

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ "УДМУРТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ"**

Рег. № 000011093



Кафедра теоретической механики и сопротивления материалов

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Наименование дисциплины (модуля): Сопротивление материалов

Уровень образования: Бакалавриат

Направление подготовки: 35.03.06 Агроинженерия

Профиль подготовки: Технический сервис автомобилей, тракторов и сельскохозяйственных машин

Очная, заочная

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 35.03.06 Агроинженерия (приказ № 813. от 23.08.2017 г.)

Разработчики:

Дородов П. В., доктор технических наук, профессор

Программа рассмотрена на заседании кафедры, протокол № 01 от 28.03.2025 года

## 1. Цель и задачи изучения дисциплины

Цель изучения дисциплины - формирование представлений, знаний, навыков и умений по основам конструирования и выполнения расчетов материалов на прочность, жесткость и устойчивость

Задачи дисциплины:

- изучение правильного выбора расчетной схемы элементов конструкций
- ;
- изучение механических свойств материалов;
- изучение геометрических характеристик сечений;
- изучение порядка расчетов на растяжение и сжатие, сдвиг, изгиб, кручение;
- изучение расчетов статически определимых и неопределимых стержневых систем;
- изучение анализа напряженного и деформированного состояния в точке тела;
- изучение сложного сопротивления и расчетов по теориям прочности;
- изучение устойчивости стержней;
- изучение расчета элементов конструкций при динамических нагрузках.

## 2. Место дисциплины в структуре ООП ВО

Дисциплина «Сопротивление материалов» относится к базовой части учебного плана.

Дисциплина изучается на 2, 3 курсе, в 4, 5 семестрах.

Изучению дисциплины «Сопротивление материалов» предшествует освоение дисциплин (практик):

Математика;

Теоретическая механика;

Материаловедение и технология конструкционных материалов.

Освоение дисциплины «Сопротивление материалов» является необходимой основой для последующего изучения дисциплин (практик):

Прикладная физика;

Детали машин, основы конструирования и подъемно-транспортные машины.

В процессе изучения дисциплины студент готовится к видам профессиональной деятельности и решению профессиональных задач, предусмотренных ФГОС ВО и учебным планом.

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование компетенций:

**- ОПК-1 Способен решать типовые задачи профессиональной деятельности на основе знаний основных законов математических и естественных наук с применением информационно-коммуникационных технологий;**

Знания, умения, навыки, формируемые по компетенции в рамках дисциплины, и индикаторы освоения компетенций

Студент должен знать:

Основные законы математических и естественных наук с применением информационно-коммуникационных технологий

Студент должен уметь:

Демонстрировать знания основных законов математических, естественнонаучных и общепрофессиональных дисциплин, необходимых для решения типовых задач в области агроинженерии

Студент должен владеть навыками:

Использовать знания основных законов математических и естественных наук для решения стандартных задач в агроинженерии.

Применять информационно-коммуникационные технологии в решении типовых задач в области агроинженерии.

Использовать специальные программы и базы данных при разработке технологий и средств механизации в сельском хозяйстве.

**- ОПК-5 Способен участвовать в проведении экспериментальных исследований в профессиональной деятельности;**

Знания, умения, навыки, формируемые по компетенции в рамках дисциплины, и индикаторы освоения компетенций

Студент должен знать:

Классические и современные методы исследования в агроинженерии

Студент должен уметь:

Участвовать в проведении экспериментальных исследований в области агроинженерии под руководством специалиста более высокой квалификации

Студент должен владеть навыками:

Использовать классические и современные методы исследования при проведении экспериментальных исследований в агроинженерии

**- УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач**

Знания, умения, навыки, формируемые по компетенции в рамках дисциплины, и индикаторы освоения компетенций

Студент должен знать:

Современные научные достижения в области механики материалов и деформируемого твердого тела

Студент должен уметь:

Демонстрировать знания основных законов механики материалов

Студент должен владеть навыками:

Использовать знания основных законов механики материалов для решения стандартных инженерных задач

**4. Объем дисциплины и виды учебной работы (очная форма обучения)**

Вид учебной работы	Всего часов	Четвертый семестр	Пятый семестр
<b>Контактная работа (всего)</b>	<b>114</b>	<b>54</b>	<b>60</b>
Лабораторные занятия	30	14	16
Лекционные занятия	52	26	26
Практические занятия	32	14	18
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>	<b>39</b>	<b>18</b>	<b>21</b>
<b>Виды промежуточной аттестации</b>	<b>27</b>		<b>27</b>
Зачет		+	
Экзамен	27		27
<b>Общая трудоемкость часы</b>	<b>180</b>	<b>72</b>	<b>108</b>
<b>Общая трудоемкость зачетные единицы</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>3</b>

**Объем дисциплины и виды учебной работы (заочная форма обучения)**

Вид учебной работы	Всего часов	Третий семестр	Четвертый семестр
<b>Контактная работа (всего)</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	
Лабораторные занятия	6	6	

Лекционные занятия	8	8	
Практические занятия	4	4	
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>	<b>149</b>	<b>50</b>	<b>99</b>
<b>Виды промежуточной аттестации</b>	<b>13</b>	<b>4</b>	<b>9</b>
Зачет	4	4	
Экзамен	9		9
<b>Общая трудоемкость часы</b>	<b>180</b>	<b>72</b>	<b>108</b>
<b>Общая трудоемкость зачетные единицы</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>3</b>

## 5. Содержание дисциплины

### Тематическое планирование (очное обучение)

Номер темы/раздела	Наименование темы/раздела	Всего часов	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа
	<b>Четвертый семестр, Всего</b>	<b>72</b>	<b>26</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>18</b>
<b>Раздел 1</b>	<b>Простые виды сопротивления</b>	<b>72</b>	<b>26</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>18</b>
Тема 1	История развития науки о сопротивлении материалов. Основные задачи	3	2			1
Тема 2	Механические характеристики материалов	7	2		4	1
Тема 3	Растяжение-сжатие стержней. Внутренние усилия, напряжения и деформации	7	2	2	2	1
Тема 4	Статически неопределимые стержневые конструкции	6	2	2		2
Тема 5	Напряженное состояние в точке	3	2			1
Тема 6	Понятие о сдвиге. Практические примеры деформации сдвига	5	2		2	1
Тема 7	Геометрические характеристики плоских сечений	5	2	2		1
Тема 8	Изгиб балок. Построение эпюр внутренних усилий	6	2	2		2
Тема 9	Нормальные и касательные напряжения при изгибе. Условие прочности	3	2			1
Тема 10	Определение деформации балок. Примерное дифференциальное уравнение изогнутой оси балки	9	2	2	2	3
Тема 11	Метод уравнивания постоянных интегрирования	5	2		2	1
Тема 12	Изгиб рам	5	2	2		1
Тема 13	Кручение стержней круглого сечения. Расчет цилиндрических винтовых пружин	8	2	2	2	2
	<b>Пятый семестр, Всего</b>	<b>81</b>	<b>26</b>	<b>18</b>	<b>16</b>	<b>21</b>
<b>Раздел 2</b>	<b>Сложное сопротивление</b>	<b>81</b>	<b>26</b>	<b>18</b>	<b>16</b>	<b>21</b>

Тема 14	Применение понятия о потенциальной энергии к определению деформаций. Теорема Кастильяно	8	2	2	2	2
Тема 15	Метод Мора. Метод Верещагина	6	2	2		2
Тема 16	Расчет статически неопределимых конструкций, работающих на изгиб	8	2	2	2	2
Тема 17	Уравнение трех моментов	8	2	2	2	2
Тема 18	Сложное сопротивление. Косой изгиб. Изгиб с кручением круглого вала	8	2	2	2	2
Тема 19	Внецентренное сжатие коротких стоек	3	2			1
Тема 20	Кривые бруска	6	2	2		2
Тема 21	Устойчивость сжатых стержней	7	2	2	2	1
Тема 22	Динамическое действие нагрузок. Учет силы инерции	6	2	2		2
Тема 23	Напряжения при ударе	5	2		2	1
Тема 24	Проверка прочности материала при переменных напряжениях. Основные понятия. Определение предела выносливости материала при различных циклах	7	2	2	2	1
Тема 25	Влияние различных факторов на величину предела выносливости	5	2		2	1
Тема 26	Расчеты на прочность при переменных напряжениях	4	2			2

На промежуточную аттестацию отводится 27 часов.

#### Содержание дисциплины (очное обучение)

Номер темы	Содержание темы
Тема 1	<p>Определение дисциплины «Сопротивление материалов». Задачи курса. Внешние силы и их классификация: поверхностные, объемные и сосредоточенные, активные и реактивные, постоянные и временные, статические и динамические. Основные объекты, изучаемые в курсе Сопротивления материалов: брус (стержень), пластина, оболочка, массивное тело. Основные свойства твердого деформируемого тела: упругость, пластичность и ползучесть. Деформации и перемещения. Деформации линейные и угловые. Гипотезы (допущения) в Сопротивлении материалов. Главный вектор и главный момент внутренних сил в сечении. Внутренние силовые факторы в поперечном сечении бруса. Продольная и поперечная силы, крутящий и изгибающие моменты. Метод сечений для их определения. Понятие о напряжениях. Выражения внутренних силовых факторов через напряжения. Понятие о деформациях. Связь между напряжениями и деформациями. Метод сечений, построение эпюр. Внутренние усилия при растяжении и сжатии. Внутренние усилия при кручении. Внутренние усилия при изгибе</p>

Тема 2	<p>Опытное изучение механических свойств материалов при растяжении и сжатии. Диаграммы растяжения и сжатия пластических материалов. Основные механические характеристики материала: предел пропорциональности, предел упругости, предел текучести и предел прочности (временное сопротивление). Особенности деформирования и разрушения пластичных материалов при растяжении и сжатии. Пластические деформации. Понятие об истинной диаграмме растяжения и сжатия. Разгрузка и повторное нагружение. Наклеп. Диаграммы растяжения и сжатия хрупких материалов и их основные механические характеристики. Особенности разрушения хрупких материалов при растяжении и сжатии. Влияние скорости нагружения, температуры и других факторов на прочностные характеристики материалов. Понятие о ползучести, релаксации и длительной прочности. Основные понятия о прочности, надежности и долговечности конструкций</p>
Тема 3	<p>Напряжения в поперечных сечениях бруса. Основные допущения. Напряжения в сечениях, наклонных к оси бруса. Продольные и поперечные деформации бруса. Закон Гука при растяжении и сжатии. Модуль упругости и коэффициент Пуассона. Удлинение (укорочение) прямого бруса постоянного сечения. Жесткость при растяжении и сжатии. Перемещения поперечных сечений бруса. Эпюры перемещений. Изменение объема при растяжении и сжатии. Потенциальная энергия деформации при растяжении и сжатии. Полная и удельная работа, затрачиваемая на деформирование материала. Методы расчета по допускаемым напряжениям. Коэффициент запаса прочности. Основные виды задач в Сопротивление материалов: проверка прочности, подбор поперечного сечения, определение допускаемой нагрузки (грузоподъемности). Концентрация напряжений и коэффициент концентрации. Влияние концентрации напряжений на прочность при статической нагрузке</p>
Тема 4	Статически неопределимые системы. Условия совместности деформаций
Тема 5	<p>Понятие о напряженном состоянии в точке. Линейное, плоское и объемное напряженное состояние. Общий случай плоского напряженного состояния. Закон парности касательных напряжений. Напряжения на наклонной площадке. Главные площадки и главные напряжения. Площадки с наибольшими касательными напряжениями. Круг напряжений. Закон Гука при сложном сопротивлении</p>
Тема 6	<p>Напряжение и деформации при сдвиге. Закон Гука при сдвиге. Модуль упругости при сдвиге. Зависимость между упругими постоянными для изотропного тела. Неизменность объема при сдвиге. Понятие о расчете на прочность заклепочных и сварных соединений</p>
Тема 7	<p>Осей, полярный и центробежный моменты инерции. Зависимость для осевых и полярных моментов инерции. Осевые моменты инерции простейших фигур: прямоугольника, треугольника, круга относительно собственных центральных осей. Зависимость между моментами инерции для параллельных осей. Изменение моментов инерции при повороте координатных осей. Главные оси инерции. Главные моменты инерции. Вычисление моментов инерции сложных (составных) сечений. Радиус инерции</p>
Тема 8	Изгиб прямого бруса в главной плоскости. Основные допущения

Тема 9	Нормальные напряжения при чистом изгибе. Формула нормальных напряжений. Распространение выводов чистого изгиба на поперечный изгиб. Касательные напряжения при изгибе брусьев сплошного сечения (формула Д.И.Журавского). Расчет на прочность при изгибе по допускаемым напряжениям. Три вида задач: проверка прочности, определение размеров поперечного сечения, вычисление допускаемой нагрузки по условию прочности. Рациональное сечение балок. Потенциальная энергия деформации при изгибе
Тема 10	Зависимость между изгибающим моментом и кривизной оси изогнутого бруса. Жесткость при изгибе. Дифференциальное уравнение изогнутой оси. Точное и приближенное дифференциальное уравнение кривизны. Непосредственное интегрирование дифференциального уравнения изогнутой оси балки
Тема 11	Граничные условия. Метод начальных параметров
Тема 12	Построение эпюр изгибающих моментов, поперечных и продольных сил в рамах
Тема 13	Внешние силы, 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. Виды разрушений при кручении бруса круглого поперечного сечения из разных материалов. Расчет сплошных и полых валов на прочность и жесткость по мощности и частоте вращения вала. Потенциальная энергия деформации при кручении. Расчет пружин с малым шагом
Тема 14	Энергетические теоремы: теорема взаимности работ, теорема Кастельяно
Тема 15	Интеграл Мора. Правило Верещагина
Тема 16	Расчет статически неопределимых балок и рам
Тема 17	Расчет многопролетных неразрезных балок
Тема 18	Общий случай действия внешних сил на брус. Внутренние силовые факторы и их эпюры в плоских и пространственных ломаных брусках. Характерные случаи сложного сопротивления прямого бруса: косой изгиб, внецентренное действие продольной силы, изгиб и кручение. Нормальные напряжения при косом изгибе. Силовая и нулевая линии. Наибольшие напряжения. Эпюры нормальных напряжений. Подбор сечений при косом изгибе. Определение прогибов
Тема 19	Нормальные напряжения при внецентренном действии продольной силы. Нулевая линия. Эпюра нормальных напряжений. Ядро сечения. Главные напряжения. Расчетные напряжения в стержне прямоугольного поперечного сечения.
Тема 20	Построение эпюр внутренних силовых факторов для плоского кривого бруса. Определение положения нейтральной линии для брусьев различного сечения. Расчет на прочность кривых брусьев
Тема 21	Понятие об устойчивых и неустойчивых формах равновесия. Критическая сила. Устойчивость сжатых стержней в упругой стадии. Формула Эйлера для стержня с шарнирными опорами конечных сечений (основной случай). Учет иных способов закрепления. Понятие о гибкости и приведенной длине стержня. Предел применимости формулы Эйлера. Потеря устойчивости при напряжениях, превышающих предел пропорциональности материала. Формула критической силы Ясинского. График критических напряжений в зависимости от гибкости стержня. Практический метод расчета сжатых стержней на продольный изгиб. Понятие о расчете составных стержней

Тема 22	Понятие о динамической нагрузке и динамическом коэффициенте. Подъем и опускание груза с ускорением. Использование принципа Даламбера. Расчет элементов конструкций при заданных ускорениях. Внезапное приложение нагрузки. Собственные и вынужденные колебания системы с одной степенью свободы
Тема 23	Продольный и поперечный удары. Напряжения при ударе. Приближенный метод расчета на удар.
Тема 24	Характеристики циклов переменных напряжений. Основные понятия об усталости материалов. Кривая Велера и предел выносливости материала. Причины усталостных разрушений
Тема 25	Влияние концентрации напряжений, вида обработки поверхности, температуры и размеров детали на снижение предела выносливости материала. Диаграммы предельных амплитуд
Тема 26	Расчет на выносливость

### Тематическое планирование (заочное обучение)

Номер темы/раздела	Наименование темы/раздела	Всего часов	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа
	<b>Всего</b>	<b>167</b>	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>149</b>
<b>Раздел 1</b>	<b>Простые виды сопротивления</b>	<b>95,5</b>	<b>6</b>	<b>2,5</b>	<b>4</b>	<b>83</b>
Тема 1	История развития науки о сопротивлении материалов. Основные задачи	2				2
Тема 2	Механические характеристики материалов	8			2	6
Тема 3	Растяжение-сжатие стержней. Внутренние усилия, напряжения и деформации	10,5	2	0,5		8
Тема 4	Статически неопределимые стержневые конструкции	8,5		0,5		8
Тема 5	Напряженное состояние в точке	8				8
Тема 6	Понятие о сдвиге. Практические примеры деформации сдвига	6				6
Тема 7	Геометрические характеристики плоских сечений	6				6
Тема 8	Изгиб балок. Построение эпюр внутренних усилий	10,5	2	0,5		8
Тема 9	Нормальные и касательные напряжения при изгибе. Условие прочности	4				4
Тема 10	Определение деформации балок. Примерное дифференциальное уравнение изогнутой оси балки	9			2	7
Тема 11	Метод уравнивания постоянных интегрирования	6				6



Тема 12	Изгиб рам	6,5		0,5		6
Тема 13	Кручение стержней круглого сечения. Расчет цилиндрических винтовых пружин	10,5	2	0,5		8
<b>Раздел 2</b>	<b>Сложное сопротивление</b>	<b>71,5</b>	<b>2</b>	<b>1,5</b>	<b>2</b>	<b>66</b>
Тема 14	Применение понятия о потенциальной энергии к определению деформаций. Теорема Кастильяно	2				2
Тема 15	Метод Мора. Метод Верещагина	6				6
Тема 16	Расчет статически неопределимых конструкций, работающих на изгиб	6				6
Тема 17	Уравнение трех моментов	6				6
Тема 18	Сложное сопротивление. Косой изгиб. Изгиб с кручением круглого вала	11	2	1		8
Тема 19	Внецентренное сжатие коротких стоек	6				6
Тема 20	Кривые бруска	6				6
Тема 21	Устойчивость сжатых стержней	6,5		0,5		6
Тема 22	Динамическое действие нагрузок. Учет силы инерции	4				4
Тема 23	Напряжения при ударе	4			2	2
Тема 24	Проверка прочности материала при переменных напряжениях. Основные понятия. Определение предела выносливости материала при различных циклах	6				6
Тема 25	Влияние различных факторов на величину предела выносливости	4				4
Тема 26	Расчеты на прочность при переменных напряжениях	4				4

На промежуточную аттестацию отводится 13 часов.

### Содержание дисциплины (заочное обучение)

Номер темы	Содержание темы
Тема 1	Определение дисциплины «Сопротивление материалов». Задачи курса. Внешние силы и их классификация: поверхностные, объемные и сосредоточенные, активные и реактивные, постоянные и временные, статические и динамические. Основные объекты, изучаемые в курсе Сопротивления материалов: брус (стержень), пластина, оболочка, массивное тело. Основные свойства твердого деформируемого тела: упругость, пластичность и ползучесть. Деформации и перемещения. Деформации линейные и угловые. Гипотезы (допущения) в Сопротивлении материалов. Главный вектор и главный момент внутренних сил в сечении. Внутренние силовые факторы в поперечном сечении бруса. Продольная и поперечная силы, крутящий и изгибающие моменты. Метод сечений для их определения. Понятие о напряжениях. Выражения внутренних силовых факторов через напряжения. Понятие о деформациях. Связь между напряжениями и деформациями. Метод сечений, построение эпюр. Внутренние усилия при растяжении и сжатии. Внутренние усилия при кручении. Внутренние усилия при изгибе

Тема 2	<p>Опытное изучение механических свойств материалов при растяжении и сжатии. Диаграммы растяжения и сжатия пластических материалов. Основные механические характеристики материала: предел пропорциональности, предел упругости, предел текучести и предел прочности (временное сопротивление). Особенности деформирования и разрушения пластичных материалов при растяжении и сжатии. Пластические деформации. Понятие об истинной диаграмме растяжения и сжатия. Разгрузка и повторное нагружение. Наклеп. Диаграммы растяжения и сжатия хрупких материалов и их основные механические характеристики. Особенности разрушения хрупких материалов при растяжении и сжатии. Влияние скорости нагружения, температуры и других факторов на прочностные характеристики материалов. Понятие о ползучести, релаксации и длительной прочности. Основные понятия о прочности, надежности и долговечности конструкций</p>
Тема 3	<p>Напряжения в поперечных сечениях бруса. Основные допущения. Напряжения в сечениях, наклонных к оси бруса. Продольные и поперечные деформации бруса. Закон Гука при растяжении и сжатии. Модуль упругости и коэффициент Пуассона. Удлинение (укорочение) прямого бруса постоянного сечения. Жесткость при растяжении и сжатии. Перемещения поперечных сечений бруса. Эпюры перемещений. Изменение объема при растяжении и сжатии. Потенциальная энергия деформации при растяжении и сжатии. Полная и удельная работа, затрачиваемая на деформирование материала. Методы расчета по допускаемым напряжениям. Коэффициент запаса прочности. Основные виды задач в Сопротивление материалов: проверка прочности, подбор поперечного сечения, определение допускаемой нагрузки (грузоподъемности). Концентрация напряжений и коэффициент концентрации. Влияние концентрации напряжений на прочность при статической нагрузке</p>
Тема 4	Статически неопределимые системы. Условия совместности деформаций
Тема 5	<p>Понятие о напряженном состоянии в точке. Линейное, плоское и объемное напряженное состояние. Общий случай плоского напряженного состояния. Закон парности касательных напряжений. Напряжения на наклонной площадке. Главные площадки и главные напряжения. Площадки с наибольшими касательными напряжениями. Круг напряжений. Закон Гука при сложном сопротивлении</p>
Тема 6	<p>Напряжение и деформации при сдвиге. Закон Гука при сдвиге. Модуль упругости при сдвиге. Зависимость между упругими постоянными для изотропного тела. Неизменность объема при сдвиге. Понятие о расчете на прочность заклепочных и сварных соединений</p>
Тема 7	<p>Осей, полярный и центробежный моменты инерции. Зависимость для осевых и полярных моментов инерции. Осевые моменты инерции простейших фигур: прямоугольника, треугольника, круга относительно собственных центральных осей. Зависимость между моментами инерции для параллельных осей. Изменение моментов инерции при повороте координатных осей. Главные оси инерции. Главные моменты инерции. Вычисление моментов инерции сложных (составных) сечений. Радиус инерции</p>
Тема 8	Изгиб прямого бруса в главной плоскости. Основные допущения

Тема 9	Нормальные напряжения при чистом изгибе. Формула нормальных напряжений. Распространение выводов чистого изгиба на поперечный изгиб. Касательные напряжения при изгибе брусьев сплошного сечения (формула Д.И.Журавского). Расчет на прочность при изгибе по допускаемым напряжениям. Три вида задач: проверка прочности, определение размеров поперечного сечения, вычисление допускаемой нагрузки по условию прочности. Рациональное сечение балок. Потенциальная энергия деформации при изгибе
Тема 10	Зависимость между изгибающим моментом и кривизной оси изогнутого бруса. Жесткость при изгибе. Дифференциальное уравнение изогнутой оси. Точное и приближенное дифференциальное уравнение кривизны. Непосредственное интегрирование дифференциального уравнения изогнутой оси балки
Тема 11	Граничные условия. Метод начальных параметров
Тема 12	Построение эпюр изгибающих моментов, поперечных и продольных сил в рамах
Тема 13	Внешние силы, 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. Виды разрушений при кручении бруса круглого поперечного сечения из разных материалов. Расчет сплошных и полых валов на прочность и жесткость по мощности и частоте вращения вала. Потенциальная энергия деформации при кручении. Расчет пружин с малым шагом
Тема 14	Энергетические теоремы: теорема взаимности работ, теорема Кастельяно
Тема 15	Интеграл Мора. Правило Верещагина
Тема 16	Расчет статически неопределимых балок и рам
Тема 17	Расчет многопролетных неразрезных балок
Тема 18	Общий случай действия внешних сил на брус. Внутренние силовые факторы и их эпюры в плоских и пространственных ломаных брусках. Характерные случаи сложного сопротивления прямого бруса: косой изгиб, внецентренное действие продольной силы, изгиб и кручение. Нормальные напряжения при косом изгибе. Силовая и нулевая линии. Наибольшие напряжения. Эпюры нормальных напряжений. Подбор сечений при косом изгибе. Определение прогибов
Тема 19	Нормальные напряжения при внецентренном действии продольной силы. Нулевая линия. Эпюра нормальных напряжений. Ядро сечения. Главные напряжения. Расчетные напряжения в стержне прямоугольного поперечного сечения.
Тема 20	Построение эпюр внутренних силовых факторов для плоского кривого бруса. Определение положения нейтральной линии для брусьев различного сечения. Расчет на прочность кривых брусьев
Тема 21	Понятие об устойчивых и неустойчивых формах равновесия. Критическая сила. Устойчивость сжатых стержней в упругой стадии. Формула Эйлера для стержня с шарнирными опорами конечных сечений (основной случай). Учет иных способов закрепления. Понятие о гибкости и приведенной длине стержня. Предел применимости формулы Эйлера. Потеря устойчивости при напряжениях, превышающих предел пропорциональности материала. Формула критической силы Ясинского. График критических напряжений в зависимости от гибкости стержня. Практический метод расчета сжатых стержней на продольный изгиб. Понятие о расчете составных стержней

Тема 22	Понятие о динамической нагрузке и динамическом коэффициенте. Подъем и опускание груза с ускорением. Использование принципа Даламбера. Расчет элементов конструкций при заданных ускорениях. Внезапное приложение нагрузки. Собственные и вынужденные колебания системы с одной степенью свободы
Тема 23	Продольный и поперечный удары. Напряжения при ударе. Приближенный метод расчета на удар.
Тема 24	Характеристики циклов переменных напряжений. Основные понятия об усталости материалов. Кривая Велера и предел выносливости материала. Причины усталостных разрушений
Тема 25	Влияние концентрации напряжений, вида обработки поверхности, температуры и размеров детали на снижение предела выносливости материала. Диаграммы предельных амплитуд
Тема 26	Расчет на выносливость

## **6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)**

### **Литература для самостоятельной работы студентов**

1. Загребин Г. Г., Межецкий Г. Д., Решетник Н. Н. Сопротивление материалов [Электронный ресурс]: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по агроинженерным специальностям, - Саратов: Саратовский ГАУ, 2004. - 423 с. - Режим доступа: <https://lib.rucont.ru/efd/139845/info>

2. Вакулюк В. С., Чирков А. В., Шадрин В. К. Расчетно-проектировочные работы по сопротивлению материалов [Электронный ресурс]: учебное пособие для студентов всех специальностей заочной формы обучения, изучающих дисциплины «Сопротивление материалов», «Прикладная механика», «Механика материалов и конструкций», «Общая теория механики материалов и конструкций», - Самара: СГАУ, 2012. - 85 с. - Режим доступа: <https://lib.rucont.ru/efd/230008/info>

3. Прикладная механика [Электронный ресурс]: методические указания к лабораторным работам для студентов бакалавриата направления подготовки "Агроинженерия", направленность: электрооборудование и электротехнологии, автоматизация технологических процессов, сост. Дородов П. В. - Ижевск: РИО Ижевская ГСХА, 2018. - 28 с. - Режим доступа: <http://portal.udsau.ru/index.php?q=docs&download=1&id=25451>

4. Прикладная механика [Электронный ресурс]: методические материалы для самостоятельной работы студентов бакалавриата направления подготовки "Агроинженерия", направленность: электрооборудование, электротехнологии, автоматизация технологических процессов, сост. Дородов П. В. - Ижевск: РИО Ижевская ГСХА, 2019. - 24 с. - Режим доступа: <http://portal.udsau.ru/index.php?q=docs&download=1&id=25450>

### **Вопросы и задания для самостоятельной работы (очная форма обучения)**

#### **Четвертый семестр (18 ч.)**

Вид СРС: Выполнение индивидуального задания (16 ч.)

Выполнение индивидуального задания предусматривает описание и расчет необходимого комплекса мероприятий по заданию преподавателя.

Вид СРС: Задача (практическое задание) (2 ч.)

Средство оценки умения применять полученные теоретические знания в практической ситуации. Задача (задание) должна быть направлена на оценивание тех компетенций, которые подлежат освоению в данной дисциплине, должна содержать четкую инструкцию по выполнению или алгоритм действий.

#### **Пятый семестр (21 ч.)**

Вид СРС: Задача (практическое задание) (3 ч.)

Средство оценки умения применять полученные теоретические знания в практической ситуации. Задача (задание) должна быть направлена на оценивание тех компетенций, которые подлежат освоению в данной дисциплине, должна содержать четкую инструкцию по выполнению или алгоритм действий.

Вид СРС: Выполнение индивидуального задания (18 ч.)

Выполнение индивидуального задания предусматривает описание и расчет необходимого комплекса мероприятий по заданию преподавателя.

### **Вопросы и задания для самостоятельной работы (заочная форма обучения)**

#### **Всего часов самостоятельной работы (149 ч.)**

Вид СРС: Выполнение индивидуального задания (144 ч.)

Выполнение индивидуального задания предусматривает описание и расчет необходимого комплекса мероприятий по заданию преподавателя.

Вид СРС: Задача (практическое задание) (5 ч.)

Средство оценки умения применять полученные теоретические знания в практической ситуации. Задача (задание) должна быть направлена на оценивание тех компетенций, которые подлежат освоению в данной дисциплине, должна содержать четкую инструкцию по выполнению или алгоритм действий.

### **7. Тематика курсовых работ(проектов)**

Курсовые работы (проекты) по дисциплине не предусмотрены.

## **8. Фонд оценочных средств для текущего контроля и промежуточной аттестации**

### **8.1. Компетенции и этапы формирования**

Коды компетенций	Этапы формирования		
	Курс, семестр	Форма контроля	Разделы дисциплины
ОПК-1 ОПК-5	2 курс,  Четвертый семестр	Зачет	Раздел 1: Простые виды сопротивления.
ОПК-1 ОПК-5 УК-1	3 курс,  Пятый семестр	Экзамен	Раздел 2: Сложное сопротивление.

### **8.2. Показатели и критерии оценивания компетенций, шкалы оценивания**

В рамках изучаемой дисциплины студент демонстрирует уровни овладения компетенциями:

Повышенный уровень:

Достигнутый уровень оценки результатов обучения является основой для формирования компетенций, соответствующих требованиям ФГОС. Обучающиеся способны использовать сведения из различных источников для успешного исследования и поиска решения в нестандартных практико-ориентированных ситуациях.

Базовый уровень:

Обучающиеся продемонстрировали результаты на уровне осознанного владения знаниями, умениями, навыками. Обучающиеся способны анализировать, проводить сравнение и обоснование выбора методов решения заданий в практико-ориентированных ситуациях.

Пороговый уровень:

Достигнутый уровень оценки результатов обучения показывает, что обучающиеся обладают необходимой системой знаний и владеют некоторыми умениями по дисциплине. Обучающиеся способны понимать и интерпретировать освоенную информацию, что является основой успешного формирования умений и навыков для решения практико-ориентированных задач.

Уровень ниже порогового:

Результаты обучения свидетельствуют об усвоении ими некоторых элементарных знаний основных вопросов по дисциплине. Допущенные ошибки и неточности показывают, что студенты не овладели необходимой системой знаний по дисциплине.

Уровень сформированности компетенции	Шкала оценивания для промежуточной аттестации	
	Экзамен (дифференцированный зачет)	Зачет
Повышенный	5 (отлично)	зачтено
Базовый	4 (хорошо)	зачтено
Пороговый	3 (удовлетворительно)	зачтено
Ниже порогового	2 (неудовлетворительно)	не зачтено

Критерии оценки знаний студентов по дисциплине

Оценка Отлично:

Полнота знаний: уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.

Наличие умений: продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме.

Наличие навыков (владение опытом): продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.

Характеристика сформированности компетенций:

- сформированность компетенции полностью соответствует требованиям;
- имеющихся знаний, умений, навыков и мотивации в полной мере достаточно для решения сложных практических (профессиональных) задач.

Уровень сформированности компетенций: высокий.

Оценка Хорошо:

Полнота знаний: уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, допущено несколько негрубых ошибок.

Наличие умений: продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с негрубыми ошибками, выполнены все задания в полном объеме, некоторые с недочетами.

Наличие навыков (владение опытом): продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.

Характеристика сформированности компетенций:

- сформированность компетенции в целом соответствует требованиям;
- имеющихся знаний, умений, навыков и мотивации в целом достаточно для решения стандартных практических (профессиональных) задач.

Уровень сформированности компетенций: средний.

Оценка Удовлетворительно:

Полнота знаний: минимально допустимый уровень знаний, допущено много негрубых ошибок.  
Наличие умений: продемонстрированы основные умения, решены типовые задачи с негрубыми ошибками, выполнены все задания, но не в полном объеме.

Наличие навыков (владение опытом): имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами.

Характеристика сформированности компетенций:

- сформированность компетенции соответствует минимальным требованиям;
- имеющихся знаний, умений, навыков в целом достаточно для решения практических (профессиональных) задач, но требуется дополнительная практика по большинству практических задач.

Уровень сформированности компетенций: ниже среднего.

Оценка Неудовлетворительно:

Полнота знаний: уровень знаний ниже минимальных требований, имели место грубые ошибки.

Наличие умений: при решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения, имели место грубые ошибки.

Наличие навыков (владение опытом): при решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки, имели место грубые ошибки.

Характеристика сформированности компетенций:

- компетенция в полной мере не сформирована;
- имеющихся знаний, умений, навыков недостаточно для решения практических (профессиональных) задач.

Уровень сформированности компетенций: низкий.

Оценка Не зачтено:

Полнота знаний: уровень знаний ниже минимальных требований, имели место грубые ошибки.

Наличие умений: при решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения, имели место грубые ошибки.

Наличие навыков (владение опытом): при решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки, имели место грубые ошибки.

Характеристика сформированности компетенций:

- компетенция в полной мере не сформирована;
- имеющихся знаний, умений, навыков недостаточно для решения практических (профессиональных) задач.

Уровень сформированности компетенций: низкий.

Оценка Зачтено:

Полнота знаний: не ниже минимально допустимого уровня знаний, возможен допуск множества негрубых ошибок.

Наличие умений: умения сформированы не ниже демонстрации основных умений, решения типовых задач с негрубыми ошибками, выполнены все задания, но не в полном объеме.

Наличие навыков (владение опытом): как минимум имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами.

Характеристика сформированности компетенций:

- сформированность компетенции не ниже минимальных требований;
- имеющихся знаний, умений, навыков как минимум достаточно для решения практических (профессиональных) задач, возможно требуется дополнительная практика по большинству практических задач.

Уровень сформированности компетенций: минимальный уровень ниже среднего.

### **8.3. Типовые вопросы, задания текущего контроля**

Раздел 1: Простые виды сопротивления

ОПК-1 Способен решать типовые задачи профессиональной деятельности на основе знаний основных законов математических и естественных наук с применением информационно-коммуникационных технологий;

#### **1. История науки о сопротивлении материалов**

2. Основные понятия науки о сопротивлении материалов. Классификация сил в механике. Метод сечений при определении внутренних усилий
3. Гипотезы, применяемые в науке о сопротивлении материалов
4. Виды элементов конструкций
5. Растяжение и сжатие: нормальная сила, напряжения и деформации, закон Гука
6. Эпюры нормальных сил, напряжений, продольных деформаций и удлинений при растяжении-сжатии
7. Допускаемые напряжения и деформации. Общие принципы расчета конструкций (расчет на прочность и жесткость). Три рода задач
8. Работа силы при её статическом действии. Потенциальная энергия упругой деформации при растяжении-сжатии. Удельная потенциальная энергия
9. Расчет стержня с учетом собственного веса
10. Стержень равного сопротивления при растяжении-сжатии и учете собственного веса
11. Расчет статически неопределимых систем при растяжении-сжатии
12. Влияние неточности изготовления на напряжения в стержнях статически неопределимых конструкций (монтажная задача)
13. Влияние изменения температуры на напряжения в стержнях статически неопределимых конструкций (температурная задача)
14. Геометрические характеристики поперечных сечений. Основные понятия. Статические моменты сечений. Изменение статических моментов сечения при параллельном переносе координатных осей. Координаты центра тяжести сечения. Центральные оси
15. Моменты инерции сечения. Изменение осевых и центробежных моментов инерции при параллельном переносе осей. Осевые моменты сопротивления
16. Изменение моментов инерции при повороте осей
17. Главные оси. Главные моменты инерции. Моменты сопротивления относительно главных осей
18. Полярный момент инерции сечения. Определение моментов инерции и моментов сопротивления для круга и кольца
19. Теория напряженного состояния. Напряженное состояние в точке
20. Виды напряженного состояния. Линейное напряженное состояние
21. Плоское напряженное состояние. Нормальные и касательные напряжения по наклонным площадкам при плоском напряженном состоянии
22. Определение главных напряжений при плоском напряженном состоянии
23. Объемное напряженное состояние. Нормальные и касательные напряжения по наклонным площадкам при объемном напряженном состоянии
24. Потенциальная энергия упругой деформации при сложном напряженном состоянии. Потенциальная энергия изменения формы и объема
25. Классические теории прочности. Проверка прочности по классическим теориям
26. Изгиб балок. Основные понятия
27. Внутренние усилия при прямом поперечном изгибе и построение их эпюр
28. Дифференциальная зависимость между распределенной нагрузкой, поперечной силой и изгибающим моментом
29. Определение нормальных напряжений при поперечном изгибе. Условие прочности
30. Касательные напряжения при поперечном изгибе (формула Д.И. Журавского)
31. Определение перемещений в балках методом непосредственного интегрирования дифференциального уравнения
32. Метод начальных параметров
33. Изгиб рам
34. Расчет валов на прочность и жесткость
35. Расчет на прочность цилиндрических винтовых пружин с малым шагом



ОПК-5 Способен участвовать в проведении экспериментальных исследований в профессиональной деятельности;

1. Диаграмма растяжения и сжатия. Физико-механические характеристики. Диаграмма напряжений

2. Понятие о модуле продольной упругости и коэффициенте Пуассона

3. Чистый сдвиг. Закон Гука при сдвиге. Связь модуля нормальной упругости и модуля сдвига

4. Понятие о кручении. Крутящие и скручивающие моменты

5. Расчет брусков круглого поперечного сечения на прочность и жесткость

6. Определение перемещений при поперечном изгибе. Дифференциальное уравнение изогнутой оси. Метод уравнивания постоянных интегрирования

Раздел 2: Сложное сопротивление

ОПК-1 Способен решать типовые задачи профессиональной деятельности на основе знаний основных законов математических и естественных наук с применением информационно-коммуникационных технологий;

1. Теорема о взаимности работ. Теорема Кастельяно

2. Метод Мора

3. Метод Верещагина

4. Уравнение трех моментов. Раскрытие статической неопределимости в неразрезной балке

5. Сложное сопротивление. Основные понятия

6. Косой изгиб. Условие прочности при косом изгибе

7. Определение перемещений при косом изгибе

8. Совместное действие изгиба и кручения. Расчет на прочность по третьей и четвертой теориям прочности

9. Внецентральное сжатие и растяжение коротких стоек. Определение нормальных напряжений

10. Понятие о ядре сечения стержней при внецентральном сжатии

11. Плоские кривые стержни. Вычисление изгибающих моментов, нормальных и поперечных сил в сечениях кривых стержней

12. Нормальные напряжения в поперечных сечениях кривых брусков при чистом изгибе

13. Определение положения нейтрального слоя для плоских кривых брусков (для прямоугольного, круглого, треугольного и трапециевидного поперечного сечений)

14. Расчет плоских кривых брусков на прочность

15. Определение перемещений в плоских кривых брусках

16. Устойчивость сжатых стержней. Общие понятия

17. Вывод формулы Эйлера для критической силы

18. Приведенная длина стержня для расчета критической силы. Коэффициент приведения длины при различных способах закрепления стержня

19. Критические напряжения по формуле Эйлера. Что такое гибкость стержня? Пределы применимости формулы Эйлера. Формула Ясинского. Связь критических напряжений с гибкостью стержня

20. Проверка прочности материалов при переменных напряжениях. Циклические напряжения

21. Виды и характеристики циклов переменных напряжений

22. Определение предела выносливости при симметричном цикле

23. Определение предела выносливости при несимметричном цикле. Диаграмма усталостной прочности материала

24. Расчет на прочность при циклических напряжениях

ОПК-5 Способен участвовать в проведении экспериментальных исследований в профессиональной деятельности;

1. Определение предела выносливости при симметричном цикле
2. Факторы, влияющие на предел выносливости материала
3. Назначение допускаемых напряжений при циклическом нагружении
4. Понятие о динамической нагрузке и динамическом коэффициенте
5. Определение ударной вязкости материалов

УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач

1. Методы исследования напряженно-деформированного состояния
2. Поляризационно-оптический метод
3. Интерферометрический метод определения поперечных деформаций
4. Голографический метод определения деформаций
5. Метод муаровых полос
6. Метод хрупких покрытий
7. Тензометрический метод

#### **8.4. Вопросы промежуточной аттестации**

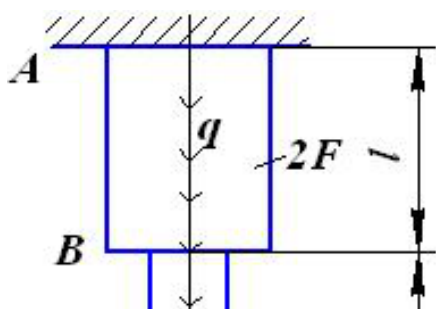
##### **Четвертый семестр (Зачет, ОПК-1, ОПК-5)**

1. Основные понятия науки о сопротивлении материалов
2. Классификация сил в механике. Метод сечений при определении внутренних усилий
3. Гипотезы, применяемые в науке о сопротивлении материалов
4. Виды элементов конструкций и их расчетные схемы
5. Растяжение и сжатие: нормальная сила, напряжения и деформации, закон Гука
6. Эпюры нормальных сил, напряжений, продольных деформаций и удлинений при растяжении-сжатии стержней
7. Диаграмма растяжения и сжатия. Физико-механические характеристики. Диаграмма напряжений
8. Понятие о модуле продольной упругости и коэффициенте Пуассона
9. Допускаемые напряжения и деформации. Общие принципы расчета конструкций (расчет на прочность и жесткость). Три рода задач
10. Работа силы при её статическом действии. Потенциальная энергия упругой деформации при растяжении и сжатии. Удельная потенциальная энергия
11. Расчет стержня с учетом собственного веса
12. Стержень равного сопротивления при растяжении-сжатии и учете собственного веса
13. Расчет статически неопределимых систем при растяжении-сжатии
14. Влияние неточности изготовления на напряжения в стержнях статически неопределимых конструкций (монтажная задача)
15. Влияние изменения температуры на напряжения в стержнях статически неопределимых конструкций (температурная задача)
16. Геометрические характеристики поперечных сечений. Основные понятия. Статические моменты сечений. Изменение статических моментов сечения при параллельном переносе координатных осей. Координаты центра тяжести сечения. Центральные оси
17. Моменты инерции сечения. Изменение осевых и центробежных моментов инерции при параллельном переносе осей. Осевые моменты сопротивления
18. Изменение моментов инерции при повороте осей
19. Главные оси. Главные моменты инерции. Моменты сопротивления относительно главных осей
20. Вычисление главных моментов инерции и моментов сопротивления для прямоугольника и квадрата
21. Полярный момент инерции сечения. Определение моментов инерции и моментов сопротивления для круга и кольца

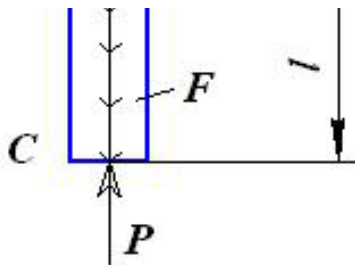
22. Порядок расчета геометрических характеристик сложных сечений
23. Теория напряженного состояния. Напряженное состояние в точке
24. Виды напряженного состояния. Линейное напряженное состояние
25. Плоское напряженное состояние. Нормальные и касательные напряжения по наклонным площадкам при плоском напряженном состоянии
26. Определение главных напряжений при плоском напряженном состоянии
27. Объемное напряженное состояние. Нормальные и касательные напряжения по наклонным площадкам при объемном напряженном состоянии
28. Обобщенный закон Гука при объемном напряженном состоянии
29. Относительное изменение объема (объемная деформация)
30. Чистый сдвиг. Закон Гука при сдвиге. Связь модуля продольной упругости и модуля сдвига
31. Потенциальная энергия упругой деформации при сложном напряженном состоянии
32. Потенциальная энергия изменения формы и объема при сложном напряженном состоянии
33. Классические теории прочности. Проверка прочности по классическим теориям
34. Изгиб балок. Основные понятия
35. Внутренние усилия при прямом поперечном изгибе
36. Определение внутренних усилий в сечениях балки при изгибе и построение их эпюр
37. Дифференциальная зависимость между распределенной нагрузкой, поперечной силой и изгибающим моментом
38. Определение нормальных напряжений при поперечном изгибе. Условие прочности
39. Потенциальная энергия упругих деформаций при изгибе
40. Касательные напряжения при поперечном изгибе (формула Д.И. Журавского)
41. Определение перемещений при поперечном изгибе. Дифференциальное уравнение изогнутой оси
42. Определение перемещений в балках методом непосредственного интегрирования дифференциального уравнения
43. Метод уравнивания постоянных интегрирования дифференциального уравнения
44. Метод начальных параметров
45. Изгиб плоских рам
46. Понятие о кручении. Крутящие и скручивающие моменты
47. Напряжения и деформации при кручении. Полярный момент сопротивления поперечного сечения бруса
48. Расчет валов круглого поперечного сечения на прочность и жесткость
49. Потенциальная энергия упругой деформации при кручении
50. Расчет на прочность цилиндрических винтовых пружин с малым шагом

#### Пятый семестр (Экзамен, ОПК-1, ОПК-5, УК-1)

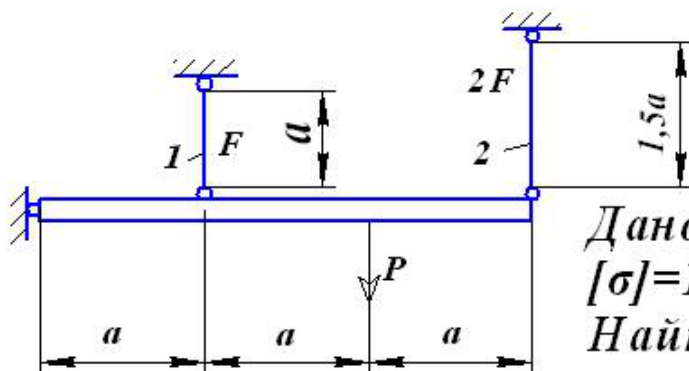
1. Основные понятия науки о сопротивлении материалов. Классификация сил в механике. Метод сечений при определении внутренних усилий. Гипотезы, применяемые в науке о сопротивлении материалов. Виды элементов конструкций
2. Растяжение и сжатие: нормальная сила, напряжения и деформации, закон Гука
3. Эпюры нормальных сил, напряжений, продольных деформаций и удлинений (показать на примере)



*Дано:  $q$ ;  $l$ ;  $P=0,5ql$ ;  $E$ ;  $F$ .  
Построить  $\varepsilon N$ ,  $\varepsilon \sigma$ ,  $\varepsilon \Delta l$*

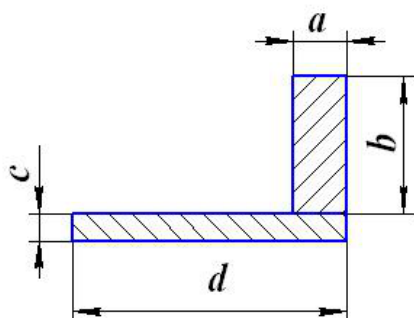


4. Диаграмма растяжения и сжатия. Физико-механические характеристики. Диаграмма напряжений
5. Понятие о модуле продольной упругости и коэффициенте Пуассона
6. Допускаемые напряжения и деформации. Общие принципы расчета конструкций (расчет на прочность и жесткость). Три рода задач
7. Работа силы при её статическом действии. Потенциальная энергия упругой деформации при растяжении-сжатии. Удельная потенциальная энергия
8. Расчет стержня с учетом собственного веса. Стержень равного сопротивления при растяжении-сжатии и учете собственного веса
9. Расчет статически неопределимых систем при растяжении-сжатии (показать на примере)



Дано:  $P=10 \text{ кН}$ ;  $a=0,5 \text{ м}$ ;  
 $[\sigma]=160 \text{ МПа}$ .  
 Найти  $[F]$

10. Влияние неточности изготовления на напряжения в стержнях статически неопределимых конструкций (монтажная задача)
11. Влияние изменения температуры на напряжения в стержнях статически неопределимых конструкций (температурная задача)
12. Геометрические характеристики поперечных сечений. Основные понятия. Статические моменты сечений. Изменение статических моментов сечения при параллельном переносе координатных осей. Координаты центра тяжести сечения. Центральные оси
13. Моменты инерции сечения. Изменение осевых и центробежных моментов инерции при параллельном переносе осей. Осевые моменты сопротивления
14. Изменение моментов инерции при повороте осей
15. Главные оси. Главные моменты инерции. Моменты сопротивления относительно главных осей
16. Вычисление главных моментов инерции и моментов сопротивления для прямоугольника и квадрата
17. Полярный момент инерции сечения. Определение моментов инерции и моментов сопротивления для круга и кольца
18. Порядок расчета геометрических характеристик сложных сечений (пример)



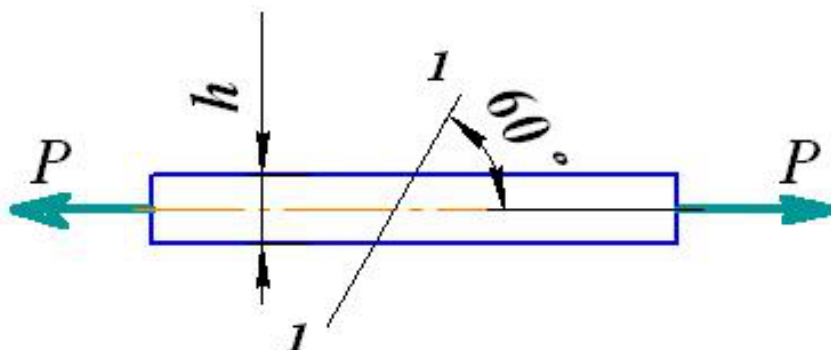
Дано:  $a=2\text{ см}$ ;  $b=6\text{ см}$ ;  $c=1\text{ см}$ ;  $d=10\text{ см}$ .

Определить:

1. положение центра тяжести сечения;
2. моменты инерции относительно центральных осей

19. Теория напряженного состояния. Напряженное состояние в точке

20. Виды напряженного состояния. Линейное напряженное состояние



**Определить нормальные и касательные напряжения в наклонном сечении 1-1 прямоугольного стержня  $b \times h = 2 \times 3\text{ см}$ , если сила  $P = 80\text{ кН}$ .**

21. Плоское напряженное состояние. Нормальные и касательные напряжения по наклонным площадкам при плоском напряженном состоянии

22. Определение главных напряжений при плоском напряженном состоянии

23. Объемное напряженное состояние. Нормальные и касательные напряжения по наклонным площадкам при объемном напряженном состоянии

24. Обобщенный закон Гука при объемном напряженном состоянии

25. Относительное изменение объема (объемная деформация)

26. Чистый сдвиг. Закон Гука при сдвиге. Связь модуля продольной упругости и модуля сдвига

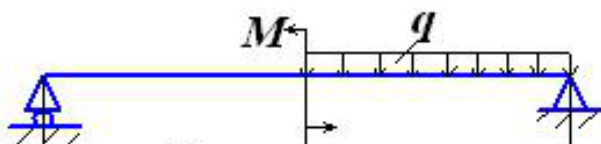
27. Потенциальная энергия упругой деформации при сложном напряженном состоянии

28. Потенциальная энергия изменения формы и объема

29. Классические теории прочности. Проверка прочности по классическим теориям

30. Изгиб балок. Основные понятия. Внутренние усилия при прямом поперечном изгибе

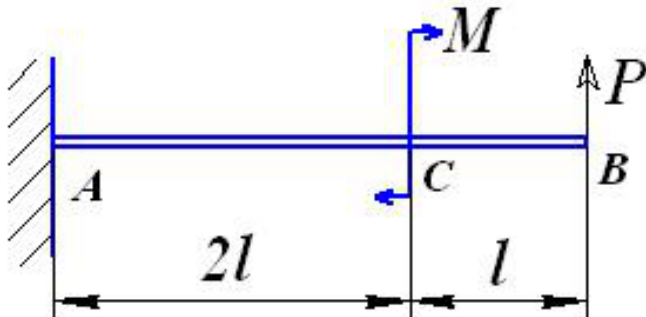
31. Определение внутренних усилий в сечениях балки при изгибе и построение их эпюр (пример). Дифференциальная зависимость между распределенной нагрузкой, поперечной силой и изгибающим моментом





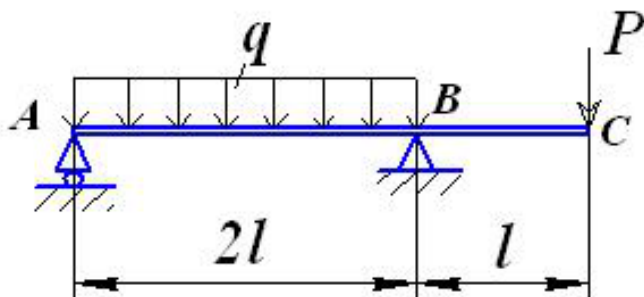
**Дано:**  $q$ ;  $a$ ;  $M=2qa^2$ . Построить  $\varepsilon Q_y$ ,  $\varepsilon M_z$

32. Определение нормальных напряжений при поперечном изгибе. Условие прочности
33. Потенциальная энергия упругих деформаций при изгибе
34. Касательные напряжения при поперечном изгибе (формула Д.И. Журавского)
35. Определение перемещений при поперечном изгибе. Дифференциальное уравнение изогнутой оси
36. Определение перемещений в балках методом непосредственного интегрирования дифференциального уравнения (показать на примере)



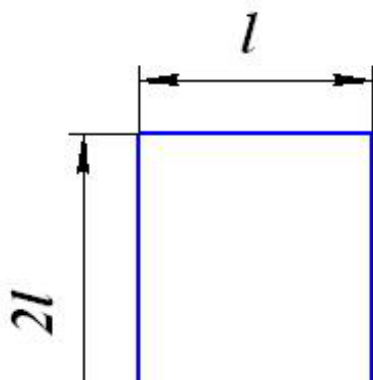
**Дано:**  $P$ ;  $l$ ;  $M=2Pl$ ;  $EI_z$ . Определить  $\theta_C$ ,  $y_B$

37. Метод уравнивания постоянных интегрирования дифференциального уравнения изогнутой оси балки (пример)

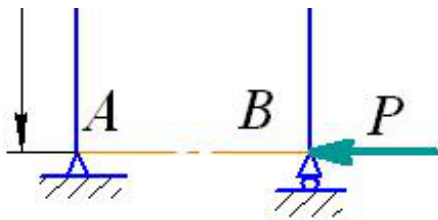


**Дано:**  $q$ ;  $l$ ;  $P=ql$ ;  $EI_z$ . Определить  $\theta_C$ ,  $y_C$

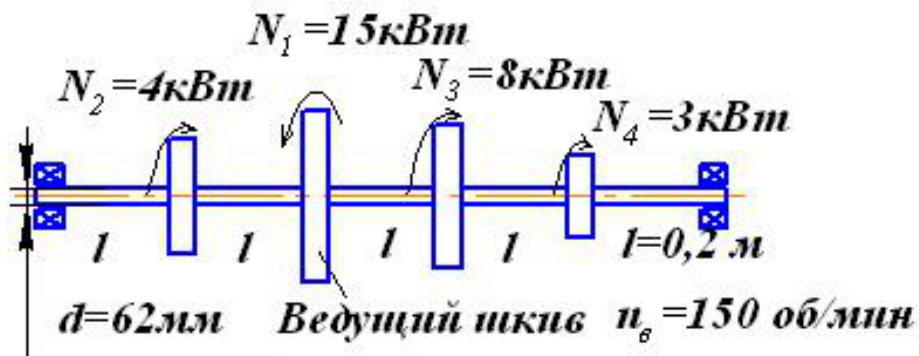
38. Изгиб рам (показать на примере)



**Дано:**  $P$ ;  $l$ .  
Построить  $\varepsilon N_x$ ,  $\varepsilon Q_y$ ,  $\varepsilon M_z$

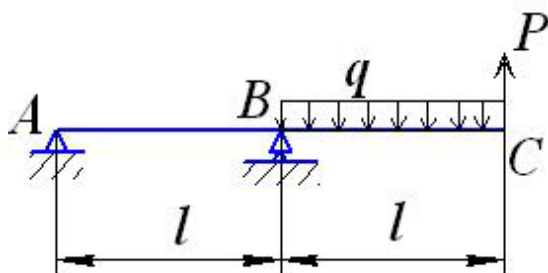


39. Понятие о кручении. Крутящие и скручивающие моменты. Напряжения и деформации при кручении. Полярный момент сопротивления поперечного сечения бруса.
40. Расчет брусков круглого поперечного сечения на прочность и жесткость (пример). Потенциальная энергия упругой деформации при кручении



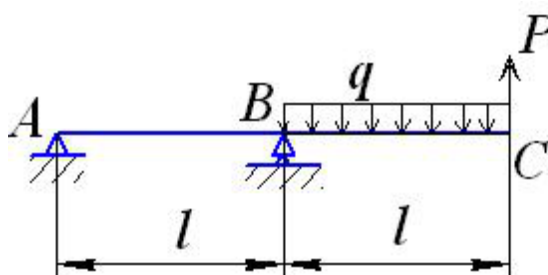
*Проверить вал на прочность и жесткость, если  $[\tau] = 20 \text{ МПа}$ ,  $[\theta] = 0,4 \text{ град/м}$ ,  $G = 8 \cdot 10^4 \text{ МПа}$*

41. Теорема о взаимности работ. Теорема и метод Кастельяно (пример)



*Дано:  $q$ ;  $l$ ;  $P = 2ql$ ;  $E$ ;  $I_z$ .  
Определить  $f_c^{\text{сврт}}$   
методом Кастельяно*

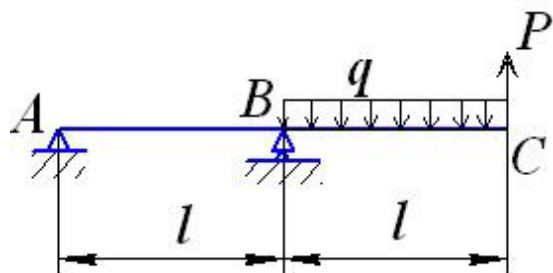
42. Метод Мора (пример)



*Дано:  $q$ ;  $l$ ;  $P = 2ql$ ;  $E$ ;  $I_z$ .  
Определить  $f_c^{\text{сврт}}$   
методом Мора.*

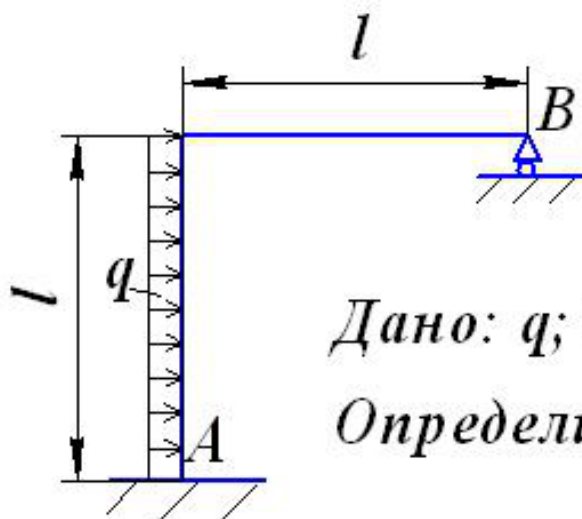


43. Метод Верещагина (пример)



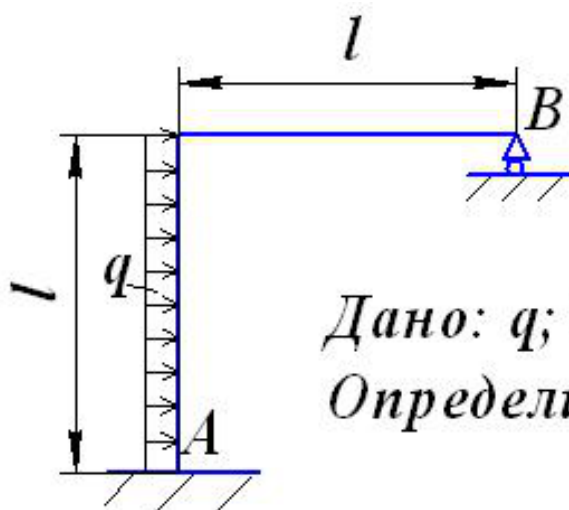
Дано:  $q; l; P=2ql; E; I_z$ .  
Определить  $f_C^{\text{сврт}}$   
методом Верещагина.

44. Расчет статически неопределимой рамы при помощи метода Кастельяно (пример)



Дано:  $q; l; E; I_z$ .  
Определить  $f_B^{\text{сврт}}$

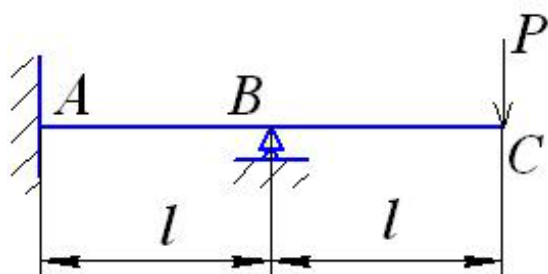
45. Расчет статически неопределимой рамы при помощи метода Мора (пример)



Дано:  $q; l; E; I_z$ .  
Определить  $\theta_B$

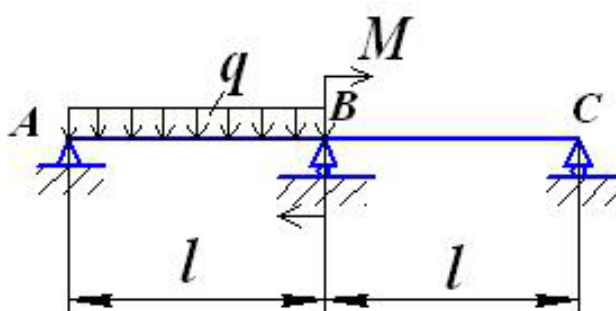
46. Расчет статически неопределимой конструкции при помощи метода Верещагина (пример)





Дано:  $P; l$ .  
Построить  $\varepsilon M_z, \varepsilon Q_y$

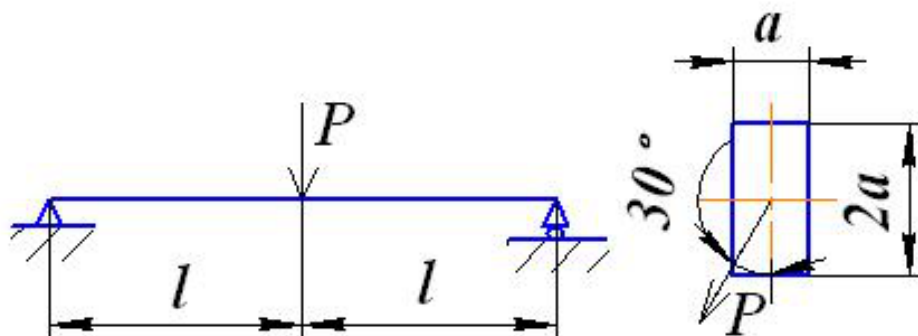
47. Уравнение трех моментов. Раскрытие статической неопределенности многопролетной балки (пример)



Дано:  $q; l; M = ql^2/2$ .  
Раскрыть статич. неопред. при помощи уравнения 3-х моментов

48. Сложное сопротивление. Основные понятия

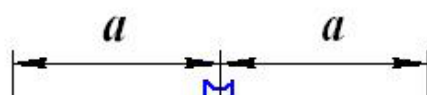
49. Косой изгиб. Условие прочности при косом изгибе. Определение перемещений при косом изгибе (пример)

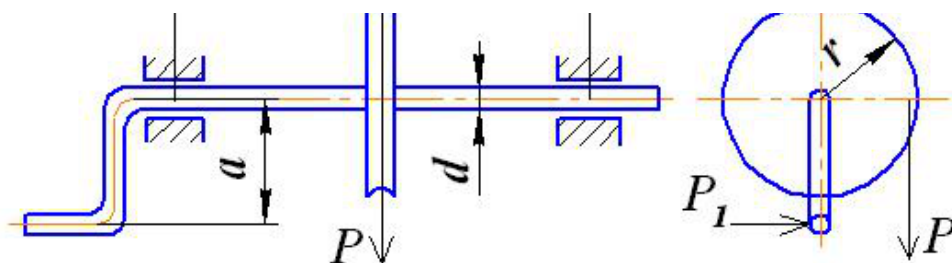


Дано:  $P=60\text{Н}; l=2\text{м}; a=120\text{мм}; E=2 \cdot 10^5 \text{МПа}$ .

Определить нормальные напряжения в опасных точках и полный прогиб по середине пролета.

50. Совместное действие изгиба и кручения. Расчет на прочность по третьей и четвертой теориям прочности (пример)

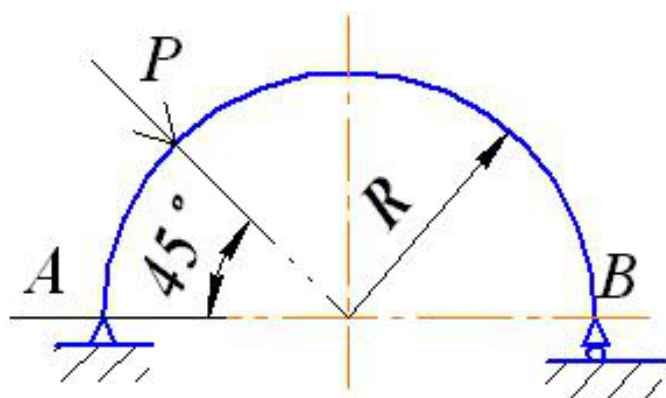




Дано:  $P=400\text{ Н}$ ;  $a=0,4\text{ м}$ ;  $r=0,18\text{ м}$ ;  $[\sigma]=120\text{ МПа}$ .

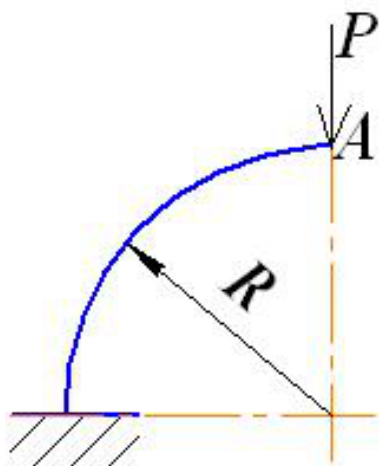
Исходя из 3-й теории прочности, определить допускаемый диаметр ворота  $d$ .

51. Внецентральное сжатие и растяжение коротких стоек. Определение нормальных напряжений
52. Понятие о ядре сечения при внецентральном сжатии стержня
53. Плоские кривые брусья. Вычисление изгибающих моментов, нормальных и поперечных сил в сечениях кривых брусьев (пример)



Дано:  $P$ ;  $R$ .  
Построить  
 $\varepsilon N_\varphi$ ,  $\varepsilon Q_\varphi$ ,  $\varepsilon M_\varphi$

54. Нормальные напряжения в поперечных сечениях кривых брусьев при чистом изгибе. Определение положения нейтрального слоя для плоских кривых брусьев (для прямоугольного, круглого, треугольного и трапециевидного поперечного сечений). Расчет плоских кривых брусьев на прочность
55. Определение перемещений в плоских кривых стержнях (пример)



Дано:  $P$ ;  $R$ ;  $E$ ;  $I_x$ .  
Определить  $f_A$

56. Устойчивость сжатых стержней. Общие понятия. Вывод формулы Эйлера для критической силы

57. Приведенная длина стержня в формуле Эйлера. Коэффициент приведения длины и его определение для различных способов закрепления стержня
58. Критические напряжения по формуле Эйлера. Что такое гибкость стержня? Пределы применимости формулы Эйлера. Формула Ясинского. Связь критических напряжений с гибкостью стержня (показать графически)
59. Проверка прочности материалов при переменных напряжениях. Циклические напряжения. Виды и характеристики циклов
60. Определение предела выносливости при симметричном цикле
61. Определение предела выносливости при несимметричном цикле. Диаграмма усталостной прочности материала
62. Факторы, влияющие на предел выносливости материала
63. Назначение допускаемых напряжений при циклическом нагружении
64. Расчет на прочность при циклических напряжениях
65. Методы исследования напряженно-деформированного состояния

#### **8.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

Контроль знаний студентов по дисциплине проводится в устной и письменной форме, предусматривает текущий и промежуточный контроль. Методы контроля: - тестовая форма контроля; - устная форма контроля – опрос и общение с аудиторией по поставленной задаче в устной форме; - решение определенных заданий (задач) по теме практического материала в конце практического занятия, в целях эффективности усвояемости материала на практике. - поощрение индивидуальных заданий, в которых студент проработал самостоятельно большое количество дополнительных источников литературы. Текущий контроль предусматривает устную форму опроса студентов и письменный экспресс-опрос по окончании изучения каждой темы.

#### **9. Перечень учебной литературы**

1. Александров А. В., Потапов В. Д., Державин Б. П. Сопротивление материалов: учеб. для студ. вузов, ред. Александров А. В. - Издание изд. 4-е, испр - Москва: Высшая школа, 2004. - 556 с. (22 экз.)
2. Загребин Г. Г., Межецкий Г. Д., Решетник Н. Н. Сопротивление материалов [Электронный ресурс]: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по агроинженерным специальностям, - Саратов: Саратовский ГАУ, 2004. - 423 с. - Режим доступа: <https://lib.rucont.ru/efd/139845/info>
3. Дородов П. В. Комплексный метод расчета и оптимального проектирования деталей машин с концентраторами напряжений [Электронный ресурс]: монография, - Ижевск: РИО Ижевская ГСХА, 2014. - 316 с. - Режим доступа: <http://portal.udsau.ru/index.php?q=docs&download=1&parent=12766&id=12992>; <http://lib.rucont.ru/efd/365170/info>; <https://e.lanbook.com/reader/book/133963/#1>
4. Прикладная механика [Электронный ресурс]: методические указания к лабораторным работам для студентов бакалавриата направления подготовки "Агроинженерия", направленность: электрооборудование и электротехнологии, автоматизация технологических процессов, сост. Дородов П. В. - Ижевск: РИО Ижевская ГСХА, 2018. - 28 с. - Режим доступа: <http://portal.udsau.ru/index.php?q=docs&download=1&id=25451>
5. Прикладная механика [Электронный ресурс]: методические материалы для самостоятельной работы студентов бакалавриата направления подготовки "Агроинженерия", направленность: электрооборудование, электротехнологии, автоматизация технологических процессов, сост. Дородов П. В. - Ижевск: РИО Ижевская ГСХА, 2019. - 24 с. - Режим доступа: <http://portal.udsau.ru/index.php?q=docs&download=1&id=25450>

6. Крючин Н. П., Савельева Э. Н., Кирова Ю. З. Сопротивление материалов [Электронный ресурс]: методические указания для выполнения лабораторных работ : [для студентов, обучающихся по направлению 190600 "Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов"], - Кинель: РИЦ СГСХА, 2013. - 68 с. - Режим доступа: <https://lib.rucont.ru/efd/231882/info>

#### 10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети Интернет

1. <http://lib.rucont.ru> - Электронная библиотечная система
2. <http://portal.udsau.ru> - Интернет-портал Удмуртского ГАУ
3. <http://elib.udsau.ru/> - библиотека электронных учебных пособий Удмуртского ГАУ
4. <https://e.lanbook.com> - ЭБС «Лань»
5. <http://elibrary.ru/> - Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU

#### 11. Методические указания обучающимся по освоению дисциплины (модуля)

Перед изучением дисциплины студенту необходимо ознакомиться с рабочей программой дисциплины, изучить перечень рекомендуемой литературы, приведенной в рабочей программе дисциплины. Для эффективного освоения дисциплины рекомендуется посещать все виды занятий в соответствии с расписанием и выполнять все домашние задания в установленные преподавателем сроки. В случае пропуска занятий по уважительным причинам, необходимо получить у преподавателя индивидуальное задание по пропущенной теме. Полученные знания и умения в процессе освоения дисциплины студенту рекомендуется применять для решения задач, не обязательно связанных с программой дисциплины. Владение компетенциями дисциплины в полной мере будет подтверждаться Вашим умением ставить конкретные задачи, выявлять существующие проблемы, решать их и принимать на основе полученных результатов оптимальные решения. Основными видами учебных занятий для студентов по учебной дисциплине являются: занятия лекционного типа, занятия семинарского типа и самостоятельная работа студентов.

Формы работы	Методические указания для обучающихся
Лекционные занятия	<p>Работа на лекции является очень важным видом деятельности для изучения дисциплины, т.к. на лекции происходит не только сообщение новых знаний, но и систематизация и обобщение накопленных знаний, формирование на их основе идейных взглядов, убеждений, мировоззрения, развитие познавательных и профессиональных интересов.</p> <p>Краткие записи лекций (конспектирование) помогает усвоить материал. Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Конспект лучше подразделять на пункты, параграфы, соблюдая красную строку. Принципиальные места, определения, формулы следует сопровождать замечаниями: «важно», «особо важно», «хорошо запомнить» и т.п. Прослушивание и запись лекции можно производить при помощи современных устройств (диктофон, ноутбук, нетбук и т.п.).</p> <p>Работая над конспектом лекций, всегда следует использовать не только учебник, но и ту литературу, которую дополнительно рекомендовал лектор, в том числе нормативно-правовые акты соответствующей направленности. По результатам работы с конспектом лекции следует обозначить вопросы, термины, материал, который вызывают трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на занятии семинарского типа.</p>

	Лекционный материал является базовым, с которого необходимо начать освоение соответствующего раздела или темы.
Лабораторные занятия	<p>При подготовке к занятиям и выполнении заданий студентам следует использовать литературу из рекомендованного списка, а также руководствоваться указаниями и рекомендациями преподавателя.</p> <p>Перед каждым занятием студент изучает план занятия с перечнем тем и вопросов, списком литературы и домашним заданием по вынесенному на занятие материалу.</p> <p>Студенту рекомендуется следующая схема подготовки к занятию и выполнению домашних заданий:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- проработать конспект лекций;</li> <li>- проанализировать литературу, рекомендованную по изучаемому разделу (модулю);</li> <li>- изучить решения типовых задач (при наличии);</li> <li>- решить заданные домашние задания;</li> <li>- при затруднениях сформулировать вопросы к преподавателю.</li> </ul> <p>В конце каждого занятия типа студенты получают «домашнее задание» для закрепления пройденного материала. Домашние задания необходимо выполнять к каждому занятию. Сложные вопросы можно вынести на обсуждение на занятии семинарского типа или на индивидуальные консультации.</p>
Самостоятельная работа	<p>Самостоятельная работа студентов является составной частью их учебной работы и имеет целью закрепление и углубление полученных знаний, умений и навыков, поиск и приобретение новых знаний.</p> <p>Самостоятельная работа студентов включает в себя освоение теоретического материала на основе лекций, рекомендуемой литературы; подготовку к занятиям семинарского типа в индивидуальном и групповом режиме. Советы по самостоятельной работе с точки зрения использования литературы, времени, глубины проработки темы и др., а также контроль за деятельностью студента осуществляется во время занятий.</p> <p>Целью преподавателя является стимулирование самостоятельного, углублённого изучения материала курса, хорошо структурированное, последовательное изложение теории на занятиях лекционного типа, отработка навыков решения задач и системного анализа ситуаций на занятиях семинарского типа, контроль знаний студентов.</p> <p>Если самостоятельно не удалось разобраться в материале, сформулируйте вопросы и обратитесь на текущей консультации или на ближайшей лекции за помощью к преподавателю.</p> <p>Помимо самостоятельного изучения материалов по темам к самостоятельной работе обучающихся относится подготовка к практическим занятиям, по результатам которой представляется отчет преподавателю и проходит собеседование.</p> <p>При самостоятельной подготовке к практическому занятию обучающийся:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- организует свою деятельность в соответствии с методическим руководством по выполнению практических работ;</li> <li>- изучает информационные материалы;</li> <li>- подготавливает и оформляет материалы практических работ в соответствии с требованиями.</li> </ul>

	В результате выполнения видов самостоятельной работы происходит формирование компетенций, указанных в рабочей программы дисциплины (модуля).
Практические занятия	<p>Формы организации практических занятий определяются в соответствии со специфическими особенностями учебной дисциплины и целями обучения. Ими могут быть: выполнение упражнений, решение типовых задач, решение ситуационных задач, занятия по моделированию реальных условий, деловые игры, игровое проектирование, имитационные занятия, выездные занятия в организации (предприятия), занятия-конкурсы и т.д. При устном выступлении по контрольным вопросам семинарского занятия студент должен излагать (не читать) материал выступления свободно. Необходимо концентрировать свое внимание на том, что выступление должно быть обращено к аудитории, а не к преподавателю, т.к. это значимый аспект формируемых компетенций.</p> <p>По окончании семинарского занятия обучающемуся следует повторить выводы, полученные на семинаре, проследив логику их построения, отметив положения, лежащие в их основе. Для этого обучающемуся в течение семинара следует делать пометки. Более того, в случае неточностей и (или) непонимания какого-либо вопроса пройденного материала обучающемуся следует обратиться к преподавателю для получения необходимой консультации и разъяснения возникшей ситуации.</p> <p>При подготовке к занятиям студентам следует использовать литературу из рекомендованного списка, а также руководствоваться указаниями и рекомендациями преподавателя.</p> <p>Перед каждым занятием студент изучает план занятия с перечнем тем и вопросов, списком литературы и домашним заданием по вынесенному на занятие материалу.</p> <p>Студенту рекомендуется следующая схема подготовки к занятию и выполнению домашних заданий:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- проработать конспект лекций;</li> <li>- проанализировать литературу, рекомендованную по изучаемому разделу (модулю);</li> <li>- изучить решения типовых задач (при наличии);</li> <li>- решить заданные домашние задания;</li> <li>- при затруднениях сформулировать вопросы к преподавателю.</li> </ul> <p>В конце каждого занятия студенты получают «домашнее задание» для закрепления пройденного материала. Домашние задания необходимо выполнять к каждому занятию. Сложные вопросы можно вынести на обсуждение на занятии или на индивидуальные консультации.</p>

### **Описание возможностей изучения дисциплины лицами с ОВЗ и инвалидами**

Обучающимся с ограниченными возможностями здоровья предоставляются специальные учебники, учебные пособия и дидактические материалы, специальные технические средства обучения коллективного и индивидуального пользования, услуги ассистента (помощника), оказывающего обучающимся необходимую техническую помощь, а также услуги сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

Освоение дисциплины (модуля) обучающимися с ограниченными возможностями здоровья может быть организовано совместно с другими обучающимися, а так же в отдельных группах.

Освоение дисциплины (модуля) обучающимися с ограниченными возможностями здоровья осуществляется с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья.

В целях доступности получения высшего образования по образовательной программе лицами с ограниченными возможностями здоровья при освоении дисциплины (модуля) обеспечивается:

1) для лиц с ограниченными возможностями здоровья по зрению:

- присутствие ассистента, оказывающий студенту необходимую техническую помощь с учетом индивидуальных особенностей (помогает занять рабочее место, передвигаться, прочитать и оформить задание, в том числе, записывая под диктовку),
- письменные задания, а также инструкции о порядке их выполнения оформляются увеличенным шрифтом,
- специальные учебники, учебные пособия и дидактические материалы (имеющие крупный шрифт или аудиофайлы),
- индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс,
- при необходимости студенту для выполнения задания предоставляется увеличивающее устройство;

2) для лиц с ограниченными возможностями здоровья по слуху:

- присутствие ассистента, оказывающий студенту необходимую техническую помощь с учетом индивидуальных особенностей (помогает занять рабочее место, передвигаться, прочитать и оформить задание, в том числе, записывая под диктовку),
- обеспечивается наличие звукоусиливающей аппаратуры коллективного пользования, при необходимости обучающемуся предоставляется звукоусиливающая аппаратура индивидуального пользования;
- обеспечивается надлежащими звуковыми средствами воспроизведения информации;

3) для лиц с ограниченными возможностями здоровья, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата (в том числе с тяжелыми нарушениями двигательных функций верхних конечностей или отсутствием верхних конечностей):

- письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением или надиктовываются ассистенту;
- по желанию обучающегося задания могут выполняться в устной форме.

## **12. Перечень информационных технологий**

Информационные технологии реализации дисциплины включают

### **12.1 Программное обеспечение**

1. Операционная система: Microsoft Windows 10 Professional. По подписке для учебного процесса. Последняя доступная версия программы. Astra Linux Common Edition. Договор №173-ГК/19 от 12.11.2019 г.

2. Базовый пакет программ Microsoft Office (Word, Excel, PowerPoint). Microsoft Office Standard 2016. Бессрочная лицензия. Договор №79-ГК/16 от 11.05.2016. Microsoft Office Standard 2013. Бессрочная лицензия. Договор №0313100010014000038-0010456-01 от 11.08.2014. Microsoft Office Standard 2013. Бессрочная лицензия. Договор №26 от 19.12.2013. Microsoft Office Professional Plus 2010. Бессрочная лицензия. Договор №106-ГК от 21.11.2011. Р7-Офис. Договор №173-ГК/19 от 12.11.2019 г.

### **12.2 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

1. Информационно-справочная система (справочно-правовая система) «Консультант плюс». Соглашение № ИКП2016/ЛСВ 003 от 11.01.2016 для использования в учебных целях бессрочное. Обновляется регулярно. Лицензия на все компьютеры, используемые в учебном процессе.

2. Профессиональные базы данных на платформе 1С: Предприятие с доступными конфигурациями (1С: ERP Агропромышленный комплекс 2, 1С: ERP Энергетика, 1С: Бухгалтерия молокозавода, 1С: Бухгалтерия птицефабрики, 1С: Бухгалтерия элеватора и комбикормового завода, 1С: Общепит, 1С: Ресторан. Фронт-офис). Лицензионный договор № Н8775 от 17.11.2020 г.

### **13. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)**

Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Оснащение аудиторий

1. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Аудитория, укомплектованная специализированной мебелью
2. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (практических занятий). Аудитория, укомплектованная специализированной мебелью
3. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (лабораторных занятий). Аудитория, укомплектованная специализированной мебелью
4. Помещение для самостоятельной работы. Помещение оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети Интернет и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.
5. Помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования.