить полученные напряжения с допускаемыми.

### **2.3 Лабораторная работа № 3 (2 часа).**

**Тема: «Моделирование и расчет балочных конструкций»**

#### **2.3.1 Цель работы:**

Ознакомить обучающихся с возможностью современных компьютерных технологий при решении инженерных задач.

#### **2.3.2 Задачи работы:**

1. Подобрать для балки, один конец которой защемлен, а другой закреплен шарнирно, рациональное поперечное сечение.

2. Определить рациональное расположение опор для этой балки, если она загружена равномерно распределенной нагрузкой.

**2.3.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:**

1. Компьютерный класс. Пакет программ APM Win Machine (17 модулей). Модуль APM Beam

**2.3.4 Описание (ход) работы:**

Составить расчетную схему балки, загрузить ее внешней нагрузкой, подобрать номер двутавра или швеллера таким образом, чтобы максимальные напряжения в опасном сечении балки не превысили допускаемые напряжения. Проанализировать полученные результаты. Освободить балку от лишних связей и сравнить полученные результаты с предыдущими.

**2.4 Лабораторная работа № 4 (2 часа).**

**Тема: «Расчет и создание рабочих чертежей тел вращения»**

**2.4.1 Цель работы:**

Ознакомить обучающихся с расчетом и созданием чертежей тел вращения.

**2.4.2 Задачи работы:**

1. Спроектировать вал редуктора по заданным параметрам. Спроектировать ось смазывающей шестерни редуктора. Выявить, как влияет на геометрические параметры вала и оси выбранный для их изготовления материал и термообработка.

**2.4.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:**

1. Компьютерный класс. Пакет программ APM Win Machine (17 модулей). Модуль APM Shaft.

**2.4.4 Описание (ход) работы:**

Изобразить на экране монитора эскиз оси или вала. Ввести исходные данные для проектирования: крутящие моменты в сечениях, где установлены шестерни, зубчатые колеса, шкивы или звездочки цепной передачи, угловую скорость и нагрузки на ось или вал, ресурс работы. Изменяя диаметры вала и оси, добиться, чтобы напряжения в их поперечных сечениях были близки между собой и не превышали допускаемых. Проанализировать результаты расчета. Выполнить рабочие чертежи оси и вала.

Выполнить чертеж рассчитанного вала.

**2.5.2.6 Лабораторная работа №5,6 (4 часа)**

**Тема: «Моделирование и расчет механических передач».**

**2.5.1,2.6.1 Цель работы:**

Ознакомить обучающихся с возможностью современных компьютерных технологий при решении инженерных задач.

**2.5.2,2.6.2 Задачи работы:**

1. Спроектировать прямозубую зубчатую передачу по заданным входным параметрам, затем косозубую и шевронную. Сравнить полученные результаты.

2. Спроектировать червячную передачу по заданным входным параметрам меняя материал червяка и венца червячного колеса. Сделать анализ полученных результатов.

3. Спроектировать клиноременную и плоскоременную передачу по заданным параметрам. Сравнить полученные результаты.

4. Спроектировать цепную передачу по заданным параметрам, меняя тип смазки. Сравнить полученные результаты.

**2.5.3,2.6.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:**

1. Компьютерный класс. Пакет программ APM Win Machine (17 модулей). Модуль APM Trans.

**2.5.4,2.6.4 Описание (ход) работы:** Ввести исходные данные для проектирования: момент на выходе, угловую скорость, передаточное отношение, ресурс работы. Задать материал передачи, его термообработку, коэффициент смещения. Выполнить расчет. Проанализировать результаты расчета. Выполнить рабочие чертежи шестерни, червяка, червячного колеса.

Ввести исходные данные для проектирования: момент на выходе, угловую скорость, передаточное отношение, ресурс работы. Проанализировать результаты расчета. Выяснить, как на межосевое расстояние влияет число ремней в клиновременной передаче, как тип смазки влияет на ресурс цепной передачи. Выполнить рабочие чертежи шкива, звездочки..

**2.7 Лабораторная работа № 7 (2 часа).**

**Тема: «Моделирование и расчет упругих элементов конструкций».**

**2.7.1 Цель работы:**

Ознакомить обучающихся с возможностью современных компьютерных технологий при решении инженерных задач.

**2.7.2 Задачи работы:**

1. Спроектировать пружину растяжения по заданным параметрам.
2. Спроектировать пружину сжатия по заданным параметрам.

**2.7.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:**

1. Компьютерный класс. Пакет программ APM Win Machine (17 модулей). Модуль APM WinSpring.

**2.7.4 Описание (ход) работы:** Ввести исходные данные для проектирования: предварительную нагрузку, рабочий ход пружины, материал проволоки, нагрузку на пружину. Выполнить рабочий чертеж полученной пружины.

**2.8 Лабораторная работа № 8 (2 часа).**

**Тема: «Моделирование и расчет пространственных конструкций».**

**2.8.1 Цель работы:**

Ознакомить обучающихся с возможностью современных компьютерных технологий при решении инженерных задач.

**2.8.2 Задачи работы:**

1. Спроектировать и рассчитать заданную металлоконструкцию.

**2.8.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:**

1. Компьютерный класс. Пакет программ APM Win Machine (17 модулей). Модуль APM WinStructure3D.

**2.8.4 Описание (ход) работы:**

Выполнить стержневую схему металлоконструкции, задать из базы данных поперечное сечение всем стержням, зафиксировать конструкцию и задать внешнюю нагрузку.

Выполнить статический расчет и получить картину напряжений и деформаций всей конструкции, реакции в опорах.