

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Амурский государственный университет»



УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по УиНР

А.В.Лейфа

«1» 09 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА  
СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ

Направление подготовки 24.03.01 «Ракетные комплексы и космонавтика»

Направленность (профиль) образовательной программы «Ракетно-космическая техника»

Квалификация выпускника бакалавр

Год набора 2021

Форма обучения очная

Курс 2 Семестр 3, 4

Экзамен 3, 4,  
(семестр)

Общая трудоемкость дисциплины 216 (акад. час.), 6 (з.е.)

Составитель А.В.Бушманов, доцент, канд. техн. наук

Факультет Дизайна и технологий

Кафедра Сервисных технологий и общетехнических дисциплин

2021г.

Рабочая программа составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по направлению подготовки 24.03.01 «Ракетные комплексы и космонавтика», утвержден приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 71 от 05.02.2018 г.

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры Сервисных технологий и общетехнических дисциплин

« 01 » 09 2021 г., протокол № 1

Заведующий кафедрой И.В.Абакумова И.В.Абакумова

Согласовано

Начальник учебно-методического  
управления

Н.А.Чалкина Н.А.Чалкина

« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Согласовано

Зам. Заведующего выпускающей кафедры

В.В. Соловьев В.В. Соловьев  
« 01 » 09 20 21 г.

Согласовано

Директор научной библиотеки

О.Н.Петрович О.Н.Петрович

« 01 » 09 20 21 г.

Согласовано

Центр информационных и образовательных технологий

А.А.Тодосейчук А.А.Тодосейчук  
« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

## 1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

**Цель дисциплины (модуля):** активно закрепить, обобщить, углубить и расширить знания, полученные при изучении базовых дисциплин; приобрести новые знания и сформировать умения и навыки, необходимые для изучения специальных дисциплин; формирование у студентов навыков расчетно-экспериментальной работы с элементами научно-исследовательской, проектно-конструкторской и производственно-технологической деятельности.

### **Задачи дисциплины (модуля):**

- изучение общих принципов расчета типовых изделий машиностроения;
- приобретение навыков проектирования и конструирования, обеспечивающих рациональный выбор материалов, форм, размеров и способов изготовления типовых изделий машиностроения.

## 2 МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Дисциплина относится к обязательной части учебного плана по направлению подготовки 24.03.01 «Ракетные комплексы и космонавтика».

Для успешного освоения данной дисциплины необходимы знания, умения и навыки, приобретенные в результате освоения дисциплин базовой части учебного плана, по направлению подготовки 24.03.01 «Ракетные комплексы и космонавтика»: Материаловедение; Математический анализ; Физика; Начертательная геометрия. Инженерная графика и компьютерная графика; Теоретическая механика. Знания полученные при изучении дисциплины являются предшествующими дисциплине «Детали машин».

## 3 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) И ИНДИКАТОРЫ ИХ ДОСТИЖЕНИЯ

### 3.1. Общепрофессиональные компетенции и индикаторы их достижений

Категория общепрофессиональных компетенций	Код и наименование общепрофессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения общепрофессиональной компетенции
Теоретическое и практическое мышление	ОПК-1, способен применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности	ИД –1 ОПК-1 Знать: -теорию и основные законы в области естественнонаучных и общеинженерных дисциплин. ИД –2 ОПК-1 Уметь: -применять методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности;- применять методы теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности

#### 4 СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 академических часов.

№ п/п	Тема (раздел) дисциплины, курсовая работа (проект), промежуточная аттестация	Семестр	Виды контактной работы, и трудоемкость (в академических часах)				Контроль (в академических часах)	Самостоятельная работа (в академических часах)	Формы текущего контроля успеваемости
			Л	ПЗ	ЛР	КЭ			
1	Введение. Основные понятия.	3	2	2	2			2	Решение задач, выполнение лаб. раб.
2	Растяжение и сжатие прямого стержня.	3	2	2	2			2	Решение задач, выполнение лаб. раб.
3	Напряженное и деформированное состояние в точке.	3	2	2	2			4	Решение задач, выполнение лаб. раб.
4	Геометрические характеристики плоских сечений.	3	2	2	2			4	Решение задач, выполнение лаб. раб.
5	Прямой поперечный изгиб.	3	2	2	2			4	Решение задач, выполнение лаб. раб.
6	Чистый сдвиг и кручение.	3	4	2	2			2	Решение задач, выполнение лаб. раб.
7	Изгиб балок на упругом основании.	3	2	2	2			2	Решение задач, выполнение лаб. раб.
8	Гипотезы прочности и пластичности.	3	2	2	2			2	Решение задач, выполнение лаб. раб.
9	Экзамен	3				0,3	35,7		
	Всего 3-й семестр		18	16	16	0,3	35,7	22	
10	Сложное сопротивление.	4	4	4	4			6	Защита лаб. работы, решение задач.

№ п/п	Тема (раздел) дисциплины, курсовая работа (проект), промежуточная аттестация	Семестр	Виды контактной работы, и трудоемкость (в академических часах)				Контроль (в академических часах)	Самостоятельная работа (в академических часах)	Формы текущего контроля успеваемости
			Л	ПЗ	ЛР	КЭ			
11	Устойчивость сжатых стержней и продольно-поперечный изгиб.	4	4	4	4			6	Защита лаб. работы, решение задач.
12	Расчет балок при заданных динамических нагрузках.	4	6	4	4			4	Защита лаб. работы, решение задач.
13	Расчет балок с использованием пакетов прикладных программ.	4	4	4	4			6	Защита лаб. работы, решение задач.
14	Экзамен					03,	35,7		
	Всего 4-й семестр		18	16	16	0,3	35,7	22	
	Итого		36	32	32	0,6	71,4	44	

## 5 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### 5.1 Лекции

№ п/п	Наименование темы (раздела)	Содержание темы (раздела)
1	Введение. Основные понятия.	Внешние силы и их классификация. Основные объекты, изучаемые в курсе сопротивления материалов, теории упругости и пластичности. Основные свойства твердого деформируемого тела: упругость, пластичность и ползучесть. Деформации и перемещения. Деформации линейные и угловые. Гипотезы (допущения) в сопротивлении материалов. Напряжение полное, нормальное и касательное. Виды простейших деформаций бруса: растяжение-сжатие, сдвиг, кручение, изгиб. Понятие о расчетной схеме бруса.
2	Растяжение и сжатие прямого стержня	Внутренние силовые факторы в стержне при центральном растяжении или сжатии. Продольная сила, ее зависимость от внешней нагрузки. Эпюра продольных сил. Нормальные напряжения в поперечных сечениях. Деформации при растяжении-сжатии: абсолютная, относительная. Закон Гука. Продольная и поперечная деформации. Модуль упругости и коэффициент Пуассона. Перемеще-

№ п/п	Наименование темы (раздела)	Содержание темы (раздела)
		<p>ние поперечных сечений. 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). Понятие об истинной диаграмме растяжения и сжатия. Разгрузка и повторное нагружение. Наклеп. Диаграммы растяжения и сжатия хрупких материалов при растяжении и сжатии. Влияние скорости нагружения, температуры и других факторов на прочностные характеристики материалов. Методы расчета по допускаемым напряжениям, разрушающим нагрузкам и предельным состояниям. Коэффициенты запаса по напряжениям и нагрузкам. Технико-экономические факторы, влияющие на значение коэффициента запаса. Основные виды задач в сопротивлении материалов: проверка прочности, подбор сечения, определение допускаемой нагрузки (грузоподъемности) различными методами. Случай неравномерного распределения нормальных напряжений в местах резкого изменения поперечного сечения бруса. Концентрация напряжений и коэффициент концентрации. Учет собственного веса при растяжении и сжатии. Понятие о бруске равного сопротивления. Статически неопределимые задачи при растяжении и сжатии. Расчеты на нагрузку, температуру и принудительные натяги. Предельные нагрузки для статически неопределимых систем.</p>
3	Напряженное и деформированное состояние в точке	<p>Виды напряженного состояния в точке: линейное, плоское и объемное. Плоское напряженное состояние. Напряжение на наклонной площадке. Главные площадки и главные напряжения. Закон парности касательных напряжений. Объемное напряженное состояние. Обобщенный закон Гука. Удельная потенциальная энергия при объемном напряженном состоянии и ее составляющие: удельная потенциальная энергия изменения формы и энергия, затрачиваемая на изменение объема.</p>
4	Геометрические характеристики плоских сечений	<p>Статические моменты площади и их свойства. Определение положения центра тяжести сечения. Моменты инерции сечения: осевые, центробежный, полярный. Моменты инерции прямоугольника, круга и кольца. Изменение моментов инерции при параллельном переносе и повороте координатных осей. Главные оси и главные моменты инерции сечения. Моменты инерции сложных сечений.</p>
5	Прямой поперечный изгиб	<p>Изгиб прямого бруса в главной плоскости. Опоры и опорные реакции. Внутренние силовые факторы в поперечных сечениях бруса при изгибе: изгибающий момент и поперечная сила. Чистый и поперечный изгиб. Дифференциальные зависимости между изгибающим моментом, по-</p>

№ п/п	Наименование темы (раздела)	Содержание темы (раздела)
		<p>перечной силой и интенсивностью распределенных нагрузок. Эпюры изгибающих моментов и поперечных сил. Нормальные напряжения при чистом изгибе. Основные допущения. Зависимость между изгибающим моментом и кривизной оси изогнутого бруса. Жесткость при изгибе. Формула нормальных напряжений. Распространение выводов чистого изгиба на поперечный изгиб. Касательные напряжения при изгибе брусев сплошного сечения. Траектория главных напряжений. Понятие об изгибе бруса тонкостенного профиля. Центр изгиба. Упруго-пластический изгиб бруса. Определение несущей способности балок. Расчет на прочности при изгибе по допускаемым напряжениям, по разрушающим нагрузкам и по предельным состояниям. Рациональное сечение балок. Потенциальная энергия деформации при изгибе. Изгиб бруса переменного сечения. Понятие о расчете составных (сварных и составных) балок. Деформации при поперечном изгибе. Дифференциальное уравнение оси изогнутого бруса. Точное и приближенное уравнение кривизны. Непосредственное интегрирование дифференциального уравнения. Граничные условия. Метод начальных параметров.</p>
6	Чистый сдвиг и кручение	<p>Чистый сдвиг. Напряжения при чистом сдвиге. Деформация при сдвиге. Закон Гука при сдвиге. Зависимость между <math>G</math>, <math>E</math>, и <math>\mu</math>. 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. Главные напряжения и главные площадки. Виды разрушений при кручении бруса круглого поперечного сечения из разных материалов. Три вида задач при кручении: определение напряжений или углов закручивания, подбор сечений и вычисление допускаемого крутящего момента по прочности и жесткости. Потенциальная энергия деформации при кручении. Статически неопределимые задачи при кручении. Упруго-пластическое кручение бруса круглого поперечного сечения. Расчет цилиндрических пружин с малым шагом. Кручение брусев прямоугольного сечения. Кручение стержней, сечение которых составлено из нескольких узких прямоугольников.</p>
7	Изгиб балок на упругом основании	<p>Понятие о балках на упругом основании. Типы упругих оснований и их свойства. Условия контакта подошвы балки и упругого основания. Дифференциальное уравнение оси изогнутой балки. Граничные условия. Метод начальных параметров. Случай бесконечно длинных балок. Полубесконечные балки. Понятие краевого эффекта. Расчет коротких балок на упругом основании. Метод последовательных приближений. Метод начальных параметров. Использование функций А.Н.Крылова.</p>

№ п/п	Наименование темы (раздела)	Содержание темы (раздела)
8	Гипотезы прочности и пластичности	Назначение гипотез прочности и пластичности. Эквивалентные напряжения. Гипотеза наибольших нормальных напряжений. Гипотеза разрушения Мора для материалов с различными пределами прочности при растяжении и сжатии. Гипотеза наибольших касательных напряжений. Гипотеза энергии формообразования.
9	Сложное сопротивление	Общий случай действия внешних сил на брус. Косой изгиб. Нормальные и касательные напряжения при косом изгибе. Силовая и нулевая линии. Определение прогибов. Внецентренное действие продольной силы. Силовая и нулевая линии. Нормальные напряжения. Ядро сечения. Изгиб с кручением. Напряжения в поперечном сечении при изгибе с кручением бруса с круглым поперечным сечением. Главные напряжения. Расчетные напряжения по некоторым гипотезам прочности.
10	Устойчивость сжатых стержней и продольно-поперечный изгиб	Понятие об устойчивых и неустойчивых формах равновесия. Критическая сила и критические напряжения. Вывод формулы Эйлера. Расчетная длина стержня. Пределы применимости формулы Эйлера. Потеря устойчивости при напряжениях за пределом пропорциональности материала. Эмпирические формулы для определения критической силы. График критических напряжений в зависимости от гибкости стержня. Практический метод расчета стержней на устойчивость. Таблицы коэффициентов $\varphi$ . Продольно-поперечный изгиб прямого бруса. Расчет по деформированному состоянию. Дифференциальное уравнение продольно-поперечного изгиба. Продольно-поперечный изгиб при поперечной нагрузке. Приближенный метод расчета на прочность при продольно-поперечном изгибе.
11	Расчет балок при заданных динамических нагрузках	Понятие о динамической нагрузке и динамическом коэффициенте. Подъем и опускание груза с ускорением. Использование принципа Даламбера. Удар об невесомую упругую систему. Расчет по балансу энергии. Внезапное приложение нагрузки. Горизонтальный удар. Приближенный учет массы ударяемого тела при ударе.
12	Расчет балок с использованием пакетов прикладных программ	Идеализация с помощью конечных элементов. Принятая система координат. Узловые силы и перемещения. Соотношения между силами и перемещениями для элемента. Работа и энергия. Свойства взаимности. Преобразование соотношений жесткости и податливости. Преобразование степеней свободы. Общий алгоритм метода конечных элементов. Этапы расчета в программе ANSYS. Задание нагрузок и получение решения. Просмотр результатов (Постпроцессинг). Графические возможности ANSYS. Применение пакета ANSYS при решении задач.



## 5.2 Практические занятия

№ п/п	Наименование темы	Содержание темы
1	Расчет простейших стержневых статически определимых систем на растяжение-сжатие.	Расчет на прочность и жесткость статически определимого ступенчатого бруса, освоить определение величины продольных сил и нормальных напряжений в поперечных сечениях ступенчатого бруса и построение их эпюр. Освоить определение перемещений поперечных сечений.
2	Расчет стержневых систем по допускаемым напряжениям.	Определение напряжений на произвольной площадке. Определение положения главных площадок и значений главных напряжений. Площадки сдвига. Наибольшие касательные напряжения. Частные случаи.
3	Расчет статически неопределимых систем.	Рассмотрение общих понятий о перенапряжении строительных конструкций как о дном из наиболее распространенных способов повышения несущей способности и регулирования усилий и перемещений в статически неопределимых стержневых системах (шпренгельных балках, вантовых системах); отработка и освоение методики решения задач регулирования сооружений – предварительным напряжением элементов конструкций.
4	Определение геометрических характеристик сечения.	Определение геометрических характеристик сложного сечения: определение положения центра тяжести, определение положения главных осей инерции, определение значений главных моментов инерции.
5	Расчет валов на кручение.	Определение крутящих моментов, построение эпюр крутящих моментов. Определение касательных напряжений при кручении. Условие прочности при кручении. Расчет на прочность валов круглого и кольцевого сечения. Определение углов закручивания и построение эпюры углов закручивания.
6	Построение эпюр поперечных сил и изгибающих моментов при поперечном изгибе.	Определение реакций опор. Составление аналитических выражений для внутренних усилий при поперечном изгибе. Построение эпюр изгибающих моментов и поперечных сил по аналитическим выражениям и по характерным точкам. Определение нормальных напряжений при изгибе. Три типа расчетов на прочность. Проверка на прочность. Подбор поперечного сечения балки. Подбор сечения из условия прочности, определение нормальных и касательных напряжений в опасном сечении в заданной точке. Определение положения главных площадок и значений главных напряжений по высоте сечения.
7	Расчет на прочность при изгибе.	Определение прогибов и углов поворота для балок с разными видами опор с помощью универсальных уравнений метода начальных параметров.

№ п/п	Наименование темы	Содержание темы
		Определение прогибов и углов поворота для балок с разными видами опор с помощью интеграла Мора по приближенным формулам (формула Верещагина, формула Симпсона, формула трапеций).
8	Напряженное состояние в произвольной точке сечения при поперечном изгибе.	Виды напряженного состояния в точке тела: линейное, плоское, пространственное. Плоское напряженное состояние. Напряжения на произвольной площадке. Закон парности касательных напряжений. Главные напряжения и главные площадки. Площадки сдвига.
9	Определение прогибов и углов поворота методом начальных параметров.	Метод начальных параметров, как и метод интегрирования дифференциального уравнения изогнутой оси балки служит для определения прогибов и углов поворота. Основным преимуществом метода начальных параметров является его доступность для определения перемещений в балках с несколькими участками.
10	Расчет балки на упругом основании.	Построение эпюр внутренних усилий и перемещений бесконечно длинной балки на упругом основании от действия на нее двух сосредоточенных сил.
11	Определение напряжений и деформаций при косом изгибе.	Определение напряжений при косом изгибе, определение положения нейтральной оси в опасном сечении и построение эпюры нормальных напряжений. Определение прогибов. Определение напряжений при внецентренном растяжении-сжатии, определение положения нейтральной оси в опасном сечении и построение эпюры нормальных напряжений. Построение ядра сечения.
12	Определение напряжений при совместном действии изгиба и растяжения.	На практике очень часто встречаются случаи совместной работы стержня на изгиб и на растяжение или сжатие. Подобного рода деформация может вызываться или совместным действием на балку продольных и поперечных сил, или только одними продольными силами.
13	Совместное действие изгиба и кручения.	Сочетание деформаций изгиба и кручения испытывает большинство валов, которые обычно представляют собой прямые брусья круглого или кольцевого сечения. Возникающие от изгиба нормальные напряжения достигают максимального значения в волокнах, наиболее удаленных от нейтральной оси.
14	Устойчивость сжатых стержней и продольно-поперечный изгиб.	Расчет на устойчивость имеет важное значение для тех элементов конструкций, которые сравнительно длинные и тонкие стержни, тонкие пластины и оболочки. Будем рассматривать лишь простейшие случаи расчета на устойчивость сжатых стержней.

№ п/п	Наименование темы	Содержание темы
15	Расчеты при некоторых динамических нагрузках.	Понятие о динамической нагрузке и коэффициенте динамичности. Подъем и опускание груза с ускорением. Использование принципа Даламбера. Удар об упругую систему с одной степенью свободы. Расчет по балансу энергии. Продольный и поперечный удары по стержню. Приближенный учет массы стержня при ударе. Внезапное приложение нагрузки. Напряжения во вращающемся сплошном диске постоянной толщины (расчет циркулярной пилы).
16	Расчет на прочность при напряжениях, переменных во времени.	Расчеты элементов на усталостную прочность или на прочность при напряжениях, переменных во времени. Усталостная прочность вращающегося вала с галтельным переходом с учетом основных факторов, влияющих на коэффициент запаса усталостной прочности.

### 5.3 Лабораторные работы

№ п/п	Наименование темы	Содержание темы
1	Испытание образца из малоуглеродистой стали на растяжение.	Определение механических характеристик стали. Испытание образца осуществляется на разрывной машине, имеющей приспособление для автоматического вычерчивания диаграммы нагружения. В результате обработки диаграммы нагружения получаем механические характеристики стали: предел пропорциональности; предел текучести; предел прочности и разрушающее напряжение.
2	Испытание материалов на сжатие.	Изучение свойств пластичных и хрупких материалов при сжатии. Испытание образцов осуществляется на машине. Сжатию подвергаются образцы из различных материалов: стали, чугуна, дерева (вдоль и поперек волокон), текстолита (вдоль и поперек волокон).
3	Определение модуля упругости стали на растяжение.	Экспериментальная проверка закона Гука; определение модуля продольной упругости. Испытание образцов осуществляется на машине. Для проверки закона Гука и определения модуля продольной упругости производится измерение упругих деформаций образца при растяжении с помощью электрических тензометров. Датчики наклеиваются с двух противоположных сторон образца и удлинение образца находится как среднее арифметическое. По результатам замеров строится диаграмма растяжения, позволяющая проверить закон Гука и определить модуль упругости Е.
4	Определение коэффициента поперечной деформации.	Определение величины коэффициента Пуассона стали. Для определения коэффициента попереч-

№ п/п	Наименование темы	Содержание темы
		<p>ной деформации необходимо измерить продольные и поперечные деформации при растяжении стального образца. Деформации измеряются с помощью электрических тензометров, наклеенных на узких и широких гранях образца прямоугольного сечения. Задавая нагрузку равными ступенями, можно определить средние значения продольной и поперечной деформаций и вычислить экспериментальное значение коэффициента Пуассона. Результаты замеров позволяют проверить соответствие опытного коэффициента Пуассона общеизвестному значению.</p>
5	Испытание стального образца на срез.	<p>Определение предела прочности стали при срезе. В работе проводится испытание стержня круглого поперечного сечения на двойной срез на универсальной испытательной машине с помощью специального приспособления. В результате испытания определяется разрушающая нагрузка, по которой вычисляется предел прочности на срез.</p>
6	Испытание образца из стали на кручение.	<p>Определение модуля упругости стали при сдвиге и проверка закона Гука при кручении. Испытание образца осуществляется на машине с помощью приспособления, позволяющего фиксировать перемещение одного конца круглого стержня по отношению к другому. Подавая крутящий момент равными ступенями, получаем приращения угла закручивания, которые при выполнении закона</p>
7	Определение осадки винтовой пружины.	<p>Экспериментальная проверка формулы для определения осадки пружины. Пружина может рассматриваться как пространственно-изогнутый брус, ось которого представляет собой винтовую линию. Теоретическая формула учитывает перемещения, вызванные только деформацией кручения. Задача настоящей работы – оценить пригодность формулы для практических расчетов.</p>
8	Определение нормальных напряжений при изгибе.	<p>Экспериментальная проверка линейного закона распределения нормальных напряжений по высоте сечения. Испытанию подвергается двутавровая балка на испытательной машине. Экспериментально нормальные напряжения определяются через относительную деформацию в направлении продольной оси балки. Значение относительной деформации определяется с помощью тензодатчиков. По опытным данным строится эпюра нормальных напряжений и сравнивается с эпюрой, построенной по теоретической формуле.</p>
9	Определение перемещений при изгибе.	<p>Экспериментальная проверка формулы для вычисления прогиба и угла поворота сечения при изгибе.</p>

№ п/п	Наименование темы	Содержание темы
		Для опыта берется балка прямоугольного сечения, изгиб которой производится с помощью системы грузов, подвешиваемых на подвеску, помещенную в различных точках балки. Измерение прогиба и угла поворота осуществляется индикаторами часового типа. Результаты замеров позволяют проверить соответствие опытных и теоретических значений прогиба и угла поворота сечения.
10	Определение перемещений при косом изгибе.	Экспериментальная проверка формулы для вычисления величины и направления прогиба консольной балки при косом изгибе. Для опыта берется балка прямоугольного сечения, изгиб которой производится с помощью системы грузов, подвешиваемых на подвеску, помещенную на некотором расстоянии от заделки. Плоскость действия нагрузки не совпадает с плоскостью, проходящей через главную ось инерции. Конструкция защемлений позволяет менять плоскость действия нагрузки. Измерение прогиба осуществляется индикаторами часового типа. Для точности отсчеты берутся при нескольких ступенях нагружения. Опытные значения величины и направления прогиба проверяются теоретическими расчетами.
11	Определение перемещений при внецентренном растяжении прямого стержня.	Экспериментальная проверка формулы для вычисления величины напряжений в случае внецентренного растяжения прямолинейного стержня. Испытанию подвергается стержень прямоугольного поперечного сечения, к которому приложены две равные по величине и противоположные по направлению растягивающие силы. Ось действия сил расположена на некотором расстоянии от оси стержня. Действие нагрузки вызывает осевое растяжение и плоский изгиб. Испытание стержня производится на испытательной машине. Напряжения определяются методом электротензометрии. Для увеличения точности измерений нагрузка подается ступенями и вычисляется среднее значение. По опытным данным строится эпюра нормальных напряжений и сравнивается с эпюрой, построенной по теоретической формуле.
12	Устойчивость упругого стального стержня.	Экспериментальная проверка формулы Эйлера для определения критической силы. Испытанию подвергается гибкий стержень прямоугольного поперечного сечения, к которому приложена сжимающая нагрузка. При нагрузке $F < F_{кр}$ стержень сохраняет устойчивое равновесие. Переход стержня из устойчивого равновесия в неустойчивое происходит внезапно при достижении нагрузкой критического значения. Величина критической силы фиксируется по силомеру машины и

№ п/п	Наименование темы	Содержание темы
		контролируется по диаграмме. Опытные значения величины критической силы проверяется теоретическим расчетом.
13	Ознакомление с методикой определения предела выносливости материала.	Опытное определение числа циклов до разрушения стального образца при заданном напряжении. Испытанию подвергается стальной стержень круглого поперечного сечения, к которому приложена циклически изменяющаяся нагрузка. Для испытания образца используется машина УКИ-10М при частоте вращения 3000 об/мин. По показаниям счетчика машины определяется число циклов до разрушения образца.

## 6 САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

№ п/п	Наименование темы (раздела)	Форма (вид) самостоятельной работы	Трудоемкость в академических часах
1	Возникновение и развитие науки о сопротивлении материалов. Ученые, занимавшиеся проблемами прочности, жесткости и устойчивости.	оформление отчета.	4
2	Механические характеристики материала. Пластичность и хрупкость. Твердость. Влияние температуры и фактора времени на механические характеристики материала.	оформление отчета	4
3	Исследование напряженного состояния с помощью кругов Мора. Обзор различных типов напряженного состояния.	оформление отчета	4
4	Кручение прямого бруса некруглого поперечного сечения.	оформление отчета	8
5	Расчет кривых брусьев.	оформление отчета	6
6	Определение прогибов, поперечных сил и изгибающих моментов.	оформление отчета	8
7	Построение эпюр внутренних усилий для пространственных брусьев.	оформление отчета	6
8	Расчет на инерционные нагрузки. Переменные напряжения.	оформление отчета	4
Итого:			44

## 7 ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При освоении дисциплины используются следующие сочетания видов учебной работы с методами и формами активизации познавательной деятельности обучающихся для достижения запланированных результатов обучения и формирования компетенций: метод презентации информации, проблемные лекции, модульно-рейтинговая система обучения, технология поэтапного формирования знаний, умений и навыков.

Для достижения поставленных целей преподавания дисциплины реализуются следующие средства, способы и организационные мероприятия:

-самостоятельное изучение теоретического материала дисциплины с использованием Internet-ресурсов, информационных баз, методических разработок, специальной учебной и научной литературы;

-закрепление теоретического материала при выполнении проблемно-ориентированных заданий.

Использование информационных технологий при организации коммуникации со студентами для представления информации, выдачи рекомендаций и консультирования по оперативным вопросам (электронная почта), использование мультимедиа-средств при проведении лекционных и практических занятий

## 8 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Вопросы для подготовки к экзамену (3 семестр)

- 8.1 Объекты изучения. Расчетная схема.
- 8.2 Классификация внешних сил.
- 8.3 Основные предпосылки и гипотезы в сопротивлении материалов.
- 8.4 Внутренние силы. Метод сечений.
- 8.5 Внутренние силовые факторы в поперечном сечении бруса и соответствующие им виды деформации.
- 8.6 Напряжения: нормальное, касательное, полное.
- 8.7 Деформации и перемещения.
- 8.8 Внутренние силы в стержне при центральном растяжении или сжатии.
- 8.9 Нормальные напряжения в поперечных сечениях.
- 8.10 Деформации при растяжении-сжатии. Закон Гука. Модуль упругости и коэффициент Пуассона.
- 8.11 Механические характеристики материалов при растяжении и сжатии.
- 8.12 Диаграмма растяжения.
- 8.13 Условие прочности при растяжении-сжатии. Основные типы задач.
- 8.14 Определение напряжений и деформаций при растяжении и сжатии с учетом собственного веса.
- 8.15 Статистические моменты площади. Определение положения центра тяжести с учетом собственного веса.
- 8.16 Моменты инерции сечения: осевые, центробежный, полярный.
- 8.17 Моменты инерции при параллельном переносе осей.
- 8.18 Моменты инерции при повороте осей.
- 8.19 Главные оси и главные моменты инерции сечения. Вывод формулы для определения положения главных осей инерции.
- 8.20 Моменты инерции простых сечений: прямоугольник, круг.
- 8.21 Виды напряженного состояния в точке тела: линейное, плоское, объемное.
- 8.22 Плоское напряженное состояние. Вывод формулы для определения положений на произвольной площадке.
- 8.23 Закон парности касательных напряжений.
- 8.24 Главные напряжения и главные площадки.

- 8.25 Объемное напряженное состояние. Обобщенный закон Гука. Объемная деформация. Удельная потенциальная энергия деформации.
- 8.26 Чистый сдвиг. Напряжения при чистом сдвиге.
- 8.27 Деформация при сдвиге. Закон Гука при сдвиге.
- 8.28 Кручение. Крутящий момент, построение эпюр крутящих моментов.
- 8.29 Вывод формулы для касательных напряжений при кручении бруса круглого сечения.
- 8.30 Условия прочности при кручении.
- 8.31 Кручение круглого поперечного сечения.
- 8.32 Кручение стержней с поперечным сечением, состоящих из узких прямоугольников.
- 8.33 Расчет статически неопределимых валов при кручении.
- 8.34 Упруго-пластическое кручение стержня круглого поперечного сечения.
- 8.35 Расчет цилиндрических пружин с малым шагом.
- 8.36 Внутренние усилия при поперечном изгибе.
- 8.37 Дифференциальные зависимости между изгибающим моментом, поперечной силой и распределенной нагрузкой.
- 8.38 Вывод формулы нормальных напряжений при чистом изгибе.
- 8.39 Условие прочности при изгибе. Основные типы задач при изгибе.
- 8.40 Моменты сопротивления простых фигур.
- 8.41 Рациональные формы сечения балок при изгибе.
- 8.42 Вывод формулы касательных напряжений при поперечном изгибе.
- 8.43 Касательные напряжения в сечениях прокатных профилей.
- 8.44 Понятие о центре изгиба.
- 8.45 Главные напряжения при изгибе.
- 8.46 Упруго-пластический изгиб балки прямоугольного поперечного сечения.
- 8.47 Дифференциальное уравнение изогнутой оси балки.
- 8.48 Определение перемещений методом непосредственного интегрирования.
- 8.49 Определение перемещений методом начальных параметров.
- 8.50 Применение метода начальных параметров для расчета простейших статически неопределимых балок.
- 8.51 Дифференциальное уравнение изогнутой оси балки на сплошном упругом основании.
- 8.52 Расчет бесконечно длинных балок на упругом основании.
- 8.53 Расчет полубесконечных балок на упругом основании. Понятие о краевом эффекте.
- 8.54 Построение эпюр продольных сил, изгибающих моментов и поперечных сил для балки на упругом основании.

Вопросы для подготовки к экзамену (4 семестр)

- 8.55 Классификация видов сложного сопротивления.
- 8.56 Косой изгиб. Положение нейтральной оси. Нормальные напряжения, знаки этих напряжений, эпюра напряжений.
- 8.57 Деформации при косом изгибе.
- 8.58 Внецентренное растяжение или сжатие. Нормальные напряжения.
- 8.59 Положение нейтральной оси при внецентренном растяжении. Ядро сечения.
- 8.60 Назначение теорий прочности. Первая и вторая теория прочности.
- 8.61 Определение эквивалентных напряжений по третьей и четвертой теориям прочности.
- 8.62 Расчет на прочность при совместном действии изгиба и кручения.
- 8.63 Внутренние усилия в поперечных сечениях пространственных брусьев, эпюры этих усилий.



- 8.64 Устойчивость сжатого стержня.
  - 8.65 Вывод формулы Эйлера. Гибкость стержня.
  - 8.66 Предел применимости формулы Эйлера. Предельная гибкость.
  - 8.67 График устойчивости.
  - 8.68 Практический способ расчета на устойчивость.
  - 8.69 Продольно-поперечный изгиб. Приближенный способ расчета на продольно-поперечный изгиб.
  - 8.70 Расчет при подъеме груза с ускорением.
  - 8.71 Удар. Вывод формулы динамического коэффициента при ударе.
  - 8.72 Учет массы ударяемой системы при ударе.
  - 8.73 Переменные напряжения. Характеристики циклов переменных напряжений.
  - 8.74 Усталость материалов. Предел выносливости.
  - 8.75 Виды конечных элементов. Идеализация с помощью конечных элементов.
  - 8.76 Системы координат. Узловые силы и перемещения.
  - 8.77 Соотношения между силами и перемещениями.
  - 8.78 Работа и энергия. Свойства взаимности.
  - 8.79 Преобразование степеней свободы.
  - 8.80 Общий алгоритм конечных элементов.
- 
- 8.3 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
  - 8.3.1 Карточки с заданиями и методическими указаниями по выполнению лабораторных работ
  - 8.3.2 СТО СМК 4.2.3.05-2011. Стандарт ФГБОУВПО «АмГУ». Оформление выпускных квалификационных и курсовых работ (проектов).

## 9 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

а) литература:

1. Атапин В.Г. Сопротивление материалов. Базовый курс. Дополнительные главы [Электронный ресурс]: учебник / В.Г. Атапин, А.Н. Пель, А.И. Темников. — Электрон. текстовые данные. — Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2011. — 507 с. — 978-5-7782-1750-8. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/45435.html>
2. Атапин, В. Г. Практикум по сопротивлению материалов: учебное пособие / В. Г. Атапин. — Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2012. — 216 с. — ISBN 978-5-7782-1889-5. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/45426.html>
3. Сопротивление материалов [Электронный ресурс]: лабораторный практикум / А.Н. Кислов [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — Екатеринбург: Уральский федеральный университет, 2015. — 128 с. — 978-5-7996-1558-1. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/68474.html>
4. Атапин В.Г. Сопротивление материалов. Краткий теоретический курс [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.Г. Атапин. — Электрон. текстовые данные. — Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2011. — 204 с. — 978-5-7782-1593-1. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/45436.html>
5. Большаков, В. П. Выполнение в КОМПАС-3D конструкторской документации изделий с резьбовыми соединениями: учебное пособие / В. П. Большаков, А. В. Чагина. — СПб.: Университет ИТМО, 2011. — 166 с. — ISBN 2227-8397. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/66423.html>

б) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Перечень программного обеспечения

№	Перечень программного обеспечения (обеспеченного лицензией)	Реквизиты подтверждающих документов
1	Операционная система MS Windows 7 Pro	DreamSpark Premium Electronic Software Delivery (3 years) договору – Сублицензионный договор №Tr 000074357/КНВ 17 от 01 марта 2016 года
2	Операционная система MS Windows 10 Education	DreamSpark Premium Electronic Software Delivery (3 years) договору – Сублицензионный договор №Tr000074357/КНВ 17 от 01 марта 2016 года
3	MS office 2010 standard	Лицензия Microsoft office 2010 Standard RUS OLM ML Academic 50, договор №492 от 28 июня 2012 года
4	MS access 2010	DreamSpark Premium Electronic Software Delivery (3 years) договору – Сублицензионный договор №Tr000074357/КНВ 17 от 01 марта 2016 года
5	Kaspersky Endpoint Security 2010	Лицензия (Стандартный Russian Edition. 250-499 Node 1 year Educational Renewal License) по договору №129по/16 от 25 апреля 2016 года
6	Автоматизированная информационная библиотечная система «ИРБИС 64»	Лицензия коммерческая по договору №945 от 28 ноября 2011 года
7	Программный комплекс «КонсультантПлюс»	Лицензия коммерческая по договору №21 от 29 января 2015 года
8	7-Zip	Бесплатное распространение по лицензии GNU LGPL <a href="http://www.7-zip.org/licese.txt">http://www.7-zip.org/licese.txt</a>
9	LibreOffice	Бесплатное распространение по лицензии Mozilla Public Licence Version 2.0

Перечень Интернет-ресурсов:

№	Наименование ресурса	Краткая характеристика
1	<a href="http://amursu.ru">amursu.ru</a>	Сайт ФГБОУ ВПО АмГУ
2	Электронная библиотечная система <a href="http://www.iprbookshop.ru">www.iprbookshop.ru</a>	ЭБС IPRbooks — научно-образовательный ресурс для решения задач обучения в России и за рубежом. Уникальная платформа ЭБС IPRbooks объединяет новейшие информационные технологии и учебную лицензионную литературу. Контент ЭБС IPRbooks отвечает требованиям стандартов высшей школы, СПО, дополнительного и дистанционного образования. ЭБС

№	Наименование ресурса	Краткая характеристика
		IPRbooks в полном объеме соответствует требованиям законодательства РФ в сфере образования.
	<a href="http://elibrary.ru">http://elibrary.ru</a>	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU. Крупнейший российский информационный портал в области науки, технологии, медицины и образования, содержащий рефераты и полные тексты более 12 млн научных статей и публикаций. На платформе eLIBRARY.RU доступны электронные версии более 1400 российских научно-технических журналов, в том числе более 500 журналов в открытом доступе.

## 10 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Университет располагает материально-технической базой, обеспечивающей проведение всех видов занятий, предусмотренных программой дисциплины. Занятия по дисциплине «Сопротивление материалов» проводятся в специальных помещениях, представляющих собой учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Помещения укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации. Все помещения, в которых проводятся занятия, соответствуют действующим противопожарным правилам и нормам.

Каждый обучающийся обеспечен индивидуальным неограниченным доступом к электронно-библиотечным системам и к электронно-образовательной среде университета.

Самостоятельная работа обучающихся осуществляется в помещениях, оснащенных компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронно-образовательную среду университета.