

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

**Саровский физико-технический институт -**

филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего  
образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

**(СарФТИ НИЯУ МИФИ)**

**ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

**Кафедра «Технологии специального машиностроения»**

**УТВЕРЖДАЮ**

**Декан ФТФ, член корр. РАН, д.ф-м.н.**

\_\_\_\_\_ **А.К. Чернышев**

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ **2021 г.**

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Соппротивление материалов**

наименование дисциплины

Направление подготовки (специальность)	15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств
Наименование образовательной программы	Технология машиностроения
Квалификация (степень) выпускника	бакалавр
Форма обучения	очная

Программа одобрена на заседании кафедры \_\_\_\_\_ Зав. кафедрой ТСМ  
д.т.н., профессор  
\_\_\_\_\_ В.Н. Халдеев  
\_\_\_\_\_ протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_\_ г.  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022 г.

г. Саров, 2022 г.

Программа переутверждена на 202\_\_\_\_/202\_\_\_\_ учебный год с изменениями в соответствии с семестровыми учебными планами академических групп ФТФ, ФИТЭ на 202\_\_\_\_/202\_\_\_\_ учебный год.

Заведующий кафедрой ТСМ, д.т.н., профессор

В.Н. Халдеев

Программа переутверждена на 202\_\_\_\_/202\_\_\_\_ учебный год с изменениями в соответствии с семестровыми учебными планами академических групп ФТФ, ФИТЭ на 202\_\_\_\_/202\_\_\_\_ учебный год.

Заведующий кафедрой ТСМ, д.т.н., профессор

В.Н. Халдеев

Программа переутверждена на 202\_\_\_\_/202\_\_\_\_ учебный год с изменениями в соответствии с семестровыми учебными планами академических групп ФТФ, ФИТЭ на 202\_\_\_\_/202\_\_\_\_ учебный год.

Заведующий кафедрой ТСМ, д.т.н., профессор

В.Н. Халдеев

Программа переутверждена на 202\_\_\_\_/202\_\_\_\_ учебный год с изменениями в соответствии с семестровыми учебными планами академических групп ФТФ, ФИТЭ на 202\_\_\_\_/202\_\_\_\_ учебный год.

Заведующий кафедрой ТСМ, д.т.н., профессор

В.Н. Халдеев

<b>Семестр</b>	<b>В форме практической подготовки</b>	<b>Трудоемкость, кред.</b>	<b>Общий объем курса, час.</b>	<b>Лекции, час.</b>	<b>Практич. занятия, час.</b>	<b>Лаборат. работы, час.</b>	<b>СРС, час.</b>	<b>КР/КП</b>	<b>Форма(ы) контроля, экс.зач./ЗСО/</b>	<b>Интерактивные часы</b>
<b>4</b>	32	3	108	32	32	-	44	-	Зач	9
<b>5</b>	32	3	108	32	32	-	17	-	Э	9
<b>ИТОГО</b>	<b>64</b>	<b>6</b>	<b>216</b>	<b>64</b>	<b>64</b>	<b>-</b>	<b>61</b>	<b>-</b>	<b>27</b>	<b>18</b>

## **АННОТАЦИЯ**

Дисциплина «Соппротивление материалов» обеспечивает не только нормативно-методическую базу освоения обучающимися профессиональных компетенций в соответствии с требованиями ОС ВО по направлению подготовки 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств, с квалификацией выпускника бакалавр, но и высокую профессиональную конкурентоспособность выпускников и их востребованность для решения актуальных задач у потребностей регионального и Всероссийского рынка труда, с учетом перспектив его развития.

### **1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Целями освоения дисциплины «Соппротивление материалов» являются:

- ✓ изучение студентами принципов сопротивления конструкционных материалов, принципов статических расчетов конструкций и их элементов,
- ✓ овладение методами построения и исследования механико-математических моделей типовых элементов конструкций,
- ✓ формирование устойчивых навыков по применению инженерных методов расчета типовых элементов конструкций и сооружений на прочность, жесткость и устойчивость.

Задачи дисциплины:

- ✓ изучение основных законов и принципов дисциплины «Соппротивление материалов», теоретических основ инженерных методов расчета типовых элементов конструкций на прочность, жесткость и устойчивость.
- ✓ формирование умения составлять модели прочностной надежности типовых элементов, на основе этих моделей проводить рациональный выбор материала и размеров элементов конструкций.
- ✓ умение оценивать прочностные свойства и деформативную способность материалов и элементов конструкций.

### **2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО**

*Индекс дисциплины: Б1.О.14*

Дисциплина «Соппротивление материалов» относится к обязательной части рабочего учебного плана по направлению 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств.

Для успешного освоения дисциплины «Сопротивление материалов» студенты должны знать основные положения высшей математики, физики, начертательной геометрии, владеть навыками работы на ПК.

Освоение дисциплины «Сопротивление материалов» необходимо для изучения дисциплин: Материаловедение, Проектирование и производство заготовок, Обработка материалов резанием.

### 3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Ожидается, что в результате освоения дисциплины студент приобретет следующие компетенции:

#### Общепрофессиональные компетенции (ОПК)

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
<p><b>ОПК-8</b> Способен участвовать в разработке обобщенных вариантов решения проблем, связанных с машиностроительными производствами, выборе оптимальных вариантов прогнозируемых последствий решения на основе их анализа</p>	<p>З-ОПК-8 Знать: основные положения, методы и задачи проектно-конструкторской работы, обеспечивающей постановку целей проекта, его задач при заданных критериях, целевых функциях, ограничениях, разработку структуры их взаимосвязей; подход к формированию множества решений проектной задачи на структурном и конструкторском уровнях и определению приоритетов решения задач с учетом правовых, нравственных аспектов профессиональной деятельности</p> <p>У-ОПК-8 Уметь: провести анализ различных вариантов решения проблем, связанных с машиностроительными производствами, и на основе анализа прогнозируемых последствий выбрать оптимальный вариант решения проблемы</p> <p>В-ОПК-8 Владеть: практическими навыками решения проблем, связанных с машиностроительными производствами, и выбора оптимальных вариантов прогнозируемых последствий решения на основе их анализа</p>

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ\*

№ п/п	Наименование раздела /темы дисциплины	№ недели	Виды учебной работы					Максимальный балл (см. п. 5.3)
			Лекции	Практ. занятия/ семинары	Лаб. работы	СРС	Текущий контроль (форма)*	
			64	64	-	61		
<b>Семестр 4</b>								
<b>Раздел 1. Статика</b>								
1.1	Основные понятия и аксиомы статики	1-2	4	4		5	УО, ДЗ	5
1.2	Теория моментов	3-4	4	4		5	УО, ДЗ	5
1.3	Система произвольно расположенных сил	5-6	4	4		5	УО, ДЗ	5
1.4	Пространственная система сил	7-8	4	4		5	УО, ДЗ	5
	<b>Рубежный контроль</b>	<b>8</b>					<b>РПР</b>	<b>10</b>
<b>Раздел 2. Принципы сопротивления материалов при статическом нагружении</b>								
2.1	Введение	9	2	2		5	УО, ДЗ	
2.2	Центральное растяжение-сжатие	10-11	4	4		5	УО, ДЗ	5
2.3	Геометрические характеристики плоских сечений	12-13	4	4		5	УО, ДЗ	
2.4	Сдвиг и кручение	14-15	4	4		5	УО, ДЗ	
2.5	Прямой изгиб	16	2	2		4	УО, ДЗ	5
	<b>Рубежный контроль</b>	<b>16</b>					<b>РПР</b>	<b>10</b>
	<b>Промежуточная аттестация</b>					<b>Зачет</b>	<b>-</b>	<b>45</b>
	<b>Посещаемость</b>							<b>5</b>
	<b>Итого:</b>		<b>32</b>	<b>32</b>		<b>44</b>	<b>-</b>	<b>100</b>
<b>Семестр 5</b>								
<b>Раздел 3. Сложное сопротивление</b>								
3.1	Косой изгиб	1-4	16	16		5	УО, ДЗ	10
3.2	Внецентренное растяжение-сжатие	5-8	16	16		4	УО, ДЗ	10
	<b>Рубежный контроль</b>	<b>8</b>					<b>РПР</b>	<b>10</b>
<b>Раздел 4. Устойчивость. Динамическое действие нагрузок</b>								

№ п/п	Наименование раздела /темы дисциплины	№ недели	Виды учебной работы					Максимальный балл (см. п. 5.3)
			Лекции	Практ. занятия/ семинары	Лаб. работы	СРС	Текущий контроль (форма)*	
			64	64	-	61		
4.1	Устойчивость сжатого стержня	9-13	16	16		4	УО, ДЗ	5
4.2	Динамическое действие нагрузки	14-16	16	16		4	УО, ДЗ	5
Рубежный контроль		16	РПР					10
Промежуточная аттестация			Экзамен			27	45	
Посещаемость								5
Итого:			32	32	-	17	27	100

\*Сокращение наименований форм текущего, рубежного и промежуточного контроля:

УО – устный опрос

ДЗ – домашнее задание

РПР – расчетно-проектировочная работа

## 4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам (темам)

### Лекционный курс

№	Наименование раздела/ темы дисциплины	Содержание
<b>Раздел 1. Статика</b>		
1.1	Основные понятия и аксиомы статики	Введение. Основные понятия. Аксиомы статики. Связи и их реакции. Система сходящихся сил. Уравнения равновесия
1.2	Теория моментов	Момент силы относительно точки и оси. Пара сил. Сложение пар. Условие равновесия системы пар сил
1.3	Система произвольно расположенных сил	Приведение сил к центру. Главный вектор и главный момент. Уравнения равновесия. Равновесие сочлененной системы тел
1.4	Пространственная система сил	Уравнения равновесия. Система параллельных сил. Центр параллельных сил. Центр тяжести тела
<b>Раздел 2. Принципы сопротивления материалов при статическом нагружении</b>		
2.1	Введение	Основные понятия. Схематизация форм элементов, свойств материалов. Основные принципы сопротивления материалов. Внешние и внутренние силы. Метод сечений. Внутренние усилия
2.2	Центральное растяжение-сжатие	Продольная сила. Нормальные напряжения. Линейное напряженное состояние. Деформации. Закон Гука. Механические свойства материалов. Характеристики прочности. Прочностная модель типовых элементов. Расчет на прочность. Перемещения и деформации. Расчет на жесткость. Эпюры продольных сил, нормальных напряжений, линейных перемещений.
2.3	Геометрические характеристики плоских сечений	Геометрические характеристики плоских сечений. Моменты инерции. Геометрические характеристики составных сечений. Стандартные сечения.
2.4	Сдвиг и кручение	Сдвиг. Напряженное состояние чистый сдвиг. Практический расчет элементов, работающих на сдвиг. Кручение. Крутящий момент. Касательное напряжение. Угловые деформации и перемещения. Закон Гука при сдвиге. Расчет на прочность и жесткость.
2.5	Прямой изгиб	Внутренние усилия: поперечная сила, изгибающий момент, эпюры. Напряжения и деформации при изгибе. Прочностная модель элементов при изгибе. Расчет на прочность. Перемещения при изгибе. Дифференциальное уравнение изогнутой оси балки. Метод Мора
<b>Раздел 3. Сложное сопротивление</b>		
3.1	Косой изгиб	Понятие о сложном сопротивлении. Косой изгиб. Внутренние усилия. Нормальное напряжение. Нулевая линия в поперечном сечении балки. Опасные точки. Расчет на прочность при косом изгибе. Перемещения
3.2	Внецентренное растяжение-сжатие	Внутренние усилия. Нормальное напряжение в поперечном сечении стержня. Нулевая линия. Опасные точки. Расчет на прочность. Ядро сечения
<b>Раздел 4. Устойчивость. Динамическое действие нагрузок</b>		
4.1	Устойчивость сжатого	Задача Эйлера. Критическая сила. Пределы применимости



	стержня	формулы Эйлера. Гибкость стержня. Формула Ясинского. Практический расчет сжатого стержня
4.2	Динамическое действие нагрузки	Расчет элементов, движущихся с постоянным ускорением. Ударное действие нагрузки. Динамический коэффициент. Расчет на прочность при ударе

### Практические/семинарские занятия

№	Наименование раздела /темы дисциплины	Содержание
1	Изучение основных понятий и определений статики, аксиом, связей и их реакций. Владение навыками проектирования сил на оси координат и определения момента сил относительно точки и оси. Научить определять реакции связей одного и нескольких тел, составлять уравнения равновесия при действии на тело различных систем сил.	Проектирование силы на ось. Система сходящихся сил. Произвольная плоская система сил. Уравнения равновесия. Равновесие сочлененной системы тел. Произвольная пространственная система сил. Уравнения равновесия.
2	Изучение основных принципов сопротивления материалов. Владение навыками составления прочностной модели типовых элементов конструкций при различных видах статической нагрузки. Освоение методов расчета на прочность типовых элементов конструкций.	Метод сечений. Растяжение–сжатие. Определение продольной силы, построение эпюры $N$ . Нормальное напряжение при растяжении–сжатии. Условие прочности. Виды расчета на прочность. Выбор рациональных сечений. Перемещения и деформации при растяжении–сжатии. Эпюры перемещений. Расчет стержня на жесткость. Геометрические характеристики плоских сечений. Центр тяжести. Моменты инерции. Кручение. Крутящий момент. Касательное напряжение при кручении. Расчет на прочность. Прямой изгиб. Внутренние усилия, эпюры. Напряжения в поперечном сечении балки при изгибе. Методы расчета на прочность. Перемещения при изгибе. Дифференциальное уравнение изогнутой оси балки. Методы определения перемещений, метод Мора.
3	Изучение принципа независимости действия сил применительно к сложному сопротивлению. Усвоение методов расчета на прочность типовых элементов конструкций при совместном действии нескольких внутренних усилий. Оценка действия нескольких факторов нагрузки	Косой (сложный) изгиб. Определение внутренних усилий. Построение эпюр. Опасное сечение. Построение нулевой линии. Расчет на прочность. Внецентренное растяжение–сжатие. Внутренние усилия. Нормальное напряжение. Построение нулевой линии. Расчет на прочность. Построение ядра сечения.
4	Изучение основных положений теории устойчивости. Усвоение методов расчета на устойчивость сжатого стержня. Изучение теории ударного взаимодействия тел. Освоение методов расчета прямого стержня при ударной нагрузке.	Определение критической силы в зависимости от гибкости стержня. Формула Эйлера, формула Ясинского. Расчет на устойчивость с использованием коэффициента продольного изгиба. Расчет стержня на прочность при ударной нагрузке. Динамический коэффициент.

### Примерные темы практических/семинарских занятий

1.	Геометрические характеристики плоских фигур (определение центра тяжести, главных центральных осей, главных центральных моментов инерции для сложных фигур с осью симметрии и несимметричных фигур)
2.	Построение эпюр внутренних силовых факторов при растяжении (сжатии) и кручении.
3.	Построение эпюр изгибающих моментов, поперечных и продольных сил в балках при изгибе и расчет балок на прочность по нормальным напряжениям.
4.	Прочностные расчеты при растяжении (сжатии)
5.	Прочностные расчеты при изгибе
6.	Прочностные расчеты при кручении
7.	Анализ напряженного состояния в точке тела.
8.	Расчет на прочность при сложном напряженном состоянии.
9.	Расчет статически определимых плоских рам
10.	Расчет статически неопределимых систем методом сил.
11.	Расчет на усталостную прочность
12.	Расчет толстостенных труб и оболочек вращения.
13.	Проверочный и проектировочный расчеты на устойчивость
14.	Динамические задачи

#### 4.3. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы студентов

Целью самостоятельной работы студентов является формирование личности студента, развитие его способности к самообучению и повышению своего профессионального уровня.

Самостоятельная работа заключается в изучении содержания тем дисциплины по конспектам, учебникам и дополнительной литературе, в подготовке к практическим занятиям, к текущим и рубежным контролям, рейтингам и экзамену, в выполнении и оформлении расчетно-проектировочных работ.

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов:

1. Методические пособия для выполнения расчетно-проектировочных работ.
2. Методические пособия для решения задач по разделам дисциплины.
3. Лихарев К.К., Сухова Н.А. Сборник задач по курсу Сопротивление материалов - М.: Машиностроение, 1980. -224 с.
4. Буланов Э.А. Решение задач по сопротивлению материалов. - М.: Бинوم. Лаборатория знаний, 2005.- 207 с.
5. Вольмир А.С. и др. Сборник задач по сопротивлению материалов. М.: Наука, 1984.
6. Миролубов И.Н. и др. Пособие к решению задач по сопротивлению материалов- М.: Высшая школа, 1985.

## 5. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

### 5.1. Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

Раздел	Темы занятий	Компетенция	Индикаторы освоения	Текущий контроль, неделя
<b>Семестр 4</b>				
Раздел 1	Основные понятия и аксиомы статики	ОПК-8	3-ОПК-8; У-ОПК-8; В-ОПК-8	УО, ДЗ 1-2
	Теория моментов		3-ОПК-8; У-ОПК-8; В-ОПК-8	УО, ДЗ 3-4
	Система произвольно расположенных сил		3-ОПК-8; У-ОПК-8; В-ОПК-8	УО, ДЗ 5-6
	Пространственная система сил		3-ОПК-8; У-ОПК-8; В-ОПК-8	УО, ДЗ 7-8
<b>Рубежный контроль</b>		ОПК-8	3-ОПК-8; У-ОПК-8; В-ОПК-8	РПР 8
Раздел 2	Введение	ОПК-8	3-ОПК-8; У-ОПК-8; В-ОПК-8	УО, ДЗ 9
	Центральное растяжение-сжатие		3-ОПК-8; У-ОПК-8; В-ОПК-8	УО, ДЗ 10-11
	Геометрические характеристики плоских сечений		3-ОПК-8; У-ОПК-8; В-ОПК-8	УО, ДЗ 12-13
	Сдвиг и кручение		3-ОПК-8; У-ОПК-8; В-ОПК-8	УО, ДЗ 14-15
	Прямой изгиб		3-ОПК-8; У-ОПК-8; В-ОПК-8	УО, ДЗ 16
<b>Рубежный контроль</b>		ОПК-8	3-ОПК-8; У-ОПК-8; В-ОПК-8	РПР 16
<b>Промежуточная аттестация</b>		ОПК-8	3-ОПК-8; У-ОПК-8; В-ОПК-8	<b>Зачет</b>
<b>Семестр 5</b>				
Раздел 3	Косой изгиб	ОПК-8	3-ОПК-8; У-ОПК-8; В-ОПК-8	УО, ДЗ 1-4
	Внецентренное растяжение-сжатие		3-ОПК-8; У-ОПК-8; В-ОПК-8	УО, ДЗ 5-8
<b>Рубежный контроль</b>		ОПК-8	3-ОПК-8; У-ОПК-8; В-ОПК-8	РПР 8
Раздел 4	Устойчивость сжатого стержня	ОПК-8	3-ОПК-8; У-ОПК-8; В-ОПК-8	УО, ДЗ 9-13
	Динамическое действие нагрузки		3-ОПК-8; У-ОПК-8; В-ОПК-8	УО, ДЗ 14-16
<b>Рубежный контроль</b>		ОПК-8	3-ОПК-8; У-ОПК-8; В-ОПК-8	РПР 16
<b>Промежуточная аттестация</b>		ОПК-8	3-ОПК-8; У-ОПК-8; В-ОПК-8	<b>Экзамен</b>

## **5.2. Примерные контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**

### **5.2.1. Оценочные средства для текущего контроля**

#### **5.2.1.1. Примерные вопросы для устного опроса (УО)**

1. Внутренние силовые факторы в стержне при центральном растяжении-сжатии.
2. Нормальная сила, дифференциальная зависимость ее от внешней нагрузки, нормальные напряжения в поперечных сечениях.
3. Гипотеза плоских сечений.
4. Продольные и поперечные деформации, коэффициент Пуассона.
5. Закон Гука при одноосном растяжении-сжатии.
6. Перемещения поперечных сечений стержня и его удлинение.
7. Потенциальная энергия деформации.
8. Критерии предельных состояний (прочности).
9. Теория наибольших нормальных напряжений.
10. Теория наибольших относительных удлинений.
11. Теория максимальных касательных напряжений.
12. Теория удельной потенциальной энергии изменения формы.
13. Теория Мора.
14. Экспериментальное определение механических характеристик материалов при центральном растяжении-сжатии.
15. Диаграмма условная и истинная.
16. Механические характеристики материала.
17. Пластические и хрупкие материалы.
18. Закон разгрузки и повторного нагружения.
19. Понятие статически неопределимой системы.
20. Расчет статически неопределимой системы при действии внешней нагрузки.
21. Температурные напряжения.
22. Монтажные усилия.
23. Изменение моментов инерции при параллельном переносе и повороте осей координат.
24. Главные оси и главные моменты инерции.
25. Моменты инерции простых фигур.
26. Определение перемещений при изгибе.
27. Интегрирование дифференциального уравнения упругой линии.
28. Виды изгиба стержня.

29. Внутренние силовые факторы и дифференциальные зависимости при прямом поперечном изгибе.
30. 2. Определяющие уравнения теории расчета осесимметричных толстостенных труб.
31. Задача Ламе.
32. Расчет толстостенной трубы, нагруженной внутренним (внешним) давлением.
33. Нормальные напряжения при чистом изгибе.
34. Понятие потери устойчивости для идеального стержня.
35. Критическая сила.
36. Задача Эйлера.
37. Пределы применимости формулы Эйлера.
38. Нормальные и касательные напряжения при прямом поперечном изгибе.
39. Формула Журавского.
40. Основные этапы расчета статически неопределимых систем.
41. Необходимые и лишние связи.
42. Эквивалентная и основная системы.
43. Канонические уравнения метода сил.
44. Коэффициенты канонических уравнений.
45. Явление сдвига.
46. Чистый сдвиг.
47. Анализ напряженного состояния при чистом сдвиге.
48. Связь между модулями упругости первого и второго рода и коэффициентом Пуассона.
49. Расчет тонкостенных осесимметричных оболочек по безмоментной теории.
50. Внутренние силовые факторы при кручении.
51. Классификация поперечных сечений стержней.
52. Кручение стержня (бруса) круглого поперечного сечения.
53. Определение перемещений при изгибе.
54. Энергетический способ определения перемещений.
55. Пример определения перемещений консольной балки в точке приложения сосредоточенной силы.
56. Напряженное состояние в точке тела.
57. Тензор напряжений.
58. Компоненты вектора полного напряжения на произвольной площадке, проходящей через данную точку.
59. Главные площадки и главные напряжения.
60. Теорема о взаимности работ.

61. Теорема Кастельяно.
62. Метод Мора.
63. Правило Верещагина.
64. Пример определения линейного и углового перемещений в точке приложения сосредоточенной силы на конце консольной балки.
65. Эллипсоид напряжений.
66. Экстремальные касательные напряжения и площадки их действия.
67. Круговая диаграмма Мора.
68. Классификация напряженных состояний.
69. Понятие удара.
70. Механические процессы, сопровождающие удар.
71. Техническая теория удара.
72. Удар по системе без учета массы системы.
73. Удар по системе, масса которой сосредоточена в точке удара.
74. Приведение массы системы в точку удара.
75. Деформированное состояние в точке тела.
76. Тензор деформаций.
77. Аналогия между напряженным и деформированным состояниями.
78. Явление усталости.
79. Цикл напряжений и предел выносливости.
80. Кривые усталости.
81. Влияние различных факторов на предел выносливости.
82. Диаграммы предельных напряжений.
83. Определение запасов прочности при циклическом нагружении.
84. Обобщенный закон
85. Гука для изотропного материала.
86. Удельная потенциальная энергия деформации, энергии изменения объема и формы.
87. Полная кривая усталости.
88. Малоцикловая усталость.
89. Косой изгиб.
90. Эллипсоид напряжений.
91. Круговая диаграмма напряжений (Круги Мора).
92. Определение перемещений при изгибе.
93. Дифференциальное уравнение упругой линии и его интегрирование.
94. Универсальное уравнение упругой линии.

95. Плоское напряженное состояние.
96. Внецентренное растяжение –сжатие.
97. Ядро сечения.
98. Потенциальная энергия деформации при сложном напряженном состоянии.
99. Эллипсоид напряжений.
100. Экстремальные касательные напряжения и площадки их действия.
101. Круговая диаграмма Мора.
102. Классификация напряженных состояний.
103. Основные этапы расчета статически неопределимых систем.
104. Необходимые и лишние связи.
105. Эквивалентная и основная системы.
106. Канонические уравнения метода сил.
107. Коэффициенты канонических уравнений.

#### **5.2.1.2. Примерные вопросы для домашнего задания (ДЗ)**

1. Расчет на прочность при растяжении.
2. Определение геометрических характеристик поперечного сечения бруса
3. Расчет статически неопределимых систем при растяжении.
4. Расчет валов на прочность и жесткость при кручении.
5. Расчет на прочность балок при изгибе.
6. Расчет на прочность бруса при сложном напряженном состоянии.
7. Исследование сложного напряженно-деформированного состояния окрестности точки деформируемого твердого тела
8. Определение напряжений в многослойной трубе.
9. Расчет на прочность при динамических нагрузках.
10. Расчет продольно сжатых стержней на устойчивость.

#### **5.2.2. Оценочные средства для рубежного контроля**

##### **5.2.2.1. Примерные задания для расчетно-проектировочной работы (РПР)**

1. Расчетно-проектировочная работа № 1. Определение реакций опор балок, рам, составной конструкции.
2. Расчетно-проектировочная работа № 2. Расчет прямых стержней на прочность при растяжении-сжатии, кручении и прямом изгибе.
3. Расчетно-проектировочная работа № 3. Сложное сопротивление: кривой изгиб, внецентренное сжатие. Устойчивость сжатого стержня.

### 5.2.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации

#### 5.2.3.1 Примерные вопросы к зачету

1. Внутренние силовые факторы в стержне при центральном растяжении-сжатии.
2. Нормальная сила, дифференциальная зависимость ее от внешней нагрузки, нормальные напряжения в поперечных сечениях.
3. Гипотеза плоских сечений.
4. Продольные и поперечные деформации, коэффициент Пуассона.
5. Закон Гука при одноосном растяжении-сжатии.
6. Перемещения поперечных сечений стержня и его удлинение.
7. Потенциальная энергия деформации.
8. Критерии предельных состояний (прочности).
9. Теория наибольших нормальных напряжений.
10. Теория наибольших относительных удлинений.
11. Теория максимальных касательных напряжений.
12. Теория удельной потенциальной энергии изменения формы.
13. Теория Мора.
14. Экспериментальное определение механических характеристик материалов при центральном растяжении-сжатии.
15. Диаграмма условная и истинная.
16. Механические характеристики материала.
17. Пластические и хрупкие материалы.
18. Закон разгрузки и повторного нагружения.
19. Понятие статически неопределимой системы.
20. Расчет статически неопределимой системы при действии внешней нагрузки.
21. Температурные напряжения.
22. Монтажные усилия.
23. Изменение моментов инерции при параллельном переносе и повороте осей координат.
24. Главные оси и главные моменты инерции.
25. Моменты инерции простых фигур.
26. Определение перемещений при изгибе.
27. Интегрирование дифференциального уравнения упругой линии.
28. Виды изгиба стержня.
29. Внутренние силовые факторы и дифференциальные зависимости при прямом поперечном изгибе.
30. Определяющие уравнения теории расчета осесимметричных толстостенных труб.



31. Задача Ламе.
32. Расчет толстостенной трубы, нагруженной внутренним (внешним) давлением.
33. Нормальные напряжения при чистом изгибе.
34. Понятие потери устойчивости для идеального стержня.
35. Критическая сила.
36. Задача Эйлера.
37. Пределы применимости формулы Эйлера.
38. Нормальные и касательные напряжения при прямом поперечном изгибе.
39. Формула Журавского.
40. Основные этапы расчета статически неопределимых систем.
41. Необходимые и лишние связи.
42. Эквивалентная и основная системы.
43. Канонические уравнения метода сил.
44. Коэффициенты канонических уравнений.
45. Явление сдвига.
46. Чистый сдвиг.
47. Анализ напряженного состояния при чистом сдвиге.
48. Связь между модулями упругости первого и второго рода и коэффициентом Пуассона.
49. Расчет тонкостенных осесимметричных оболочек по безмоментной теории.
50. Внутренние силовые факторы при кручении.
51. Классификация поперечных сечений стержней.
52. Кручение стержня (бруса) круглого поперечного сечения.
53. Определение перемещений при изгибе.
54. Энергетический способ определения перемещений.
55. Пример определения перемещений консольной балки в точке приложения сосредоточенной силы.
56. Напряженное состояние в точке тела.
57. Тензор напряжений.
58. Компоненты вектора полного напряжения на произвольной площадке, проходящей через данную точку.
59. Главные площадки и главные напряжения.
60. Теорема о взаимности работ.
61. Теорема Кастельяно.
62. Метод Мора.
63. Правило Верещагина.

64. Пример определения линейного и углового перемещений в точке приложения сосредоточенной силы на конце консольной балки.
65. Эллипсоид напряжений.
66. Экстремальные касательные напряжения и площадки их действия.
67. Круговая диаграмма Мора.
68. Классификация напряженных состояний.
69. Понятие удара.
70. Механические процессы, сопровождающие удар.
71. Техническая теория удара.
72. Удар по системе без учета массы системы.
73. Удар по системе, масса которой сосредоточена в точке удара.
74. Приведение массы системы в точку удара.
75. Деформированное состояние в точке тела.
76. Тензор деформаций.
77. Аналогия между напряженным и деформированным состояниями.
78. Явление усталости.
79. Цикл напряжений и предел выносливости.
80. Кривые усталости.
81. Влияние различных факторов на предел выносливости.
82. Диаграммы предельных напряжений.
83. Определение запасов прочности при циклическом нагружении.
84. Обобщенный закон
85. Гука для изотропного материала.
86. Удельная потенциальная энергия деформации, энергии изменения объема и формы.
87. Полная кривая усталости.
88. Малоцикловая усталость.
89. Косой изгиб.
90. Эллипсоид напряжений.
91. Круговая диаграмма напряжений (Круги Мора).
92. Определение перемещений при изгибе.
93. Дифференциальное уравнение упругой линии и его интегрирование.
94. Универсальное уравнение упругой линии.
95. Плоское напряженное состояние.
96. Внецентренное растяжение – сжатие.
97. Ядро сечения.

98. Потенциальная энергия деформации при сложном напряженном состоянии.
99. Эллипсоид напряжений.
100. Экстремальные касательные напряжения и площадки их действия.
101. Круговая диаграмма Мора.
102. Классификация напряженных состояний.
103. Основные этапы расчета статически неопределимых систем.
104. Необходимые и лишние связи.
105. Эквивалентная и основная системы.
106. Канонические уравнения метода сил.
107. Коэффициенты канонических уравнений.

### **5.2.3.2 Примерные вопросы к экзамену**

1. Внутренние силовые факторы в стержне при центральном растяжении-сжатии.
2. Нормальная сила, дифференциальная зависимость ее от внешней нагрузки, нормальные напряжения в поперечных сечениях.
3. Гипотеза плоских сечений.
4. Продольные и поперечные деформации, коэффициент Пуассона.
5. Закон Гука при одноосном растяжении-сжатии.
6. Перемещения поперечных сечений стержня и его удлинение.
7. Потенциальная энергия деформации.
8. Критерии предельных состояний (прочности).
9. Теория наибольших нормальных напряжений.
10. Теория наибольших относительных удлинений.
11. Теория максимальных касательных напряжений.
12. Теория удельной потенциальной энергии изменения формы.
13. Теория Мора.
14. Экспериментальное определение механических характеристик материалов при центральном растяжении-сжатии.
15. Диаграмма условная и истинная.
16. Механические характеристики материала.
17. Пластические и хрупкие материалы.
18. Закон разгрузки и повторного нагружения.
19. Понятие статически неопределимой системы.
20. Расчет статически неопределимой системы при действии внешней нагрузки.
21. Температурные напряжения.

22. Монтажные усилия.
23. Изменение моментов инерции при параллельном переносе и повороте осей координат.
24. Главные оси и главные моменты инерции.
25. Моменты инерции простых фигур.
26. Определение перемещений при изгибе.
27. Интегрирование дифференциального уравнения упругой линии.
28. Виды изгиба стержня.
29. Внутренние силовые факторы и дифференциальные зависимости при прямом поперечном изгибе.
30. 2. Определяющие уравнения теории расчета осесимметричных толстостенных труб.
31. Задача Ламе.
32. Расчет толстостенной трубы, нагруженной внутренним (внешним) давлением.
33. Нормальные напряжения при чистом изгибе.
34. Понятие потери устойчивости для идеального стержня.
35. Критическая сила.
36. Задача Эйлера.
37. Пределы применимости формулы Эйлера.
38. Нормальные и касательные напряжения при прямом поперечном изгибе.
39. Формула Журавского.
40. Основные этапы расчета статически неопределимых систем.
41. Необходимые и лишние связи.
42. Эквивалентная и основная системы.
43. Канонические уравнения метода сил.
44. Коэффициенты канонических уравнений.
45. Явление сдвига.
46. Чистый сдвиг.
47. Анализ напряженного состояния при чистом сдвиге.
48. Связь между модулями упругости первого и второго рода и коэффициентом Пуассона.
49. Расчет тонкостенных осесимметричных оболочек по безмоментной теории.
50. Внутренние силовые факторы при кручении.
51. Классификация поперечных сечений стержней.
52. Кручение стержня (бруса) круглого поперечного сечения.
53. Определение перемещений при изгибе.
54. Энергетический способ определения перемещений.

55. Пример определения перемещений консольной балки в точке приложения сосредоточенной силы.
56. Напряженное состояние в точке тела.
57. Тензор напряжений.
58. Компоненты вектора полного напряжения на произвольной площадке, проходящей через данную точку.
59. Главные площадки и главные напряжения.
60. Теорема о взаимности работ.
61. Теорема Кастельяно.
62. Метод Мора.
63. Правило Верещагина.
64. Пример определения линейного и углового перемещений в точке приложения сосредоточенной силы на конце консольной балки.
65. Эллипсоид напряжений.
66. Экстремальные касательные напряжения и площадки их действия.
67. Круговая диаграмма Мора.
68. Классификация напряженных состояний.
69. Понятие удара.
70. Механические процессы, сопровождающие удар.
71. Техническая теория удара.
72. Удар по системе без учета массы системы.
73. Удар по системе, масса которой сосредоточена в точке удара.
74. Приведение массы системы в точку удара.
75. Деформированное состояние в точке тела.
76. Тензор деформаций.
77. Аналогия между напряженным и деформированным состояниями.
78. Явление усталости.
79. Цикл напряжений и предел выносливости.
80. Кривые усталости.
81. Влияние различных факторов на предел выносливости.
82. Диаграммы предельных напряжений.
83. Определение запасов прочности при циклическом нагружении.
84. Обобщенный закон
85. Гука для изотропного материала.
86. Удельная потенциальная энергия деформации, энергии изменения объема и формы.

87. Полная кривая усталости.
88. Малоцикловая усталость.
89. Косой изгиб.
90. Эллипсоид напряжений.
91. Круговая диаграмма напряжений (Круги Мора).
92. Определение перемещений при изгибе.
93. Дифференциальное уравнение упругой линии и его интегрирование.
94. Универсальное уравнение упругой линии.
95. Плоское напряженное состояние.
96. Внецентренное растяжение –сжатие.
97. Ядро сечения.
98. Потенциальная энергия деформации при сложном напряженном состоянии.
99. Эллипсоид напряжений.
100. Экстремальные касательные напряжения и площадки их действия.
101. Круговая диаграмма Мора.
102. Классификация напряженных состояний.
103. Основные этапы расчета статически неопределимых систем.
104. Необходимые и лишние связи.
105. Эквивалентная и основная системы.
106. Канонические уравнения метода сил.
107. Коэффициенты канонических уравнений.

### **5.3. Шкалы оценки образовательных достижений**

Рейтинговая оценка знаний является интегральным показателем качества теоретических и практических знаний и навыков студентов по дисциплине и складывается из оценок, полученных в ходе текущего контроля и промежуточной аттестации.

Результаты текущего контроля и промежуточной аттестации подводятся по шкале балльно-рейтинговой системы.

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Сумма баллов	Оценка по 4-ех балльной шкале	Оценка ECTS	Требования к уровню освоению учебной дисциплины
90-100	5 – «отлично»	A	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы.
85-89	4 – «хорошо»	B	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
75-84		C	
70-74		D	
65-69	3 – «удовлетворительно»	E	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.
60-64			
Ниже 60	2 – «неудовлетворительно»	F	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

### ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. Дарков А.В., Шпиро Г.С. Сопротивление материалов.-М.: Высшая школа, 1989.-622с.
2. Феодосьев В.И. Сопротивление материалов. - М.: изд. МГТУ, 1999. -591с..
3. Степин П.А. Сопротивление материалов - М.: ИНТЕГРАЛ-ПРЕСС, 1997.-320 с.
4. Кочетов В.Т., Кочетов М.В., Павленко А.Д. Сопротивление материалов. - СПб.: БХВ-Петербург, 2004.- 544 с.

5. Миролубов И.Н. и др. Пособие к решению задач по сопротивлению материалов - М.: Высшая школа, 1985. -399 с
6. Алтуфьев Б.А. и др. Сборник задач по сопротивлению материалов с теорией и примерами.- М.: Физматлит, 2003.- 632с.
7. Ицкович Г.М., Минин Л.С., Винокуров А.И. Руководство к решению задач по сопротивлению материалов - М.: Высшая школа, 1999. -592 с.
8. Ф.З.Алмазов, С.И.Арсеньев, Н.А.Курицын, А.М.Мишин. Расчетные и курсовые работы по сопротивлению материалов. С.Петербург, М, Краснодар, 2005.
9. Л. С. Минин и др. Расчетные и тестовые задания по сопротивлению материалов. М., Высшая школа, 2003.
10. Лабораторный практикум по курсу « Сопротивление материалов» .Руководство пользователя. Компания National Instruments. 2015 г.

#### **ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:**

1. Александров А.В., Потапов В.Д., Державин Б.П. Сопротивление материалов. - М.: Высшая школа, 2004.- 560 с.
2. Биргер И.А., Мавлютов Р.Р. Сопротивление материалов - М.: Изд. МАИ, 1994.-511 с.
3. Долинский Ф.В., Михайлов М.Н. Краткий курс сопротивления материалов -М.: Высшая школа, 1988. -437 с.
4. Заславский Б.В. Краткий курс сопротивления материалов М.: Машиностроение, 1986.-328 с.
5. Работнов Ю.Н. Механика деформируемого твердого тела. - М.: Физматлит Наука, 1979. -744 с.
6. Ю.Тимошенко С.П., Гере Дж. Механика материалов. - М.: Мир, 1976. 669 с.
7. Лихарев К.К., Сухова Н.А. Сборник задач по курсу Сопротивление материалов - М.: Машиностроение, 1980. -224 с.
8. Беляев Н.М. Сопротивление материалов. - М.: Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1954.- 856 с.
9. Буланов Э.А. Решение задач по сопротивлению материалов. - М.: Бином. Лаборатория знаний, 2005.- 207 с.
10. Писаренко Г.С. и др. Сопротивление материалов. - Киев, Высшая школа, 1986.
11. Вольмир А.С. и др. Сборник задач по сопротивлению материалов. М.: Наука, 1984.
12. Миролубов И.Н. и др. Пособие к решению задач по сопротивлению материалов- М.: Высшая школа, 1985.



## **ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:**

1. Windows

## **LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:**

1. Национальная платформа открытого образования

## **7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Аудитории СарФТИ, лабораторное оборудование кафедр ОТДиЭ ФИТЭ.

## **8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

В соответствии с требованиями ОС ВО по направлению подготовки 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств реализация компетентностного подхода предусматривает широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков студентов.

В рамках учебного курса студенты работают с лекциями, рекомендованной литературой, выполняют практические работы, готовятся к зачету и к экзамену. В процессе подготовки студенты используют программные продукты, инструментальные среды, информационно-справочные системы, информационные источники, размещенные в сети Интернет (официальные сайты, веб-порталы, тематические форумы и телекоммуникации), электронные учебники и учебно-методические пособия.

По дисциплине «Сопротивление материалов» в рабочем учебном плане предусмотрены интерактивные часы для проведения практических занятий и лабораторных работ. Для реализации интерактивных форм обучения используются учебно-методические материалы, разработанные сотрудниками кафедры «Технологии специального машиностроения».

## **9. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ СТУДЕНТАМ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Учебным планом на изучение дисциплины отводится два семестра. В конце четвертого семестра предусмотрен зачет, в конце пятого - экзамен.

Данная программа включает изучение основных разделов дисциплины «Сопротивление материалов». Она реализуется в форме лекций, практических занятий, расчетно-проектировочных работ, консультаций, в форме самостоятельной работы студентов,

закрывающейся в проработке материалов лекционного курса, подготовке к практическим работам, выполнение домашних заданий.

В рабочую программу курса сопротивления материалов включаются основные вопросы статики, динамики и кинематики. При отборе материала необходимо обеспечить целостность курса и изложить в нем основные идеи, понятия и методы сопротивления материалов.

При преподавании дисциплины методически целесообразно в каждом разделе курса выделить наиболее важные моменты и акцентировать на них внимание студентов.

Лекция является одним из основных источников знаний, так как она содержит в себе информацию в обобщенном и законченном виде, и в этом заключается ее важное познавательное значение. К методике чтения лекций необходимо предъявлять следующие требования: доступность и последовательность изложения, выделение главного, связь нового материала с ранее изученной тематикой.

При чтении лекции по курсу «Сопротивления материалов» лектору постоянно приходится делать на доске математические выкладки. Стремясь быстрее записать эти выкладки в конспект, некоторые студенты в процессе записи не вникают в сущность полученных лектором зависимостей. Поэтому рекомендуется на лекциях излагать только принципиальные вопросы вывода используемых соотношений и более подробно объяснять применение этих соотношений при расчетах на прочность. Наиболее трудоемкие вопросы вывода расчетных соотношений студенты должны изучать самостоятельно. Основное внимание следует уделить практическим вопросам применения теоретического материала.

В начале лекционного курса лектор должен указать и охарактеризовать основную литературу, выделив при этом учебник как обязательное руководство, подчеркнув, что лекция и учебник служат основой для самостоятельной работы студентов. Несмотря на то, что конспектирование лекции активизирует мыслительный процесс и является совершенно обязательным, нельзя ориентировать студентов на изучение курса по конспекту, который не может заменить собой учебника.

Качество и глубина усвоения студентами курса «Сопротивления материалов» всецело зависят от их систематической работы в семестре по изучению теоретического материала и от полученных ими навыков в решении задач. Поэтому в самостоятельную работу студентов в семестре должны входить изучение теоретического материала курса по учебнику, ознакомление с методикой и особенностью решения примеров, приведенных в учебниках, выполнение индивидуальных заданий (расчетно-проектировочных работ).

Преподавателю, ведущему практические занятия, необходимо проверять подготовку студента к каждому занятию. Тогда студенты приучаются регулярно изучать теоретический

материал и со вниманием разбирать примеры, решенные в учебнике; таким образом, учебник становится для них совершенно необходимым пособием в учебе.

Прием домашних заданий осуществляется в рамках часов, запланированных на прием домашних заданий, и при проведении консультаций, семинаров и лабораторных работ. Студент, не сдавший домашнее задание и практические работы, к экзамену не допускается, его ответ на экзамене оценивается неудовлетворительно без опроса по теории. Перед сдачей экзаменов студент должен представить преподавателю тетрадь семинарских занятий с решенными задачами, разбираемыми на этих занятиях и задававшимися на дом. Если студент в установленные сроки не представлял решенные им задачи, то прием задач производится на консультации перед экзаменом или во время экзамена.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ВО НИЯУ МИФИ к обязательному минимуму содержания основной образовательной программы по направлению 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств.

**Программу составил:** доцент кафедры ТиЭМ, к.ф.-м.н., доцент

М.А. Сырунин

**Рецензент:** зав. кафедрой ОТДиЭ, к.ф.-м.н., доцент

Ю.В. Батьков