

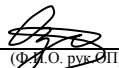


МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
**«Дальневосточный федеральный университет»**  
(ДФУ)

**ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА**

«СОГЛАСОВАНО»

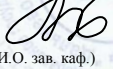
Руководитель ОП  
«Прикладная механика»

 Озерова Г.П.  
(подпись) (Ф.И.О. рук. ОП)

«25» июня 2016 г.

«УТВЕРЖДАЮ»

Заведующий кафедрой  
Механики и математического моделирования  
(название кафедры)

 Бочарова А.А.  
(подпись) (Ф.И.О. зав. каф.)

«25» июня 2016г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ**

**Направление подготовки: 15.03.03 Прикладная механика**

Профиль подготовки:

«Математическое и компьютерное моделирование механических систем и процессов»

**Форма подготовки (очная)**

курс 2 семестр 3, 4  
лекции 72 час.  
практические занятия 72 час.  
лабораторные работы 18 час.  
в том числе с использованием МАО лек. 8 / пр. 12 /лаб. - час.  
всего часов аудиторной нагрузки 162 час.  
в том числе с использованием МАО 20 час.  
самостоятельная работа 90 час.  
в том числе на подготовку к экзамену 45 час.  
контрольные работы -  
курсовая работа / курсовой проект семестр  
зачёт 3 семестр  
экзамен 4 семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования Дальневосточного федерального университета, принятого решением Ученого совета ДВФУ, протокол от 25.02.2016 № 02-16, введенного в действие приказом ректора ДВФУ от 10.03.2016 № 12-13-391

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры механики и математического моделирования, протокол № 9 от «23» июня 2016 г.

Заведующий кафедрой: к.ф.-м.н., доцент Бочарова А.А.

Составитель: к.т.н., доцент Уложенко А. Г.

**Оборотная сторона титульного листа РПУД**

**I. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:**

Протокол от « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

**II. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:**

Протокол от « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

## **Аннотация дисциплины «Сопротивление материалов»**

Дисциплина «Сопротивление материалов» разработана для студентов, обучающихся по направлению подготовки 15.03.03 «Прикладная механика», профиль «Математическое и компьютерное моделирование механических систем и процессов» и является обязательной дисциплиной базовой части Блока 1 «Дисциплины (модули)» учебного плана (Б1.Б.20).

Трудоемкость дисциплины составляет 252 часа (7 зачетных единиц). Учебным планом предусмотрены лекционные занятия (72 часа), практические занятия (72 часа), лабораторные работы (18 часов) и самостоятельная работа студентов (90 часов, из них 45 часов на экзамен). Дисциплина реализуется на 2 курсе в 3,4 семестре. Форма промежуточной аттестации – зачет (3 семестр), экзамен (4 семестр).

Дисциплина «Сопротивление материалов» логически связана с дисциплиной «Физика», «Теоретическая механика», «Материаловедение», «Инженерная графика в прикладной механике».

**Цель дисциплины:** заложить фундамент для грамотного проектирования и оценки прочности конструкций, обеспечить базу инженерной подготовки, теоретической и практической подготовки в области прикладной механики деформируемого твердого тела, развить инженерное мышление, способствовать приобретению знаний, необходимых для изучения последующих дисциплин.

### **Задачи дисциплины:**

- Изучение студентами важнейших разделов дисциплины «Сопротивление материалов»; расширение на этой основе фундамента общетехнической подготовки.
- Подготовка студентов к овладению методологией решения расчетно-теоретических и лабораторно - экспериментальных задач, к успешному овладению ими последующих профилирующих дисциплин профессионального цикла, для практического применения в будущей профессиональной

деятельности.

- Установление межпредметных связей дисциплины «Сопротивление материалов» с фундаментальными дисциплинами естественнонаучного и профессионального профиля.

- Овладение студентами технической и технологической терминологии.

- Формирование способностей студентов к самостоятельной работе с научно-технической и методической литературой.

Для успешного изучения дисциплины «Сопротивление материалов» у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции:

- способностью представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики (частично);

- способностью учитывать современные тенденции развития техники и технологий в своей профессиональной деятельности (частично).

Планируемые результаты обучения по данной дисциплине (знания, умения, владения), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы, характеризуют этапы формирования следующих компетенций:

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
<b>ОПК-3</b> способностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения физико-математический аппарат)	Знает	основные методы и приемы расчета элементов конструкций из различных материалов по допускаемым напряжениям и предельным расчетным состояниям на различные воздействия
	Умеет	вести технические расчеты по современным нормам; составить расчетную схему сооружения, выбрать наиболее рациональный метод расчета при различных воздействиях и определить истинное распределение напряжений аналитически и с использованием программных средств
	Владеет	основными современными численными методами постановки, исследования и решения задач механики, навыками проведения экспериментальных исследований конструкционных материалов

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
<b>ПК-1</b> способностью выявлять сущность научно-технических проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат)	Знает	основные гипотезы сопротивления материалов, дифференциальные уравнения равновесия, геометрические соотношения Коши, обобщенный закон Гука, определение главных площадок трехмерного тела
	Умеет	определять внутренние усилия, перемещения, напряжения и деформации в стержнях при различных видах напряженно-деформированного состояния
	Владеет	методами расчета на прочность, жесткость и устойчивость стержневых элементов строительных конструкций
<b>ПК-4</b> готовностью выполнять научно-исследовательские работы в области прикладной механики с использованием современных вычислительных методов, высокопроизводительных вычислительных систем и наукоемких компьютерных технологий, широко распространенных в промышленности систем мирового уровня, и экспериментального оборудования для проведения механических испытаний	Знает	основные принципы, положения и гипотезы сопротивления материалов; методы и практические приемы расчета стержней и стержневых систем при различных силовых, деформационных и температурных воздействиях
	Умеет	грамотно составлять расчетные схемы; определять теоретически и экспериментально внутренние усилия, напряжения, деформации и перемещения
	Владеет	методами тарирования испытательного оборудования и пересчета данных эксперимента в механические параметры реально деформируемого объекта; приемами статистической обработки результатов эксперимента

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины «Сопротивление материалов» применяются следующие методы активного/интерактивного обучения: групповые консультации, проблемные занятия.

## I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

(72 часа)

*1 семестр / 36 часов*

## **Раздел I. Основные понятия. Виды деформаций. Геометрические характеристики плоских сечений (12 часов)**

### **Тема 1. Основные понятия и определения (6 часов)**

Определение науки «Сопротивление материалов». Историческая справка. Связь курса с общеинженерными и специальными дисциплинами. Внешние силы и их классификация. Действие сил на физические тела. Реальный объект и расчетная модель. Основные моменты схематизации реального объекта. Внешние и внутренние силы. Допущения. Стержни, пластины и оболочки. Виды связей, замена их реакциями. Уравнения равновесия.

### **Тема 2. Геометрические характеристики плоских сечений (6 часов)**

Статические моменты площади сечения, центр тяжести. Осевой, полярный, центробежный моменты инерции. Осевые моменты инерции для прямоугольника, треугольника, круга. Изменение моментов инерции при параллельном переносе осей. Изменение осевых и центробежного моментов инерции при повороте координатных осей. Главные оси инерции. Главные моменты инерции. Вычисление моментов инерции сложных сечений. Графическое определение главных моментов инерции и положения главных осей инерции.

## **Раздел II. Простые деформации (20 часов)**

### **Тема 3. Растяжение-сжатие прямого бруса (6 часов)**

Центральное растяжение и сжатие. Нормальная сила. Эпюры нормальной силы, нормального напряжения, деформации и перемещения. Допускаемые напряжения. Коэффициент запаса прочности. Условие прочности при растяжении-сжатии. Модуль продольной упругости  $E$ . Коэффициент Пуассона  $\nu$ . Напряжения по наклонным площадкам при осевом растяжении. Закон парности касательных напряжений во взаимно перпендикулярных площадках. Учет собственного веса при растяжении и сжатии. Метод сечений. Основные виды задач в сопротивлении материалов: проверка прочности, подбор сечений, определение допускаемой нагрузки по разным методам.

#### **Тема 4. Механические характеристики материалов при растяжении и сжатии (4 часа)**

Опытное изучение механических свойств материалов при растяжении и сжатии. Диаграммы растяжения и сжатия упруго-пластических материалов. Основные механические характеристики материалов: предел пропорциональности, предел упругости, предел текучести, предел прочности. Особенности деформирования и разрушения пластических материалов при растяжении и сжатии. Пластические деформации. Понятие об истинной диаграмме растяжения и сжатия. Диаграммы растяжения и сжатия хрупких материалов. Особенности разрушения хрупких материалов.

#### **Тема 5. Сдвиг (2 часа)**

Напряжения и деформации при сдвиге. Закон Гука при сдвиге, модуль сдвига  $G$ . Зависимость между  $E$  и  $G$  для изотропного материала. Расчёт болтовых, заклёпочных и сварных соединений.

#### **Тема 6. Кручение (4 часа)**

Внешние силовые факторы, вызывающие кручение прямого бруса. Эпюры крутящих моментов. Кручение прямого бруса круглого поперечного сечения. Основные допущения. Напряжения в поперечных сечениях бруса. Угол закручивания. Жесткость при кручении. Главные напряжения и главные площадки.

Виды разрушения при кручении бруса круглого поперечного сечения из различных материалов. Три вида задач при кручении: 1. Определение напряжений и проверка прочности; 2. Определение деформаций и проверка жесткости; 3. Подбор допускаемой нагрузки, действующей на вал.

#### **Тема 7. Изгиб (6 часов)**

Изгиб прямого бруса в плоскости главной оси. Внешние силы, вызывающие изгиб. Виды нагрузок. Опоры и опорные реакции. Внутренние усилия в поперечных сечениях бруса при изгибе; поперечные силы и изгибающие моменты. Дифференциальные зависимости между изгибающими

моментами, поперечной силой и интенсивностью распределенной нагрузки. Эпюры изгибающих моментов и поперечных сил. Нормальные напряжения при чистом изгибе. Основные допущения. Гипотеза Бернулли. Нормальные напряжения при поперечном изгибе. Касательные напряжения при изгибе брусев сплошных сечений (формула Д.И. Журавского). Касательные напряжения в стенке и полках двутавра, в брусике круглого сечения. Главные напряжения при изгибе. Расчет на прочность при изгибе.

### **Раздел III. Определение перемещений при изгибе (4 часа)**

**Тема 8. Определение перемещений при изгибе (прогиб и угол поворота сечения) (4 часа)**

Дифференциальное уравнение оси изогнутого бруса. Точное и приближенное выражение кривизны оси бруса. Непосредственное интегрирование дифференциального уравнения. Граничные условия. Геометрический смысл постоянных интегрирования. Метод начальных параметров. Универсальное уравнение упругой оси бруса.

*2 семестр / 36 часов*

**Раздел IV. Теории напряжённо-деформированного состояния (10 часов)**

**Тема 9. Теория напряжённого состояния (6 часов)**

Виды напряжённого состояния в точке. Напряжение в площадке общего положения. Понятие о тензоре напряжений. Инварианты тензора напряжений. Главные площадки и главные напряжения. Круг напряжений. Определение нормальных и касательных напряжений по наклонным площадкам.

**Тема 10. Теория деформированного состояния (4 часа)**

Деформированное состояние в точке. Объёмная деформация. Закон Гука для объёмного напряжённого состояния. Потенциальная энергия объёмной деформации. Теории прочности.

**Раздел V. Сложное сопротивление. Устойчивость сжатых стержней (12 часов)**



### **Тема 11. Сложное сопротивление (6 часов)**

Общий случай действия внешних сил на брус. Внецентренное растяжение-сжатие. Нормальные напряжения при внецентренном действии продольной силы. Ядро сечения. Нормальные напряжения при косом изгибе. Эпюра нормальных напряжений. Силовая и нейтральная линия. Наибольшие напряжения. Подбор сечений при косом изгибе. Определение прогибов. Изгиб с кручением круглого бруса.

### **Тема 12. Устойчивость сжатых стержней (6 часов)**

Задача Эйлера. Пределы применимости формулы Эйлера. Потеря устойчивости при напряжениях выше предела пропорциональности. Зависимость критической силы от условий закрепления стержня. Расчет сжатых стоек по коэффициенту снижения допускаемых напряжений.

### **Раздел VI. Энергетические методы определения перемещений (4 часа)**

#### **Тема 13. Интегралы Мора и Способ Верещагина (4 часа)**

Обобщённые силы и обобщённые перемещения. Полная потенциальная энергия деформации бруса. Теорема Кастилиано. Интегралы Мора. Способ Верещагина. Теорема взаимности работ и перемещений.

### **Раздел VII. Статически неопределимые системы (6 часов)**

#### **Тема 14. Статически неопределимые системы (6 часов)**

Стержневые системы: фермы и рамы. Понятие о статически неопределимых стержневых системах. Степень статической неопределимости стержневой системы. Выбор основной системы. Канонические уравнения метода сил. Использование свойств симметрии при раскрытии статической неопределимости плоской рамы. Многопролетные неразрезные статически неопределимые балки. Уравнение трех моментов. Определение перемещений в статически неопределимых системах.

### **Раздел VIII. Динамическое действие (4 часа)**

#### **Тема 15. Динамическое действие нагрузки (4 часа)**

Напряжения, возникающие вследствие поступательного движения упругого тела. Напряжения, возникающие вследствие вращательного движения упругого тела. Напряжения, возникающие в упругом бруске при ударе. Продольный и поперечный удар по бруску. Внезапное приложение нагрузки. Удар при кручении.

## **II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА**

**(72 часа из них 20 в интерактивной форме)**

*1 семестр / 36 часов*

**Занятие 1 – 2. Геометрические характеристики плоских сечений (6 часов)**

План занятия:

1. Краткие теоретические сведения.
2. Ознакомление с приёмами и последовательностью определения моментов инерции сечений произвольной формы.
3. Вычисление моментов инерции сечений сложных форм.
4. Положение главных осей инерции и главных моментов инерции
5. Экспресс-опрос по пройденному материалу.

**Занятие 3 – 4. Растяжение-сжатие прямого бруса (14 часов)**

План занятия:

1. Краткие теоретические сведения.
2. Ознакомление с приемами и последовательностью построения расчётной схемы задачи с элементами, работающими на растяжение-сжатие.
3. Порядок определения внутренних усилий в стержнях статически определимой задачи.
4. Допущения и упрощения, принимаемые при решении задач на осевое растяжение-сжатие. Составление уравнения перемещений из условия совместности деформаций.
5. Порядок определения внутренних усилий в стержнях статически неопределимой задачи.

6. Решение задач на вычисление продольной силы бруса переменного сечения.
7. Решение статически определимых задач.
8. Решение статически неопределимых задач.
9. Вычисление напряжений при растяжении сжатии. Построение эпюр.
10. Расчёт стержневых конструкций, работающих на растяжение-сжатие с учётом собственного веса
11. Экспресс-опрос по пройденному материалу.

### **Занятие 5. Кручение стержней (6 часов)**

План занятия:

1. Краткие теоретические сведения.
2. Ознакомление с приемами и последовательностью определения крутящего момента в сечении вала круглого поперечного сечения.
3. Кручение вала. Подбор сечения из условий прочности и жесткости.
4. Результаты решения для стержня прямоугольного сечения
5. Расчёт прочности при кручении.
6. Экспресс-опрос по пройденному материалу.

### **Занятие 6 – 9. Изгиб стержней (10 часов)**

План занятия:

1. Краткие теоретические сведения. Правила знаков при определении внутренних силовых факторов.
2. Ознакомление с приемами и последовательностью построения расчетной схемы, построения эпюр внутренних силовых факторов при поперечном изгибе.
3. Определение нормальных и касательных напряжений в точках поперечных сечений бруса.
4. Решение задач по определению размеров сечения бруса из условий прочности и жесткости бруса.
5. Экспресс-опрос по пройденному материалу.

*2 семестр / 36 часов*

### **Занятие 10 – 11. Определение перемещений при изгибе (8 часов)**

План занятия:

1. Краткие теоретические сведения.
2. Определение прогиба и угла поворота сечения интегрированием основного дифференциального уравнения упругой линии бруса.
3. Метод начальных параметров.
4. Универсальные уравнения углов поворота поперечных сечений и прогибов балки.
5. Экспресс-опрос по теме занятия.4

### **Занятие 12 – 14. Сложное сопротивление (10 часов)**

План занятия:

1. Краткие теоретические сведения.
2. Внецентренное растяжение сжатие. Вычисление усилий и напряжений. Построение ядра сечения.
3. Косой и сложный изгиб.
4. Условия прочности.
5. Экспресс-опрос по теме занятия.

### **Занятие 15 – 17. Устойчивость стержней (10 часов)**

План занятия:

1. Вычисление критической силы по формуле Эйлера.
2. Определение критической силы по коэффициенту снижения допускаемого напряжения.
3. Условие прочности с учётом продольного изгиба.
4. Экспресс-опрос по теме занятия.

### **Занятие 18. Статически-неопределимые задачи (8 часов)**

План занятия:

1. Краткие теоретические сведения. Выбор основной системы. Каноническое уравнение метода сил.
2. Вычисление усилий в статически-неопределимых системах.
3. Определение перемещений в статически неопределимых системах

4. Экспресс-опрос по теме занятия.

### **III. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ ЧАСТИ КУРСА (18 часов)**

**Лабораторная работа 1 (4 часа)** Испытание стального образца на разрыв с определением механических характеристик материала. Определение модуля упругости и коэффициента Пуассона стали. План лабораторной работы представлен в методической разработке к работе.

**Лабораторная работа 2 (4 часа)** Исследование нормальных напряжений в составном сечении балки при плоском изгибе. План лабораторной работы представлен в методической разработке к работе.

**Лабораторная работа 3 (4 часа)** Испытание материалов на сжатие. Сравнение свойств пластичного и хрупкого материала. План лабораторной работы представлен в методической разработке к работе.

**Лабораторная работа 4 (4 часа)** Расчёт стального стержня на устойчивость, экспериментальное определение критической силы, сравнение результатов эксперимента с теоретическим расчётом. План лабораторной работы представлен в методической разработке к работе.

**Заключительное занятие (2 часа)** Приём отчётов.

### **IV. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Соппротивление материалов» включает в себя:

- план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине;

- характеристика заданий для самостоятельной работы студентов и методические рекомендации по их выполнению;
- требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;
- критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

## V. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Темы 1 – 2	ОПК-3	Приемы построения математических моделей и расчётных схем	Собеседование (УО-1)	Вопросы к зачёту 1 – 9
			Намечать цель и абстрагироваться от несущественных особенностей объекта исследования		
			Приёмами построения расчётных схем исследуемого объекта		
2	Темы 3 – 5	ПК-1	Математические формулы для расчётов на прочность, жёсткость, устойчивость и надёжность деталей технологического оборудования	Собеседование (УО-2)	Вопросы к зачёту 10 – 18
			Составлять математические модели и расчётные схемы элементов инженерных сооружений		
			Приёмами решения дифференциальных уравнений		
3	Темы 6 – 10	ПК-4	Методы проведения исследования механических параметров конструкций и машин	Собеседование (УО-3)	Вопросы к экзамену
			Проводить научное исследование в соответствии с поставленными задачами. Подбирать не прямые методы исследования напряжённо-деформированного состояния конструкций, соответствующие диапазону измеряемых величин		
			Инструментами и методами проведения научных исследований, методами		

			тарирования испытательного оборудования и пересчёта данных эксперимента в механические параметры реально деформируемого объекта; приёмами статистической обработки результатов эксперимента		
--	--	--	--	--	--

Контрольно-измерительные материалы по дисциплине представлены, экзаменационными вопросами и тестовыми материалами, предусмотренными РПУД в качестве промежуточной аттестации контроля освоения теоретической и практической составляющих дисциплины. Итоговая аттестация проходит в виде, согласно учебному плану, экзамена.

### 1.Задания для Экспресс-опроса

**По теме “Геометрические характеристики плоских сечений”**

1. Что называют поперечным сечением бруса?
2. Что называют центром тяжести сечения?
3. Что называют центральными осями сечения?
4. Что называют главными осями сечения?
5. Что называют Статическим моментом сечения?
6. Собственный момент инерции сечения
7. Центробежный момент инерции сечения
8. Переносный момент инерции сечения
9. Фигура состоит из двух частей. Где находится общий центр тяжести?
- 10.Формула полярного момента инерции круга
- 11.Связь осевых моментов инерции с полярным
- 12.Когда главные оси можно найти без вычислений?
- 13.Когда центр тяжести фигуры можно найти без расчета?
- 14.Сколько главных центральных осей в равностороннем треугольнике?

**По теме “Порядок построения расчетной схемы для реального объекта”**

1. Сколько расчетных схем можно составить для реального объекта?
2. Для чего рассматривают несколько расчетных схем одного объекта?
3. Какие параметры объекта подлежат схематизации?
4. Что понимается под сплошностью?
5. Абсолютная упругость?
6. Что понимается под изотропностью?
7. Когда распределенная нагрузка может приниматься как сосредоточенная сила?
8. Брус
9. Ось бруса?
10. Какой брус можно назвать прямым?
11. Какая оболочка называется плоской?

**По теме “Механические характеристики материалов”**

1. Физический смысл модуля Юнга
2. Свойства материала с коэффициентом Пуассона равным 0.5
3. Что такое предел пропорциональности?
4. Предел текучести
5. Площадка текучести
6. Участок упрочнения
7. Предел упругости
8. Условность предела временного сопротивления
9. Почему образец разрушается при нагрузке меньшей чем смог выдержать
10. Как с увеличением углерода в сплаве стали меняется диаграмма растяжения
11. Геометрический смысл модуля Юнга
12. Напряжение в точке
13. Что показывает эпюра внутренней силы?
14. Когда напряженное состояние в точке считается известным?



### **По теме “Внутренние силы”**

1. Что такое Сила?
2. Внутренняя сила
3. Когда в теле нет внутренних сил?
4. Статическое действие силы
5. Что означает равновесие сил?
6. Главный вектор внутренних сил
7. Главный момент внутренних сил
8. Сколько внутренних силовых факторов можно найти в сечении?
9. Принцип разложения на проекции главного вектора
10. Перечислить внутренние силовые факторы
11. Метод сечений

### **По теме “Гибкие нити”**

1. Какой брус называется гибкой нитью?
2. Почему при вертикальной нагрузке на нить появляется сила, стремящаяся сблизить концы нити?
3. Почему горизонтальная проекция силы натяжения нити имеет одно и то же значение в любом сечении нити?
4. Какой функцией описывается форма оси гибкой нити с малым и большим провисом?
5. Почему нить с большим провисом называют цепной линией?

### **По теме “Простейшие деформации”**

1. Закон Гука при осевом растяжении-сжатии
2. Формула деформации при осевом растяжении-сжатии
3. Закон Гука при сдвиге
4. Физический смысл модуля Юнга
5. Абсолютная деформация при осевом растяжении-сжатии
6. Условие прочности при осевом растяжении-сжатии

7. Нормальные напряжения в любой точке сечения при чистом изгибе
8. Условие прочности при чистом изгибе
9. Что называют пределом пропорциональности?
- 10.Связь между поперечной силой и изгибающим моментом
- 11.Что такое чистый изгиб?
- 12.Формула Журавского
- 13.Что такое осевой момент сопротивления?
- 14.Какие гипотезы не противоречат друг другу при чистом изгибе?
- 15.Смысл постоянных интегрирования основного дифференциального уравнения упругой линии бруса
- 16.Что называют опасным сечением бруса при чистом изгибе?
- 17.Формула деформации при кручении
- 18.Условие прочности вала при кручении

## **V. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Основная литература**

*(электронные и печатные издания)*

1. Беляев Н.М. Сопротивление материалов: учебное пособие для вузов// Беляев Н.М. Изд. 15-е, перераб. /репринт. Воспрюизд.1976 г. Москва: Альянс, 2014. 607 с.<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:720566&theme=FEFU>
2. А. М. Михайлов Сопротивление материалов : учебник для вузов / А. М. Михайлов - Москва : Академия, 2009.- 447 с.  
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:290856&theme=FEFU>
3. Е. К. Борисов, Е. А. Гридасова Сопротивление материалов : лабораторный практикум ч. 2 / Е. К. Борисов, Е. А. Гридасова ; Дальневосточный государственный технический университет - Владивосток : Изд-во Дальневосточного технического университета, 2010.- 64 с.  
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:381425&theme=FEFU>

4. Сопротивление материалов с основами строительной механики: Учебник / Г.С. Варданян и др.; Отв. ред. Г.С. Варданяна - 2-е изд., испр. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 416 с.: ил.; 60x90 1/16 + ( Доп. мат. znanium.com). - (ВО: Бакалавриат). (п) ISBN 978-5-1 <http://znanium.com/catalog/product/477846>

5. Уложенко А.Г. Сопротивление материалов [Электронный ресурс] : сборник заданий для курсового проектирования; Дальневосточный федеральный университет, Инженерная школа. Владивосток: Изд-во Дальневосточного Федерального университета, 2014. – 148 с. <https://elib.dvfu.ru/vital/access/manager/Repository/fefu:1698>

6. Сопротивление материалов [Электронный ресурс] : лабораторный практикум / А.Н. Кислов [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — Екатеринбург: Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, 2015. — 128 с. — 978-5-7996-1558-1. <http://www.iprbookshop.ru/68474.html>

7. Горбачев К.П. Сопротивление материалов [Электронный ресурс] : конспект лекций; Дальневосточный федеральный университет. - М.: Проспект, 2015. – 315 с. – с илл., табл. <https://elib.dvfu.ru/vital/access/manager/Repository/vtls:000825958>

### **Дополнительная литература**

*(электронные и печатные издания)*

1. Беляев Н.М. Сопротивление материалов: учебное пособие для вузов. Изд. 15-е, перераб. /репринт. Воспроизд. 1976 г. – М.: Альянс, 2014. – 607 с. <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:720566&theme=FEFU>

2. Михайлов А.М. Сопротивление материалов: учебник для вузов – М.: Академия, 2009. – 447 с. <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:290856&theme=FEFU>

### **Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»**

1. [www.edulib.ru](http://www.edulib.ru) – сайт Центральной библиотеки образовательных ресурсов.
2. <http://elibrary.ru> - Научная электронная библиотека.
3. <http://www.auditorium.ru> – сайт «Российское образование».
4. <http://www.rating.fio.ru> – сайт Федерации Интернет-образования.
5. <http://www.netlibrary.com> – Сетевая библиотека.
6. <http://www.rsl.ru> – Российская Государственная библиотека.

### **Перечень информационных технологий и программного обеспечения**

При осуществлении образовательного процесса студентами и профессорско-преподавательским составом используется следующее программное обеспечение:

1. Microsoft Office (Access, Excel, PowerPoint, Word и т. д).
3. Программное обеспечение электронного ресурса сайта ДВФУ, включая ЭБС ДВФУ.

При осуществлении образовательного процесса студентами и профессорско-преподавательским составом используются следующие информационно-справочные системы:

Научная электронная библиотека eLIBRARY.

Электронно-библиотечная система издательства «Лань».

Электронно-библиотечная система «IPRbooks».

Электронно-библиотечная система «Znaniium»

Информационная система "ЕДИНОЕ ОКНО доступа к образовательным ресурсам".

## **VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

На изучение дисциплины отводится 162 часа аудиторных занятий и 81 час самостоятельной работы. План-график самостоятельной работы размещен в Приложении 1.

**Рекомендации по использованию материалов учебно-методического комплекса.** На лекционных и лабораторных занятиях преподаватель контролирует работу студентов, отвечает на возникающие вопросы, подсказывает ход и метод решения. Если полученных в аудитории знаний окажется недостаточно, студент может самостоятельно повторно прочесть лекцию или соответствующее пособие, просмотреть практикум с разобранными примерами.

При выполнении задания на практическом занятии следует выполнить задание «по образцу», предложенному преподавателем и сформулировать вопросы. Затем выполнить индивидуальное задание. Самостоятельную работу можно выполнять как на аудиторном занятии, так и самостоятельно во внеаудиторное время. При этом результат необходимо отправить преподавателю на проверку.

После выполнения задания, студент защищает его преподавателю в назначенное время.

**Рекомендации по работе с литературой.** Теоретический и практический материал курса разъяснён в материалах учебно-методического комплекса, учебниках и пособиях из списка основной и дополнительной литературы.

**Рекомендации по подготовке к зачёту и экзамену.** Успешная подготовка к зачёту и экзамену включает работу на практических занятиях в течение семестра, выполнение всех заданий преподавателя и подготовку теоретического материала. При подготовке необходимо освоить теорию: разобрать основные темы, постановки задачи и используемые методы

## **V. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Для проведения лекционных и практических занятий может использоваться мультимедийная аудитория, оснащённая следующим оборудованием:

Акустическая система для потолочного монтажа с низким профилем, Extron SI 3CT LP (пара)

Акустическая система для потолочного монтажа с низким профилем,  
Extron SI 3CT LP (пара)

Акустическая система для потолочного монтажа с низким профилем,  
Extron SI 3CT LP (пара)

Врезной интерфейс с системой автоматического втягивания кабелей TLS  
TAM 201 Standart III

Документ-камера Avervision CP355AF

Комплект удлинителей DVI по витой паре (передатчик/приёмник), Extron  
DVI 201 Tx/Rx

Матричный коммутатор DVI 4x4. Extron DXP 44 DVI PRO

Микрофонная петличная радиосистема УВЧ диапазона Sennheiser EW 122  
G3 в составе рэкового приёмника EM 100 G3, передатчика SK 100 G3,  
петличного микрофон ME 4 с ветрозащитой и антенн (2 шт.)

Расширение для контроллера управления Extron IPL T CR48

Стойка металлическая для ЖК-дисплея У SMS Flatscreen FH T1450

Усилитель мощности, Extron XPA 2001-100V

Усилитель-распределитель DVI сигнала, Extron DVI DA2

Шкаф настенный 19" 7U, Abacom VSP-W960SG60

Для проведения лабораторных работ необходима лаборатории кафедры  
механики и математического моделирования, оснащённые следующим  
оборудованием:

Испытательный стенд CM-1 для лабораторных работ по «Сопротивлению  
материалов»

Оптический испытатель на основе поляризационного метода исследования  
напряжений

Универсальная настольная испытательная машина Shimadzu AGS-50 kN

Универсальная настольная испытательная машина Shimadzu AGSx-5 kN



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«Дальневосточный федеральный университет»**  
(ДФУ)

---

**ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА**

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ  
РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

**по дисциплине «Сопротивление материалов»**

**Направление подготовки: 15.03.03 Прикладная механика**

**Профиль подготовки: «Математическое и компьютерное моделирование  
механических систем и процессов»**

**Форма подготовки очная**

**Владивосток  
2016**

## План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

№ п/п	Раздел дисциплины	Неделя семестра	Форма контроля	
			СРС	
<b>Раздел 1</b>				
1.	Основные понятия сопротивления материалов.	1-3	4	Экспресс -опрос по основным понятиям. Выполнение РГЗ на 2-5 неделях, срок сдачи – 6 неделя.
2.	Расчетно-проектировочное задание «Геометрические характеристики плоских сечений»	2-5	4	
3.	Осевое растяжение – сжатие.	4-7	4	Экспресс-контрольная на ОР-С. Выполнение РГЗ на 4-8 неделях, срок сдачи – 9 неделя.
4.	Расчетно-проектировочное задание «Осевое растяжение и сжатие. Статически определяемая и неопределяемая задачи»	4-8	4	
5.	Простейшие деформации: срез и кручение круглого бруса.	9-11	4	
6.	Основные механические характеристики материалов	5	4	Экспресс-опрос.
7.	Деформация изгиба. Расчеты на прочность и жесткость.	12-16	4	Экспресс-контрольная работа. Выполнение РГЗ на 12-16 неделе, срок сдачи – 17 неделя.
8.	Расчётно-проектировочное задание «Расчёт прочности бруса при поперечном изгибе»	12-15	4	
9.	Понятие о напряженно-деформированном состоянии бруса. Теории прочности.	16-18	4	Экспресс-опрос
<b>ИТОГО за 1 семестр</b>			36	зачёт
<b>Раздел 2.</b>				
10	Энергетические методы определения перемещений. Метод сил. Уравнение трех моментов. Интегралы Мора.	1-6	2	Экспресс-контрольная работа. 3
11	1 часть курсовой работы. Неразрезная балка. Уравнение трех моментов			
12	2 часть курсовой работы. Статически неопределяемая плоская рама			
13.	Сложное сопротивление. Внецентренное растяжение-сжатие. Косой изгиб. Изгиб с кручением.	7-11	2	Экспресс-контрольная работа. Экспресс-опрос.
14	3 часть курсовой работы. Расчет ломаного бруса на сложное			



	сопротивление			
15	4 часть курсовой работы. Внецентренное сжатие колонны			
16.	Устойчивость упругих форм равновесия. Задача Эйлера. Расчет сжатых стоек.	12-13	1	
17	5 часть курсовой работы. Устойчивость сжатой стойки			
18	Динамическое действие нагрузки. Понятие удара	14-16	2	
19	6 часть курсовой работы. Расчёты на действие ударной нагрузки.			
20.	Усталостная прочность	15	2	Экспресс-опрос
21	Экспериментальные методы исследования НДС материалов	17-18		
22	Экзамен		45	экзамен

### **Характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению**

#### **Расчётно-проектировочные задания**

**Расчетно-проектировочное задание (РПЗ)** является формой контроля СРС. Выполняется студентами в виде индивидуального домашнего задания (ИДЗ), которое выдается студентам по индивидуальным вариантам из сборника заданий для курсовых работ по номеру зачетной книжки, и после проверки защищается студентом при индивидуальном собеседовании с преподавателем. РПЗ оценивается в форме зачета (оценивается оценкой «зачтено» или «не зачтено»). Не зачтенное РПЗ возвращается студенту для выполнения работы над ошибками, после чего оно может быть сдано для проверки повторно. РПЗ считается выполненным, если оно получило итоговую оценку «зачтено».

Содержание и сроки выполнения мероприятий текущего контроля освоения дисциплины определены в п. 4 настоящей РПУД.

#### **Задание 1. ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛОСКИХ СЕЧЕНИЙ**

Рассматриваемое поперечное сечение состоит из трёх частей. Для упрощения анализа состава сечения на схеме между элементами выделены зазоры, которые фактически отсутствуют, поэтому при определении размеров конструкции следует считать примыкание элементов плотным, без зазоров. Вычерчивая контуры составных частей, уклоны и сопряжения можно выполнять условно, поскольку точная графика не является целью задания. На чертеж выносятся все размеры, необходимые для определения координат центров тяжести отдельных частей в общей системе координат. Табличная форма решения задачи позволяет значительно сократить объем пояснительной записки, сделать решение легко читаемым и, самое главное, легко проверяемым. Прививая навыки табличного оформления расчетной документации, мы повышаем культуру инженерно-конструкторской деятельности. Табличная форма представления решения сокращает время на многократное переписывание формул, снижает возможность совершения невынужденной ошибки, позволяет контролировать процесс вычисления на любом его шаге.

Координаты центра тяжести составного сечения определяются по формулам

$$y_c = \frac{Sx}{A} = \frac{\Sigma_2}{\Sigma_1}, \quad x_c = \frac{Sy}{A} = \frac{\Sigma_3}{\Sigma_1}.$$

Главные моменты инерции сечения можно вычислять по формулам, в которых отсутствуют тригонометрические функции

$$I_{u,v} = \frac{1}{2} \left[ (I_x + I_y) \pm \sqrt{(I_x - I_y)^2 + 4I_{xy}^2} \right] \text{ или } I_{u,v} = \frac{1}{2} \left[ (\Sigma_{10} + \Sigma_{11}) \pm \sqrt{[(\Sigma_{10} - \Sigma_{11})^2 + 4\Sigma_{12}^2]} \right]$$

Вывести эту формулу не составит большого труда, если студент разобрался с ее графическим представлением на Круге Мора. Круг Мора это диаграмма в координатах: осевой момент инерции – центробежный момент инерции (рис. 1.1).

Слагаемое перед знаком радикала представляет собой координату центра Круга Мора точки  $C$  на рисунке. Значение, получаемое из-под радикала, радиус Круга Мора и одновременно наибольший центробежный момент инерции рассматриваемого сечения относительно центральных осей. Основная точка Круга Мора точка  $D$  имеет координаты  $I_y$  и  $I_{xy}$ . Вспомогательная точка  $D'$  имеет координаты  $I_x$  и  $(-I_{xy})$ . Поскольку центробежный момент может быть и отрицательным, то  $D$  будет находиться выше либо ниже оси, а  $D'$  соответственно противоположно. На середине отрезка  $DD'$  и одновременно на оси абсцисс лежит центр Круга Мора. Радиусом  $CD$  проводится окружность. Окружность пересекает ось абсцисс в точках, которые определяют значения главных осевых моментов инерции: левая определяет минимальный  $I_v$ , а правая максимальный главный момент инерции  $I_u$ . Проводя прямую через  $D$  и точку с координатой  $I_u$ , находим положение главной центральной оси, относительно которой осевой момент принимает максимальное значение. Через  $D'$  и точку с координатой  $I_v$  проходит ось  $v$  – вторая главная центральная ось сечения.

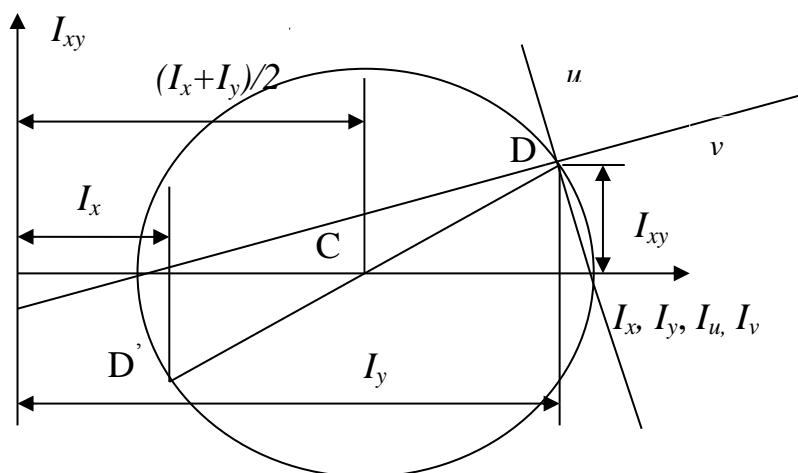


Рис. 1.1. Элементы Круга Мора.

Угол между осями  $u$  и  $v$  прямой, что вытекает из свойства вписанного в окружность угла, опирающегося на диаметр. Направление осей должно совпасть с расчётным значением угла  $\alpha$ , получаемым по формуле

$$\operatorname{tg} 2\alpha = \frac{2I_{xy}}{I_y - I_x} = \frac{2\Sigma_{12}}{\Sigma_{11} - \Sigma_{10}}.$$

Разобравшись со свойствами Круга Мора, студент может самостоятельно получить формулу для вычисления центробежного момента инерции стандартного прокатного профиля вида равнобокого и неравнобокого уголка:

для равнобокого

$$I_{xy} = I_{\max} - I_x;$$

для неравнобокого

$$I_{xy} = (I_x - I_{\min}) \operatorname{tg} \alpha = (I_{\max} - I_y) \operatorname{tg} \alpha,$$

где параметры в правой части заданы в таблице ГОСТа для каждого профиля.

Знак центробежного момента инерции определяется расположением профиля относительно координатных осей. По определению центробежный момент равен  $I_{xy} = \int_A xy dA$ . Знак интеграла обозначает только суммирование произведений площадей элементарных площадок на расстояния их центров тяжести до осей координат. Поэтому при  $dA > 0$ , что имеет место всегда, когда площадка существует, знак слагаемого определяется сочетанием знаков координат  $x$  и  $y$ : в I и III квадрантах координаты имеют одинаковые знаки, соответственно  $I_{xy} > 0$ ; во II и IV квадрантах знаки координат противоположные, соответственно  $I_{xy} < 0$ . Теперь, обратив внимание на то, как расположено сечение относительно выбранной местной центральной системы координат сечения, можно визуально определить, какой знак будет превалировать “+” или “-”.

Выполнив самостоятельно задание и разобравшись со свойствами Круга Мора, любой студент ответит на контрольные вопросы, приведенные после вариантов исходных данных задания, и будет готов к защите задания.

## Задание 2. ОСЕВОЕ РАСТЯЖЕНИЕ-СЖАТИЕ

По теме «Осевое растяжение – сжатие» предлагаются два задания. Первое на определение размеров сечений статически определимой стержневой конструкции и второе на раскрытие статической неопределимости и подбор размеров сечения для статически неопределимой системы.

В первой задаче из условия равновесия жесткого бруса, деформацией которого можно пренебречь, необходимо определить усилие в растяжках и подкосах. А также по условию прочности на растяжение или сжатие подобрать размеры поперечного сечения для каждого из стержней, выполняющих функцию растяжек и подкосов. При определении усилий потребуются навыки, полученные в курсе теоретической механики.

К выполнению решения нужно подходить рационально. Если брус шарнирно закреплён на неподвижной опоре, и знание реакций в шарнире не влияет на отыскание усилий в стержнях, то выполнять работу по отысканию этих реакций не нужно.

Искомые усилия находятся из условия равновесия “тела”. Следовательно, необходимо выделить это “тело” из состава конструкции, заменить нарушенные связи реакциями и составить уравнения равновесия “тела”.

При найденных значениях усилий в стержнях по условию прочности определяются размеры сечения. Нельзя забывать о знаке неравенства в условии прочности. Решая неравенство в буквенном выражении относительно искомой величины, конструктор получает информацию о том, в какую сторону он волен принимать решение при назначении размера. Поскольку задача практическая, то маловероятно, что “на складе” найдется профиль точно того размера, который получен расчетом, поэтому необходимо подобрать подходящий.

Подобрав размеры искомых сечений стержней, определяют линейное перемещение заданной точки “К”. Для этого нужно представить картину

перемещений жесткого бруса в результате деформирования элементов, выяснить, с деформацией какого или каких элементов связано искомое перемещение  $\delta$  точки К. Определить его с учетом уже принятых размеров сечений, а не тех, что были получены в результате расчёта.

Во второй задаче рассматривается статически неопределимая система, состоящая из жесткого бруса и упругих элементов в виде стержней. Стержни работают на растяжение-сжатие. Система единожды статически неопределима, и для ее решения требуется составить дополнительно к уравнениям равновесия уравнение перемещений из условия совместности деформаций. Задача студента состоит в том, чтобы представить перемещение конструкции, вызванное деформацией упругих элементов, и “увидеть” совместную деформацию, т.е. связать перемещения определенных узлов жесткого бруса с деформациями стержней.

При составлении уравнения используется конструктивно заданное соотношение площадей сечений стержней. Это упрощает решение, но при подборе размеров сечений необходимо учитывать не только условия прочности, но и использованное конструктивное условие. В результате, искомые размеры сечений должны удовлетворять условиям прочности и строго удовлетворять конструктивному условию, иначе нарушается равенство в использованном при решении системы дополнительном уравнении.

### Задание 3. ПОПЕРЕЧНЫЙ ИЗГИБ БРУСА ПОСТОЯННОГО СЕЧЕНИЯ

По теме «Поперечный изгиб бруса» предлагаются три задачи. В первой задаче брус – однопролетная шарнирно-опертая балка, во второй – брус-консоль, т.е. балка с жестко защемленным концом. Построение эпюр поперечных сил и изгибающих моментов для них не представляет особых трудностей. Проблему может представлять неравномерно распределенная нагрузка, но она преодолима. Геометрически поперечная сила в сечении бруса от такой нагрузки равна части площади ее эпюры, попадающей на рассматриваемый участок. Для определения этой площади необходимо знать

текущее значение интенсивности нагрузки  $q(x)$ , которое, как не трудно видеть из рисунка 3.1, определяется из геометрического подобия

$$q(x) = \frac{(x-a)}{b} q; \quad Q(x) = \frac{(x-a)(x-a)}{b} \frac{q}{2}; \quad M(x) = \frac{(x-a)(x-a)(x-a)}{b} \frac{q}{3}$$

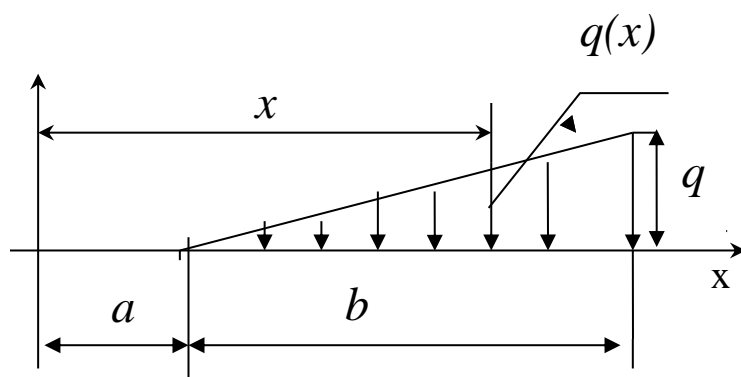


Рис. 3.1. Определение текущего значения интенсивности распределенной нагрузки

Изгибающий момент от неравномерно распределенной нагрузки равен произведению равнодействующей силы на плечо, которое равно расстоянию от центра тяжести рассматриваемой части эпюры нагрузки до оси, проходящей через центр тяжести сечения с координатой  $x$ , перпендикулярно плоскости изгиба, т.е. плоскости рисунка. Где находится центр тяжести прямоугольника или треугольника известно всем, следовательно, определить плечо не составляет особого труда.

В третьей задаче задания поставлена на первый взгляд «лишняя» опора, превращающая балку в статически неопределимую. Но имеющийся врезанный шарнир снимает одну степень неопределимости и брус оказывается статически определим. Все реакции связей могут быть определены из уравнений статического равновесия. Учитывая, что момент через шарнир не передается, можно мысленно расчленить брус по шарниру. Для каждой из частей расчлененный шарнир будет связью, поэтому, заменяя отброшенную часть, нужно добавить по две составляющие реакции с каждой стороны шарнира. Одна из частей бруса оказывается статически

определимой, и можно найти опорную реакцию, составив уравнение моментов относительно шарнира. Уравнение содержит одну неизвестную силу. Чтобы не находить составляющие реакции в шарнире, возвращаем брус к исходному виду, т.е. соединяем разорванные части. Теперь к балке приложены только три неизвестные составляющие реакции, которые без особого труда определяются из уравнений равновесия балки. Затем составляются выражения для поперечной силы и изгибающего момента и строятся их графические образы – эпюры. Правильность построения эпюры моментов определяется по нулевому значению момента в сечении врезанного шарнира и на концевых шарнирных опорах, если они есть.

При построении эпюр поперечной силы  $Q$  и изгибающего момента  $M$  нужно использовать интегрально-дифференциальные зависимости между  $Q$  и  $M$ :

$$M = \int Q dx, \quad Q = \frac{dM}{dx}.$$

Применяя навыки математического анализа, можно с наименьшими затратами сил и времени правильно отразить характер изменения внутренних силовых факторов  $Q$  и  $M$  на графиках.

Для первой балки по значению изгибающего момента в опасном сечении подбираются поперечные размеры бруса сплошного прямоугольного сечения, выполненного из дерева, а для балки из третьей задачи подбирается двутавровое сечение прокатного профиля. При определении наибольшего касательного напряжения по формуле Журавского значение статического момента для половины сечения двутавра выбирается из таблицы сортамента по ГОСТу.

#### Задание 4. НЕРАЗРЕЗНАЯ БАЛКА. УРАВНЕНИЕ ТРЁХ МОМЕНТОВ

Рассматривается раскрытие статической неопределимости неразрезной многопролетной балки методом сил в специальной форме, называемой уравнением трех моментов. Основная система выбирается путем врезания



дополнительных шарниров над промежуточными опорами. Для того, чтобы система независимых однопролетных балок была эквивалентна исходной неразрезной конструкции, у каждой промежуточной опоры прикладывается момент неизвестной величины, назначение которого – заставить сечения, принадлежащие левому и правому пролету у промежуточной опоры, поворачиваться в одну сторону и на один и тот же угол. Составляя выражение угла поворота сечения слева от опоры и справа и приравнявая их, получим дополнительное уравнение перемещений из условия совместности деформаций. Степень неопределимости неразрезной балки равна количеству промежуточных опор. Уравнений перемещения должно быть ровно столько же. Для получения дополнительного уравнения рассматриваются два смежных пролета балки. На конце каждого пролета прикладывается искомый момент. В итоге в уравнение углового перемещения сечения балки над каждой дополнительной опорой входят три момента: у левой и у правой опоры, а также в сечении над средней опорой. Поэтому уравнение носит название “Уравнение трёх моментов”

$$M_{лев} l_{лев} + 2M_{средн} (l_{лев} + l_{прав}) + M_{прав} l_{прав} = -6 \left[ \frac{S_{лев}}{l_{лев}} + \frac{S_{прав}}{l_{прав}} \right],$$

где  $M_{лев}$ ,  $M_{средн}$  и  $M_{прав}$  - моменты у левой, средней и правой опор соответственно;  $l_{лев}$ ,  $l_{прав}$  – длина левого и правого пролёта;  $S_{лев}$ ,  $S_{прав}$  – статический момент площади эпюры изгибающих моментов от внешней нагрузки относительно левой опоры для левого пролета и относительно правой опоры для правого пролета соответственно.

Это уравнение может быть использовано для бруса, у которого одна из концевых опор или даже обе заменена жесткой заделкой. В этом случае заделка заменяется шарнирной опорой и добавляется момент. Если заделка на левом конце, в уравнении отсутствует первое слагаемое, а у второго слагаемого  $M_{лев}=0$ , в правой части уравнения  $S_{лев}/l_{лев}$  также отсутствует. Это уравнение определяет, при каком значении момента в заделке угол поворота левого опорного сечения будет равен нулю.

Для определения свободных членов уравнений используется графоаналитический метод, известный как *способ Верещагина*.

После решения системы уравнений все опорные моменты известны и можно строить эпюру изгибающего момента для неразрезной балки. Для ее построения используются несколько способов:

1. Рассматривается каждый пролет отдельно с учетом опорных моментов у левой и правой опоры. Эпюры для отдельных пролетов составляются в цепочку и получается результирующая эпюра для неразрезной балки.
2. На эпюры моментов только от внешней нагрузки для однопролетных шарнирно опертых балок накладывается эпюра от опорных моментов. Последняя представляет собой ломаную линию. Ордината вершины или впадины излома определяется величиной опорного момента. Накладывая эту ломаную линию, но противоположного знака, т.е. умноженную на  $(-1)$ , на эпюру от пролётной нагрузки, получают суммарную эпюру, ось отсчета которой есть ломаная линия опорных моментов. Все, что находится между контуром эпюры от пролётной внешней нагрузки и осью, будет являться суммарной эпюрой моментов. Выше оси - “плюс”, ниже оси - “минус”. Для удобства чтения эпюры ломаную линию можно спрямить, сохраняя при этом суммарные ординаты эпюры.

Поскольку принятое правило знаков для эпюры моментов предполагает, что эпюра строится со стороны сжатых волокон, то по внешнему виду эпюры можно приближенно представить внешний вид изогнутой оси неразрезной балки. Так как опора не дает просадку, то изогнутая ось должна касаться опоры, а в сечениях, где меняется знак момента, происходит смена знака кривизны оси, т.е. это точка перегиба на изогнутой оси. Точка перегиба может оказаться выше либо ниже недеформированной оси балки. Изогнутая ось еще называется упругой линией бруса. По значению изгибающего момента в опасном сечении подбирается двутавровое сечение.

Задание 5. СТАТИЧЕСКИ НЕОПРЕДЕЛИМАЯ ПЛОСКАЯ РАМА

По теме «Статически неопределимая плоская рама» предлагается раскрыть статическую неопределимость плоской рамы, построить эпюры внутренних силовых факторов, подобрать размеры поперечного сечения элементов рамы и схематично построить вид изогнутой оси рамы. Задача трижды статически неопределимая. Встречаются варианты с шестью дополнительными связями, но в этом случае есть возможность воспользоваться свойствами геометрической и силовой симметрии. Некоторые силовые факторы в сечении, совпадающем с плоскостью симметрии, равны нулю по определению, и сокращается количество дополнительных уравнений. Применяется *метод сил* в форме *способа Верещагина*.

Правильность решения проверяется графоаналитически. Определяем перемещение сечения конструкции, про которое заранее известно, что оно равно нулю. Умножается суммарная эпюра изгибающего момента на одну из единичных эпюр, использованных при определении коэффициентов системы канонических уравнений. Из граничных условий известно, что перемещение в направлении любой из этих единичных сил равно нулю, следовательно, в результате произведения суммарных эпюр на единичную эпюру должны получить нулевое значение. В этом случае считается, что проверка состоялась. С учетом закрепления рамы и формы эпюры изгибающих моментов строится примерный вид деформированной рамы.

#### Задание 6. РАСЧЁТ БРУСА С ПРОСТРАНСТВЕННО ИЗОГНУТОЙ ОСЬЮ НА СЛОЖНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ

Коленчатый вал двигателя внутреннего сгорания представляет собой брус с пространственно изогнутой осью. В задании рассматривается брус упрощенной формы, у которого один конец жестко защемлен и колена направлены параллельно осям прямоугольной системы координат.

Даже простая нагрузка, прикладываемая к одному элементу бруса и вызывающая в этой части простую деформацию, в других частях бруса уже

вызывает сложное напряженно-деформированное состояние, называемое сложным сопротивлением. Как известно, в консольном бруске можно не искать опорные реакции в заделке, если выбрать начало отсчета на свободном конце консоли. В случае ломаного бруска, применив такой же прием, можно избавиться от нахождения шести составляющих опорной реакции. Перемещаясь к заделке, последовательно рассчитываются прямые элементы бруска. Поскольку в расчете появляется много силовых факторов, и есть реальная возможность допустить ошибки, рекомендуется первоначально задаться направлением координатных осей, направив их параллельно осям колен бруска. Принять обозначения осей согласно правосторонней системе координат и не изменять обозначения при переходе к смежным частям бруска.

При отсутствии практического навыка рекомендуется вычертить каждое колено отдельно, показав всю действующую нагрузку, и составить выражения для всех шести внутренних силовых факторов. По полученным выражениям построить эпюры, ориентируя графики в тех плоскостях, в которых действуют рассматриваемые факторы. Для лучшей читаемости полученного решения графики лучше строить на четырех осях, повторяющих контур заданного бруска. Отдельно строятся эпюры нормальной силы  $N(x)$ , крутящего момента  $M_{кр}$ , изгибающего момента  $M_{изг}$  и поперечной силы  $Q(x)$ . Эпюры изгибающего момента и поперечной силы для каждого колена бруска строятся в двух плоскостях, в которых эти факторы действуют.

При переходе к следующему участку бруска в его начало переносится вся нагрузка, приложенная к предыдущему, по правилам, известным из теоретической механики. Момент пары сил переносится без изменений, а при параллельном переносе силы добавляется момент равный произведению силы на плечо переноса. Знание дифференциально-интегральной зависимости между  $Q(x)$  и  $M_{изг}$  позволяет точнее отразить на графике характер изменения изгибающего момента по длине элемента бруска.

По эпюрам отыскивается опасное сечение в каждом колене бруска и значения всех силовых факторов в этом сечении. Если имеет место сложное

сопротивление, то подбор размеров сечения осуществляется по критерию наибольших касательных напряжений, известной как третья теория прочности. Эквивалентный расчетный момент в опасном сечении получают по формуле

$$M_{\text{эkv}} = \sqrt{M_x^2 + M_y^2 + M_z^2}.$$

По заданию для такого участка предлагается подобрать брус круглого поперечного сечения, Расчетный диаметр определяется из условия прочности

$$\sigma = \frac{M_{\text{эkv}}}{W_{\text{осевой}}} \leq [\sigma], \quad W_{\text{осевой}} = \frac{\pi d^3}{32} \Rightarrow d \geq \sqrt[3]{\frac{32 M_{\text{эkv}}}{\pi [\sigma]}}$$

Проверку прочности проводим по формуле

$$\sigma_{\text{эkv}}^{\text{III}} = \sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2} \leq [\sigma]$$

Если в сечении действует еще и продольная сила  $N$ , то нормальные и касательные напряжения определяются

$$\sigma = \sigma(M_{\text{изг1}}) + \sigma(M_{\text{изг2}}) + \sigma(N), \quad \tau = \tau(M_{\text{крут}})$$

и  $\sigma_{\text{эkv}}^{\text{III}}$  будет больше  $[\sigma]$ , так как при подборе сечения не учитывалась продольная сила. Поэтому задачу можно решить последовательными приближениями, задаваясь приращением диаметра  $\Delta d$  и проверяя напряжения по условию прочности.

Приветствуется инициатива студентов, которые найдут и применят другой способ решения: путем решения кубического уравнения относительно диаметра либо нахождения приращения диаметра через дифференциал, либо какой-то иной.

## Задание 7. ВНЕЦЕНТРЕННОЕ СЖАТИЕ КОЛОННЫ

Рассматривается внецентренное сжатие каменной колонны с низким уровнем допускаемых напряжений на растяжение. Наличие оси симметрии поперечного сечения облегчает нахождение главных осей и главных моментов инерции сечения. По известной формуле нормальных напряжений

для внецентренного растяжения – сжатия определяется положение нейтральной линии

$$\sigma = \frac{P}{A} \left( 1 + \frac{x_p x}{i_y^2} + \frac{y_p y}{i_x^2} \right),$$

где  $P$  – величина внецентренной силы;

$A$  – площадь поперечного сечения;

$x_p, y_p$  – координаты точки приложения силы – полюса;

$x, y$  – координаты точки, в которой определяется напряжение;

$i_x, i_y$  – радиусы инерции сечения.

Затем визуально определяются точки сечения, наиболее удаленные от нейтральной линии, и вычисляются значения нормальных напряжений в этих точках.

Вокруг центра тяжести сечения можно выделить область, при приложении силы в которой, во всех точках сечения напряжения принимают значения одного знака. Эта область называется ядром сечения. Знание формы и размеров ядра сечения актуально для материалов, в которых недопустимо наличие растягивающих напряжений. Определяется форма ядра расчетом и графическим построением.

Задавая положение нейтральной линии, касающейся контура сечения, находят координаты полюса. Для этого решаем систему, составленную из двух уравнений нейтральной линии. Эти уравнения относительно  $x_p$  и  $y_p$  получают, если подставить значения координат двух точек, принадлежащих нейтральной линии, вместо  $x$  и  $y$ . Последовательно обходя касательными весь контур сечения, получают все угловые точки ядра сечения. После этого полюсы соединяются прямыми отрезками, образующими выпуклую границу контура ядра сечения.

***Ядро сечения это такая область сечения, при приложении внецентренной силы в которой, во всех точках сечения возникают напряжения одного знака.***

Анализируя уравнение нейтральной линии, внимательный студент обнаружит взаимнообратимость контура ядра сечения и контура, образованного внешними касательными к самому сечению.

Действие боковой силы приводит к появлению дополнительных нормальных напряжений в сечениях ниже уровня действия этой силы. Наибольшего значения они достигают у основания колонны, в точках наиболее удаленных от нейтральной линии, проходящей через центр тяжести сечения перпендикулярно линии действия силы. Построив эпюры нормальных напряжений отдельно от сил  $P_1$  и  $P_2$ , можно определить напряжения в любой точке сечения суммированием напряжений, снятых с каждой эпюры.

Выявив наиболее напряженные точки сечения в основании колонны, сравнивают напряжения в них с допускаемыми. В случае превышения допускаемого уровня, выясняют возможность их понижения путем изменения величины приложенной силы  $P_1$ . Поскольку допускаемые напряжения на растяжение значительно ниже допускаемых напряжений на сжатие, то проверяется выполнение условия прочности в точках сечения по напряжениям сжатия и растяжения одновременно.

### Задание 8. УСТОЙЧИВОСТЬ СЖАТОЙ СТОЙКИ

В этом задании подбираются размеры элементов сечения сжатой стойки по коэффициенту снижения допускаемых напряжений. Задача решается последовательными приближениями. Для ускорения сходимости начальное значение коэффициента  $\varphi_0$  лучше принять равным не единице, а  $\varphi_0=0,5$ . Кроме этого, после получения интерполированием значения  $\varphi_i$ , соответствующего вычисленной гибкости стойки  $\lambda_i$ , в расчет включить

$$\varphi_i = \frac{\varphi_i + \varphi_{i-1}}{2},$$

где  $\varphi_{i-1}$  – коэффициент предшествующего шага приближения.

Процедура последовательных приближений заканчивается, когда расхождение в значениях  $\varphi_i$  и  $\varphi_{i+1}$  не превышает одного процента. Это достижимо, если размеры сечения можно изменять непрерывно. В случае составного сечения из стандартных прокатных профилей, площадь сечения и минимальный момент инерции, а соответственно и гибкость стержня  $\lambda$  меняются дискретно. Поэтому расчетную процедуру следует закончить, когда последующий шаг повторяет предыдущий.

### Задание 9. ДИНАМИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ НАГРУЗКИ

По теме динамическое действие нагрузки выполняется задание, в котором подбирается сечение одножды статически неопределимой рамы, подверженной действию падающего груза известной величины. Для определения коэффициента динамичности  $k_{дин}$  требуется найти перемещение сечения, в котором произошел удар, но при статическом приложении силы равной весу груза. Для этого методом сил раскрывается статическая неопределимость конструкции и строятся эпюры внутренних силовых факторов. Перемещение сечения статически неопределимой рамы в точке падения груза можно определить графоаналитически по способу *Верещагина*. В этом месте в искомом направлении необходимо приложить единичную силу к заданной конструкции, которая статически неопределима. Казалось бы, что требуется снова раскрывать неопределимость уже при действии единичной внешней силы и повторить все действия, выполненные первый раз. Но изюминка заключается в том, что, раскрыв первый раз статическую неопределимость и построив эпюры, мы построили эпюры не для статически неопределимой рамы, а для одной из основных систем, полученной из заданной рамы путем освобождения от «лишних» связей, а вместо лишней связи была учтена реакция ее заменяющая. И совершенно не имеет значения, какая именно основная система была выбрана, в любом варианте конечная эпюра будет одна и та же. Поэтому и единичную силу прикладываем не к исходной раме, а к любой основной системе из нее полученной. Таким



образом, единичная сила прикладывается к статически определимой раме. Из уравнений статического равновесия определяются опорные реакции и строятся эпюры внутренних факторов от действия этой единичной силы. Если пренебречь влиянием на перемещение всех внутренних факторов, кроме изгибающего момента, то будем иметь одну «единичную» эпюру и одну эпюру от внешней нагрузки для статически неопределимой рамы. *Способом Верещагина* определяется статическое перемещение и находится динамический коэффициент. Коэффициент динамичности определится как

$$k_{дин} = 1 + \sqrt{1 + \frac{2h}{\delta_{стат}}},$$

где  $h$ - высота падения груза;  $\delta_{стат}$  – перемещение сечения при статическом приложении силы.

Динамические нормальные напряжения определяются по формуле  $\sigma_{дин} = k_{дин} \cdot \sigma_{статич}$ . По условию прочности подбирается диаметр сплошного круглого сечения бруса.

Приведенные выше рассуждения по определению перемещения сечения статически неопределимой системы справедливы для любой задачи. Что касается конкретного задания, то  $\delta_{стат}$  есть перемещение именно точки падения груза и в направлении движения груза, то есть «единичная» эпюра может быть получена из «грузовой» путем деления всех ее ординат на величину веса груза.

#### Критерии оценки выполнения самостоятельной работы

Оценка «Допущено к защите» за выполненное расчетно-проектировочное выставляется после устранения всех выявленных в ходе проверки ошибок и замечаний.

Оценка «Зачтено» выставляется после того, как студент в ходе защиты показывает: полное владение теоретическим материалом соответствующего раздела курса «Соппротивление материалов», умение составлять расчетную схему и владение методами решения поставленной задачи. Количество

задаваемых на защиту вопросов зависит от времени обдумывания и полноты ответов студента. Итоговая оценка учитывает прилежание студента и пунктуальность соблюдения графика прохождения дисциплины.

Экспресс-опросы, направлены на выявление уровня познания дисциплины, насколько понимание студентом сути предмета совпадает с общепринятым пониманием содержания изучаемой дисциплины. А также для выявления насколько доступно излагается материал, и в случае массового недопонимания анализ результата опроса позволяет наискорейшим образом изменить тактику преподавания, акцентировать внимание на вопросах, оказавшихся трудными для понимания.

Оценка «Удовлетворительно» выставляется, если количество правильных ответов превышает 55 процентов вопросов,

оценка «Хорошо» – правильных ответов более 75 процентов и

оценка «Отлично», если количество правильных ответов составляет не менее 85 процентов от количества заданных вопросов.

Для стимулирования своевременного и планомерного освоения дисциплины студенты, предоставляющие отчеты по заданиям до назначенного срока, проходят защиту в упрощенной форме.

Критерии оценки выполнения самостоятельной работы:

1. Для получения оценки “отлично” безошибочно выполненная работа должна быть представлена в установленный срок. Соискатель оценки “отлично” при защите проявляет полное понимание рассматриваемого явление, самостоятельную проработку дополнительного материала, знание методики решения проблемы и методов достижения результата. Из возможных путей решения находит и применяет наискорейший.

2. Для получения оценки “хорошо” выполненная работа с небольшими пометками должна быть представлена в установленный срок. При защите исправленной работы соискатель показывает уверенные знания в пределах изученного курса. Может составить алгоритм решения подобной задачи.

3. Для получения оценки “удовлетворительно” выполненная работа с небольшими пометками должна быть представлена в течении семестра. При защите исправленной работы соискатель показывает знания в объеме, понимания порядка получения результатов, представленных в работе пределах изученного курса. Может составить алгоритм решения подобной задачи.



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«Дальневосточный федеральный университет»**  
(ДФУ)

---

**ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА**

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
**по дисциплине «Основы программирования в компьютерных системах»**  
**Направление подготовки: 15.03.03 Прикладная механика**  
**Профиль подготовки: «Математическое и компьютерное моделирование**  
**механических систем и процессов»**  
**Форма подготовки очная**

**Владивосток**  
**2016**

## Паспорт ФОС

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ОПК-3 (способностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения физико-математический аппарат)	Знает	Приемы построения математических моделей и расчётных схем
	Умеет	Намечать цель и абстрагироваться от несущественных особенностей объекта исследования
	Владеет	Приёмами построения расчётных схем исследуемого объекта
ПК-1 (способностью выявлять сущность научно-технических проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат)	Знает	Математические формулы для расчётов на прочность, жёсткость, устойчивость и надёжность деталей технологического оборудования
	Умеет	Составлять математические модели и расчётные схемы элементов инженерных сооружений
	Владеет	Приёмами решения дифференциальных уравнений
ПК-4 (готовностью выполнять научно-исследовательские работы в области прикладной механики с использованием современных вычислительных методов, высокопроизводительных вычислительных систем и наукоёмких компьютерных технологий, широко распространенных в промышленности систем мирового уровня, и экспериментального оборудования для проведения механических испытаний)	Знает	Методы проведения исследования механических параметров конструкций и машин
	Умеет	Проводить научное исследование в соответствии с поставленными задачами. Подбирать не прямые методы исследования напряжённо-деформированного состояния конструкций, соответствующие диапазону измеряемых величин
	Владеет	Инструментами и методами проведения научных исследований, методами тарирования испытательного оборудования и пересчёта данных эксперимента в механические параметры реально деформируемого объекта; приёмами статистической обработки результатов эксперимента

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства		
				текущий контроль	промежуточная аттестация	
1	Темы 1 – 2	П	К-	Приемы построения математических моделей и	до ва ни е	Вопросы к

			расчётных схем		зачёту 1 – 9
			Намечать цель и абстрагироваться от несущественных особенностей объекта исследования		
			Приёмами построения расчётных схем исследуемого объекта		
2	Темы 3 – 5	ПК-1	Математические формулы для расчётов на прочность, жёсткость, устойчивость и надёжность деталей технологического оборудования	Собеседование (УО-2)	Вопросы к зачёту 10 – 18
			Составлять математические модели и расчётные схемы элементов инженерных сооружений		
			Приёмами решения дифференциальных уравнений		
3	Темы 6 – 10	ПК-4	Методы проведения исследования механических параметров конструкций и машин	Собеседование (УО-3)	Вопросы к экзамену
			Проводить научное исследование в соответствии с поставленными задачами. Подбирать не прямые методы исследования напряжённо-деформированного состояния конструкций, соответствующие диапазону измеряемых величин		
			Инструментами и методами проведения научных исследований, методами тарирования испытательного оборудования и пересчёта данных эксперимента в механические параметры реально деформируемого объекта; приёмами статистической обработки результатов эксперимента		

### Шкала оценивания уровня сформированности компетенций

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции		критерии	показатели
ОПК-3 (способностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения физико-математический аппарат)	знает (пороговый уровень)	Приёмы построения математических моделей и расчётных схем	<ul style="list-style-type: none"> <li>- знание основных законов физических явлений и процессов применительно к предметной области;</li> <li>- знание методов решения профессиональных конструкторско-технологических задач;</li> <li>- знание связей естественнонаучной сущности явлений с задачами профессиональной деятельности</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- способность дать основные определения и сформулировать сущность основных законов физических явлений и процессов применительно к предметной области;</li> <li>- способность описать методы решения профессиональных конструкторско-технологических задач;</li> <li>- способность выявить и объяснить связь естественнонаучной сущности явлений с задачами профессиональной деятельности.</li> </ul>
	умеет (продвинутый уровень)	Намечать цель и абстрагироваться от несущественных особенностей объекта исследования	<ul style="list-style-type: none"> <li>- умение ставить задачи, возникающие в ходе профессиональной деятельности;</li> <li>- умение выбирать адекватные способы и методы решения задач,</li> <li>- умение анализировать, интерпретировать, представлять и применять полученные результаты</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- способность ставить задачи, возникающие в ходе профессиональной деятельности;</li> <li>- способность выбирать адекватные способы и методы решения задач;</li> <li>- способность анализировать, интерпретировать, представлять и применять полученные результаты</li> </ul>
	владеет (глубокий уровень освоения)	Приёмами построения расчётных схем исследуемого объекта	<ul style="list-style-type: none"> <li>- владение навыками систематизации и классификации проблем в профессиональной деятельности;</li> <li>- владение технологией использования физико-математического аппарата</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- способность систематизировать и классифицировать задачи и проблем, в возникающие в ходе профессиональной деятельности;</li> <li>- способность использовать физико-математический аппарат, современные экспериментальные и вычислительные методы для решения задач профессиональной деятельности</li> </ul>
ПК-1 (способностью выявлять сущность научно-технических проблем, возникающих в	знает (пороговый уровень)	Математические формулы для расчётов на прочность, жёсткость, устойчивость и надёжность деталей технологического оборудования	знание основных методов математики, применяемых для описания процессов и явлений профессиональной деятельности	способность сформулировать и объяснить методы математики, применяемые для описания процессов и явлений профессиональной деятельности

ходе профессиональной деятельности, и привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат)	умеет (продвинутый уровень)	Составлять математические модели и расчётные схемы элементов инженерных сооружений	- умение выделять физическую сущность процессов и явлений, связанных с профессиональной деятельностью; - умение предложить и использовать математические методы для решения задач профессиональной деятельности	- способность выявить физическую сущность процессов и явлений, связанных с профессиональной деятельностью; - способность описывать и решать задачи профессиональной деятельности средствами математических методов
	владеет (глубокий уровень освоения)	Приёмами решения дифференциальных уравнений	- владение навыками постановки задачи в математической форме; - владение различными методами решения задач в математической постановке, в том числе и численными методами	- способность сформулировать и поставить задачу в математической форме для реального процесса или явления; - способность применять различные методы решения задач в математической постановке, в том числе и численные методы;
ПК-4 (готовностью выполнять научно-исследовательские работы в области прикладной механики с использованием современных вычислительных методов, высокопроизводительных вычислительных систем и наукоёмких компьютерных технологий, широко распространённых в промышленности и систем мирового уровня, и экспериментальн	знает (пороговый уровень)	Методы проведения исследования механических параметров конструкций и машин	- знание видов современного экспериментального оборудования, принципов их работы, области применения; - знание основных методов проведения механических испытаний, способов описания результатов эксперимента	- способность описать принципы действия современного экспериментального оборудования, выделить области применения каждого вида оборудования; - способность сформулировать и объяснить основные методики проведения механических испытаний, способы описания результатов эксперимента
	умеет (продвинутый уровень)	Проводить научное исследование в соответствии с поставленными задачами. Подбирать не прямые методы исследования напряжённо-деформированного состояния конструкций, соответствующие диапазону измеряемых величин	- умение провести механические испытания с использованием предложенного экспериментального оборудования; - умение систематизировать и описать результаты экспериментов	- способность провести механические испытания с использованием предложенного экспериментального оборудования; - способность систематизировать и описать результаты экспериментов



ого оборудования для проведения механических испытаний)	владеет (глубокий уровень освоения)	Инструментами и методами проведения научных исследований, методами тарирования испытательного оборудования и пересчёта данных эксперимента в механические параметры реально деформируемого объекта; приёмами статистической обработки результатов эксперимента	- владение технологиями работы с современными высокопроизводительными системами, в том числе и программированием	- способность использовать современные высокопроизводительные системы для решения задач профессиональной деятельности - способность создавать собственные программы для решения задач профессиональной деятельности
---	-------------------------------------	--	--	--

### **Перечень типовых экзаменационных вопросов**

- 1 Действие сил на физические тела
- 2 Реальный объект и расчетная модель
- 3 Внутренние силы
- 4 Напряжения
- 5 Деформации линейные и угловые
- 6 Связь между напряжениями и деформациями
- 7 Основные геометрические характеристики плоских сечений
- 8 Преобразование моментов инерции при параллельном переносе осей
- 9 Преобразование моментов инерции при повороте координатных осей
- 10 Главные оси и главные моменты инерции
- 11 Задачи, решаемые с помощью круга Мора для плоского сечения
- 12 Осевое растяжение и сжатие
- 13 Графики изменения внутренних силовых факторов и деформаций при растяжении (примеры)
- 14 Деформации при изменении температуры
- 15 Потенциальная энергия деформации растяжения
- 16 Статически определимые и неопределимые системы
- 17 Напряженное состояние при растяжении-сжатии
- 18 Основные механические характеристики материала

- 19 Построение истинной диаграммы растяжения
- 20 Растяжение и сжатие под влиянием собственного веса. Стержень равного сопротивления
- 21 Расчет проводов и тросов
- 22 Деформация сдвига
- 23 Деформация кручения
- 24 Расчет валов на кручение
- 25 Разрушение материалов при кручении
- 26 Кручение бруса с некруглым поперечным сечением
- 27 Применение пленочной (мембранной) аналогии при исследовании кручения
- 28 Деформация изгиба
- 29 Дифференциальные (интегральные) зависимости при изгибе
- 30 Напряжения в бруске при чистом изгибе
- 31 О рациональном сечении при деформации изгиба
- 32 Влияние поперечных сил на распределение нормальных напряжений при изгибе
- 33 Касательные напряжения при поперечном изгибе. Формула Журавского
- 34 Влияние формы сечения на применимость формулы Журавского
- 35 Анализ изгиба свободных и стянутого пакетов листов
- 36 Бруска равного сопротивления при изгибе
- 37 Дифференциальное уравнение упругой линии бруса
- 38 Интегрирование дифференциального уравнения упругой линии бруса
- 39 Интегрирование дифференциального уравнения в случае сложных нагрузок
- 40 Универсальное уравнение упругой линии балки
- 41 Балка на упругом основании
- 42 Напряженное состояние в точке
- 43 Определение напряжений в площадке общего положения
- 44 Главные оси и главные напряжения

- 45 Круговая диаграмма напряженного состояния. Круг Мора
- 46 Типы напряженного состояния
- 47 Деформированное состояние
- 48 Объемная деформация
- 49 Потенциальная энергия объемной деформации
- 50 Теории прочности
- 51 Сложное сопротивление
- 52 Внецентренное растяжение-сжатие
- 53 Ядро сечения
- 54 Косой изгиб
- 55 Изгиб с кручением круглого бруса
- 56 Изгиб бруса большой кривизны
- 57 Примеры определения эксцентриситета бруса большой кривизны
- 58 Винтовые цилиндрические пружины
- 59 Обобщенные силы и обобщенные перемещения
- 60 Применение принципа возможных перемещений для определения усилий в статически определимых системах
- 61 Полная потенциальная энергия деформации бруса
- 62 Теорема Кастилиано
- 63 Интегралы Мора
- 64 Примеры применения Интеграла Мора
- 65 Способ Верещагина
- 66 Теорема взаимности работ и перемещений
- 67 Примеры применения теоремы взаимности работ и перемещений
- 68 Типы стержневых систем. Степень статической неопределимости стержневой системы
- 69 Выбор основной системы
- 70 Канонические уравнения метода сил
- 71 Использование свойств симметрии при раскрытии статической неопределимости плоской рамы. Прямая геометрическая симметрия

- 72 Использование свойств симметрии при раскрытии статической неопределимости плоской рамы. Косая геометрическая симметрия
- 73 Многопролетные неразрезные балки. Уравнение трех моментов
- 74 Определение перемещений в статически неопределимых системах
- 75 Устойчивость упругих форм равновесия
- 76 Задача Эйлера
- 77 Зависимость критической силы от условий закрепления стержня
- 78 Расчет сжатых стоек по коэффициенту снижения допускаемых напряжений. Формула Ясинского
- 79 Напряжения, возникающие вследствие поступательного движения упругого тела
- 80 Напряжения, возникающие вследствие вращательного движения упругого тела
- 81 Напряжения, возникающие в упругом брусе при ударе
- 82 Повышение предела текучести в результате повторных нагружений
- 83 Ползучесть и релаксация
- 84 Влияние скорости деформирования на механические характеристики материала
- 85 Усталостная прочность металлов
- 86 Влияние концентрации напряжений на прочность конструкций
- 87 Методы электротензоизмерений в исследовании напряженно-деформированного состояния
- 88 Методы: делительных сеток, зеркально-оптический и муаровых полос в исследовании напряженно-деформированного состояния
- 89 Метод хрупких тензочувствительных покрытий в исследовании напряженно-деформированного состояния
- 90 Поляризационно-оптический метод исследования напряжений

**Принцип составления экзаменационного билета**

Два теоретических вопроса выбираются из разных разделов курса. Каждая пара подбирается примерно одного уровня сложности. Практические задания на экзамен не выносятся, т.к. студенты проявляют своё умение решать задачи в процессе защиты курсовой работы.

**Критерии выставления оценки студенту на экзамене по дисциплине  
«Сопротивлению материалов»**

<b>Баллы (рейтинговой оценки)</b>	<b>Оценка экзамена (стандартная)</b>	<b>Требования к сформированным компетенциям</b>
86 – 100	«отлично»	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, владеет материалом, полученным из дополнительных источников.
76 – 85	«хорошо»	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твердо знает материал в пределах программы курса, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач.
61 – 75	«удовлетворительно»	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала в области программирования, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при выполнении практических работ.
0 – 60	«неудовлетворительно»	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические задания. Оценка «неудовлетворительно» выставляется студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине

**Лабораторные работы**

Лабораторные работы выполняются на учебном оборудовании

1. Лабораторно-испытательный стенд СМ-1.
2. Универсальная испытательная машина 5-тонная Р-5.
3. Универсальная испытательная машина 30-тонная SCHOPPER.
4. Разрывная испытательная машина 100-тонная AMSLER.
5. Испытательная машина на кручение КМ50-1.
6. Учебные лабораторные стенды