

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г. ШУХОВА»**  
(БГТУ им. В.Г. Шухова)



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

дисциплины

**Сопротивление материалов**

специальность:

15.05.01 Проектирование технологических машин и комплексов

специализация:

15.05.01-10 Проектирование технологических комплексов  
механосборочных производств

Квалификация

инженер

Форма обучения

Очная

**Институт:** Инженерно-строительный

**Кафедра:** Теоретической механики и сопротивления материалов

Белгород – 2021


Рабочая программа составлена на основании требований:

▪ Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по специальности 15.05.01 «Проектирование технологических машин и комплексов», утвержденное приказом Министерства образования и науки РФ от 28 октября 2016 г. № 1343

▪ плана учебного процесса БГТУ им. В.Г. Шухова, введенного в действие в 2021 году.

Составитель: к.т.н., доцент  С.В.Клюев

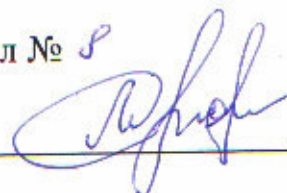
Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой Технологии машиностроения

Заведующий кафедрой: д-р. техн. наук, доцент  (Т.А. Дююн)

«14» 05 2021 г.

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры Теоретической механики и сопротивления

«12» 05 2021 г. протокол № 8

Заведующий кафедрой: к.т.н., доц.  А.Н.Дегтярь

Рабочая программа одобрена методической комиссией инженерно-строительного института

«19» мая 2021 г. протокол № 6

Председатель 

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

### 1.1. Цели освоения дисциплины.

Общеобразовательная цель дисциплины «Соппротивление материалов» – освоение прикладной механики деформируемого твердого тела, которая служит фундаментом для грамотного проектирования, строительства и эксплуатации зданий и сооружений.

Развивающая цель: развитие у обучающихся стремления к саморазвитию, к повышению кругозора по вопросам изучаемой дисциплины.

Воспитательная цель: воспитание осознания социальной значимости своей профессии и необходимости осуществления профессиональной деятельности на основе моральных и правовых норм.

### 1.2. Задачи изучения дисциплины

Задачей дисциплины является изучение основных законов деформирования упругих твердых тел.

После изучения дисциплины студент должен знать: основные законы деформирования упругих твердых тел

После изучения дисциплины студент должен уметь:

1. Правильно выбирать расчетную схему.
2. Вычислять внутренние усилия в стержнях.
3. Проводить оценку прочности, жесткости и устойчивости стержней.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

### 2.1. Перечень дисциплин, знание которых необходимо при изучении данной дисциплины.

Наименование дисциплины (модуля)	Наименование разделов (тем)
Математика	Основные понятия и методы: математического анализа; аналитической геометрии и матричной алгебры. Аналитическое и численное решение обыкновенных дифференциальных уравнений. Аналитическое и численное решение алгебраических уравнений. Числовые и функциональные ряды.
Теоретическая механика	Статика. Система сходящихся сил. Плоская система сил. Система сил, произвольно расположенных в пространстве. Динамика. Дифференциальные уравнения движения материальной точки. Свободные, вынужденные, затухающие колебания. Резонанс. Принцип Даламбера. Принцип возможных перемещений.

Физика	Физические основы механики. Фундаментальные законы естествознания. Понятие состояния в классической механике.
Информатика	Программирование и использование возможностей вычислительной техники и программного обучения.

## 2.2 Перечень дисциплин, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее).

Наименование дисциплины	Наименование разделов
Теория механизмов и машин; Детали машин и основы конструирования.	Растяжение и сжатие Изгиб прямых брусьев Кручение Теории прочности Расчет вала при совместном изгибе, кручении и растяжении (сжатии). Динамика стержней с одной степенью свободы Прочность при переменных напряжениях

## 3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

Наименование компетенции	Код компетенции
способностью использовать основные закономерности, действующие в процессе изготовления машиностроительной продукции для производства изделий требуемого качества, заданного количества при наименьших затратах общественного труда	ПК-1
способностью использовать прикладные программные средства при решении практических задач профессиональной деятельности, методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей материалов и готовых машиностроительных изделий, стандартные методы их проектирования, прогрессивные методы эксплуатации изделий	ПК-3

Наименование компетенции	Код компетенции
способность собирать и анализировать исходные информационные данные для проектирования технологических процессов изготовления машиностроительной продукции, средств технологического оснащения, автоматизации и управления	ПК-5
способностью участвовать в разработке обобщенных вариантов решения проблем, связанных с машиностроительными производствами, выборе на основе анализа вариантов оптимального, прогнозировании последствий решения	ПК-7

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

– знать основы теории напряженного и деформированного состояния; гипотезы прочности; условия прочности, жесткости и устойчивости; расчетные формулы для определения напряжений и деформаций деталей, узлов и агрегатов машин, элементов их конструкций; механические свойства и характеристики материалов; вопросы выбора допускаемых напряжений и коэффициентов запаса прочности;

– уметь: определять внутренние силовые факторы и строить их эпюры; производить расчеты на прочность, жесткость и устойчивость; оценивать эксплуатационную надежность деталей машин и элементов их конструкций, правильно выбирать конструкционные материалы, обладающие требуемыми показателями надежности, экономичности;

– владеть: навыками расчета элементов деталей машин и механизмов на прочность, жесткость, устойчивость; навыками ведения физического эксперимента.

#### 4. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЩЕЙ ТРУДОЕМКОСТИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Общая трудоемкость дисциплины 9 ЗЕ

Вид учебной работы	Обозначение	Всего часов	Семестр № 3		Семестр № 4	
			Всего часов	В неделю	Всего часов	В неделю
Общая трудоемкость дисциплины, час		324	144	8	180	10
<b>Аудиторные занятия, в т.ч.:</b>		144	72	4	72	4
лекции	Л	72	36	2	36	2
лабораторные	ЛЗ	36	18	1	18	1
практические	ПЗ	36	18	1	18	1
семинары	СЗ					
УИРС	УИРС					
консультации	К					
<b>Самостоятельная работа студентов, в том числе:</b>	СРС	180	72	4	108	6
Курсовой проект	КП					
Курсовая работа	КР					
Расчетно-графические задания	РГЗ	27	18	1	9	0,5
Контрольные работы	Кр					
Рефераты	Р					
<i>Другие виды самостоятельной работы</i>	ДВСР	117	54	3	63	3,5
Под контролем преподавателя (в аудитории)	КСР					
Промежуточная аттестация (зачет, экзамен)	зачет (З)		3			
	зачет с оценкой (ЗО)					
	экзамен (Э)	36			36	

## 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Наименование тем, их содержание и объем

Курс 2 Семестр № 3

№ п/п	Наименование раздела (модуля)	К-во лекционных часов	Объем на тематический раздел, час		
			Практические и др. занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
1	2	3	4	5	6
<b>1. Введение</b>					
1	Задачи курса. Расчетные схемы конструкций. Основные гипотезы. Внешние силы и их классификация. Внутренние силы. Метод сечений. Построение эпюр внутренних силовых факторов в балках, в плоских и пространственных рамах, плоских кривых брусках. Напряжение полное, нормальное и касательное. Выражение внутренних силовых факторов через напряжения. Деформации линейные и угловые. Демонстрация фрагмента разрушения Такомоского моста из видеофильма «Введение в сопротивление материалов».	4	2	6	9
<b>2. Геометрические характеристики плоских сечений</b>					
2	Статические моменты сечения. Моменты инерции, радиусы инерции. Моменты инерции простейших сечений. Моменты инерции относительно параллельных осей. Изменение моментов инерции при повороте осей. Понятие о стандартных прокатных профилях.	3	3	-	8
<b>3. Растяжение и сжатие</b>					
3	Осевое растяжение и сжатие прямого бруса. Деформации продольные и поперечные. Коэффициент Пуассона. Закон Гука. Расчет по допускаемым напряжениям и допускаемым нагрузкам. Коэффициент запаса прочности. Типы задач при расчете на прочность: проверка на прочность, подбор сечений, определение допускаемой нагрузки. Понятие о рациональных конструкциях. Принцип равнопрочности при проектировании конструкций. Статически определимые и статически неопределимые системы. Потенциальная энергия деформации.	5	3	2	7

<b>4. Теория напряженного состояния</b>					
4	Линейное, плоское и объемное напряженное состояние. Компоненты напряжений и их обозначения. Закон парности касательных напряжений. Напряжения на наклонной площадке. Главные напряжения. Инварианты напряжений. Максимальные касательные напряжения. Обобщенный закон Гука. Удельная энергия изменения объема и изменения Формы.	4	3	-	7
<b>5. Изгиб прямых брусьев</b>					
5	Поперечный и чистый изгиб. Правила знаков для изгибающих моментов и поперечных сил. Дифференциальные зависимости при изгибе. Нормальные напряжения при чистом и поперечном изгибе. Моменты сопротивления. Касательные напряжения. Главные напряжения. Расчеты на прочность при изгибе. Рациональные сечения балок. Балки равного сопротивления. Дифференциальное уравнение упругой линии. Метод непосредственного интегрирования. Граничные условия. Метод начальных параметров и метод конечных разностей. Потенциальная энергия деформации. Демонстрация видеофильма «Изгиб прямого бруса».	12	5	8	9
<b>6. Кручение</b>					
6	Исследование чистого сдвига при кручении тонкостенных стержней кругового сечения. Напряжения в поперечных и продольных сечениях. Закон парности касательных напряжений. Главные напряжения при чистом сдвиге. Закон Гука при сдвиге. Модуль сдвига. Зависимость между тремя упругими постоянными для изотропного тела. Диаграмма сдвига. Потенциальная энергия деформации при сдвиге. Кручение бруса круглого поперечного сечения. Напряжения и деформации при кручении. Полярные моменты сопротивления. Расчет сплошного и концентрически пустотелого бруса на прочность и жесткость. Статически неопределимые задачи при кручении. Кручение некругового сечения. Понятие о гидродинамической и мембранной аналогиях.	5	2	-	5



<b>7. Теории прочности</b>					
7	Назначение теорий прочности. Эквивалентное напряжение. Теории прочности Галилея, Мариотта и Кулона. Энергетическая теория прочности. Теория прочности Мора для материалов неодинаково сопротивляющихся растяжению и сжатию.	2	-	-	4
<b>8. Экспериментальные методы</b>					
8	Классификация экспериментальных методов. Измерение деформаций с помощью тензорезисторов. Определение напряжений по результатам измерения деформации. Метод хрупких лаковых покрытий. Основы поляризационно-оптического метода. Демонстрация видеофильма «Экспериментальные методы исследования напряжений и деформаций».	1	-	-	5
ВСЕГО		36	18	16	54

#### Курс 2 Семестр № 4

№ п/п	Наименование раздела (модуля)	К-во лекционных часов	Объем на тематический раздел, час		
			Практические и др. занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
1	2	3	4	5	6
<b>9. Сложное сопротивление</b>					
9	Изгиб с растяжением и сжатием. Расчет вала при совместном изгибе, кручении и растяжении (сжатии). Изгиб в двух плоскостях (косой изгиб). Внецентренное растяжение и сжатие.	8	6	10	22
<b>10. Потенциальная энергия деформации и методы определения перемещений</b>					
10	Потенциальная энергия деформации бруса при произвольной нагрузке. Теорема о взаимности работ и взаимности перемещений. Теорема Кастилиано. Интегралы Мора. Способ Верещагина.	6	2	8	5
<b>11. Статически неопределимые системы</b>					
11	Анализ структуры плоских стержневых систем. Метод сил. Рациональный выбор основной системы. Канонические уравнения.	4	4	-	16
<b>12. Устойчивость сжатых стержней</b>					
12	Понятия об устойчивых и неустойчивых формах равновесия. Формулы Эйлера и Ясинского и пределы их применимости. Расчет сжатых стержней на устойчивость по коэффициенту уменьшения основного допускаемого напряжения.	6	2	-	6

<b>13. Динамика стержней с одной степенью свободы</b>					
13	Собственные и вынужденные колебания стержней. Критическая скорость вала. Поперечный и продольный удар груза о стержень. Определение напряжений при поступательном и вращательном движении.	3	2	-	6
<b>14. Прочность при переменных напряжениях</b>					
14	Усталость металлов. Циклы. Характеристики циклов. Предел выносливости при симметричном и несимметричном циклах. Факторы, влияющие на усталостную прочность (концентрация напряжений, состояние поверхности, размеры детали). Запас усталостной прочности. Демонстрация фильма «Прочность при напряжениях переменных во времени».	6	2	-	8
	<b>ВСЕГО</b>	<b>36</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>63</b>

**5.2. Перечень практических (семинарских) занятий.  
Их содержание и объем в часах (аудиторных).**

**Курс 2 Семестр № 3**

№ п/п	Тема практического (семинарского) занятия	К-во часов
1	Определение реакций в опорах балок, рам	2
2	Построение эпюр ВСФ в балках	2
3	Построение эпюр ВСФ в плоских рамах	2
4	Контрольная работа	2
5	Построение эпюр ВСФ в валах	2
6	Определение геометрических характеристик простейших плоских сечений	2
7	Подбор сечений при изгибе. Рациональные сечения.	2
8	Полный расчет на прочность при изгибе.	4
9	Определение перемещений при изгибе	2
	<b>ИТОГО</b>	<b>18</b>

## Курс 2 Семестр № 4

№ п/п	Тема практического занятия	К-во часов
1	Расчет ступенчатого вала.	2
2	Контрольная работа.	2
3	Расчеты на прочность при косом изгибе и внецентренном растяжении (сжатии).	2
4	Контрольная работа.	2
5	Определение перемещений способом Верещагина (балки, рамы).	
6	Расчет статически неопределимых рам.	2
7	Контрольная работа.	2
8	Расчет сжатых стержней на устойчивость (по коэффициенту уменьшения основного допускаемого напряжения).	1
9	Расчет стержней на прочность при динамических нагрузках.	1
10	Итоговое занятие.	2
ВСЕГО		18

### 5.3. Перечень лабораторных занятий и объем в часах

#### Курс 2 Семестр № 3

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторной работы	К-во часов
1	9	Работа № 1. Испытание на растяжение стандартного стального образца.	2
2	9	Работа № 2. Испытание на сжатие пластичных и хрупких материалов.	2
3		Работа № 4. Испытание на срез стального образца.	2
4		Отработка лабораторных работ	2
5	9	Работа № 6. Определение упругих постоянных.	2
6	9	№ 15. Испытание стального образца на внецентренное сжатие.	2
7	9	Работа № 8. Испытание стальной балки на поперечный изгиб.	2
8	9	Работа № 7. Опытное определение коэффициента концентрации напряжений.	2
9		Итоговое занятие.	2
ВСЕГО			18

### 5.3. Перечень лабораторных занятий и объем в часах

#### Курс 2 Семестр № 4

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторной работы	К-во часов
1	9	. Работа № 9. Определение деформации балки при изгибе.	2
2	10	Работа № 11. Испытание стального образца на кручение в пределах упругих деформаций.	2
3	10	Работа № 14. Испытание консольной балки на косоу изгиб.	2
4	10	Работа № 16. Проверка теоремы о взаимности перемещений.	2
5	13	Работа № 6. Ударное испытание образца на изгиб	2
6	6	Работа № 12. Испытание на кручение цилиндрических образцов из различных материалов	2
7	5	Работа № 19. Проверка теоремы о взаимности перемещений	2
8	5	Работа № 17. Испытание прямого стержня на продольный изгиб	2
9		Итоговое занятие.	2
ВСЕГО			18

#### 5.4. Матрица соотнесения тем/разделов учебной дисциплины и формируемых в них общекультурных и профессиональных компетенций

Разделы (модули), темы дисциплины	Количество часов	Компетенции				
		Профессиональные				Σ компетенций
		пк1	пк3	пк5	пк7	
<b>1. Введение</b>	15				+	1
<b>2. Геометрические характеристики плоских сечений</b>	14	+			+	2
<b>3. Растяжение и сжатие</b>	16	+	+	+	+	4
<b>4. Теория напряженного состояния</b>	15	+	+	+	+	4
<b>5. Изгиб прямых брусьев</b>	28	+	+	+	+	4
<b>6. Кручение</b>	12	+	+	+	+	4
<b>7. Теории прочности</b>	4	+	+	+	+	4
<b>8. Экспериментальные методы</b>	4	+	+	+	+	4
<b>9. Сложное сопротивление</b>	28	+	+	+	+	4
<b>10. Потенциальная энергия деформации и методы определения перемещений</b>	18	+	+	+	+	4
<b>11. Статически неопределимые системы</b>	12	+	+	+	+	4
<b>12. Устойчивость сжатых стержней</b>	11	+	+	+	+	4
<b>13. Динамика стержней с одной степенью свободы</b>	11	+	+	+	+	4
<b>14. Прочность при переменных напряжениях</b>	10	+	+	+	+	4
<b>ИТОГО</b>	198					

#### 5.5. Балльно-рейтинговая система контроля успеваемости

Расчет балльно-рейтинговых показателей деятельности студента не используется.

## **5.6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины**

### **5.6.1. Перечень контрольных работ.**

- Определение внутренних усилий в стержнях методом сечений.
- Расчет балки на прочность и жесткость.
- Расчет стержней на сложное сопротивление.

### **5.6.2. Перечень расчетно-графических заданий.**

В третьем семестре предусмотрено два РГЗ:

Расчетно-графическое задание №1 «Определение внутренних усилий в стержнях методом сечений»

Цель задания состоит в практическом освоении метода сечений.

Расчетно-графическое задание №2 «Расчет на прочность и жесткость стержневых систем»

Цель задания состоит в практическом освоении методой расчета на прочность и жесткость.

В четвертом семестре предусмотрено одно РГЗ:

Расчетно-графическое задание №3 «Расчет ступенчатого вала».

Цель задания состоит в освоении студентами методами расчета вала при сложном напряженном состоянии.

### **5.6.3. Перечень тем курсовых проектов, курсовых работ, их краткое содержание и объем.**

Курсовые проекты по дисциплине не предусмотрены.

#### 5.6.4. Перечень контрольных вопросов

Курс 2 Семестр 3

№ п/п	Наименование вопросов
1	Предмет и задачи дисциплины.
2	Определение перемещений в балках методом начальных параметров.
3	Понятие о чистом сдвиге.
4	Внутренние силы. Метод сечений.
5	Дифференциальное уравнение изогнутой оси.
6	Главные напряжения при изгибе.
7	Расчет сварных соединений. Лобовые и фланговые швы.
8	Дифференциальные зависимости при изгибе.
9	Кручение стержня некруглого сечения.
10	Главные оси и главные моменты инерции.
11	Линейное напряженное состояние.
12	Учет собственного веса при растяжении-сжатии.
13	Анализ напряженного состояния при кручении.
14	Обобщенный закон Гука для плоского напряженного состояния.
15	Потенциальная энергия деформации при сдвиге.
16	Моменты инерции сечения. Радиусы инерции.
17	Расчет элементов конструкции за пределом упругости. Аппроксимация диаграмм.
18	Основные гипотезы сопротивления материалов.
19	Определение перемещений методом непосредственного интегрирования.
20	Сдвиг. Основные понятия.
21	Расчет на прочность при растяжении-сжатии.
22	Упругопластический изгиб балки.
23	Теория напряженного и деформированного состояния. Напряжения в точке.
24	Расчет сплошного и полого вала на прочность и жесткость при кручении.
25	Стержень, заделанный обоими концами. Силовое и температурное воздействия.
26	Потенциальная энергия деформации при изгибе.
27	Расчеты на прочность. Три метода.
28	Статически неопределимые задачи при кручении.
29	Моменты инерции треугольного сечения.
30	Напряжения и деформации при кручении.
31	Потенциальная энергия деформации при растяжении-сжатии.
32	Касательные напряжения при изгибе. Формула Журавского.

33	Понятие о напряжениях и деформациях.
34	Плоское напряженное состояние. Главные и максимальные касательные напряжения. Положения их площадок.
35	Изменение моментов инерции при повороте осей.
36	Расчет на прочность при изгибе.
37	Моменты сопротивления простых сечений.
38	Расчет заклепочных соединений.
39	Центральное растяжение-сжатие. Напряжения и деформации.
40	Моменты инерции прямоугольного сечения.
41	Статические моменты сечения.
42	Напряжения и деформации при чистом сдвиге.
43	Механические характеристики материалов. Диаграммы растяжения для малоуглеродистой стали, хрупкого материала.
44	Нормальные напряжения при чистом изгибе.
45	Расчетные схемы конструкций.
46	Плоское напряженное состояние. Напряжения на наклонной площадке. Моменты инерций сечения относительно параллельных осей.
47	Расчет сварных соединений. Стыковые швы.
48	Статически неопределимые шарнирно-стержневые системы. Определение усилий и напряжений.
49	Кручение. Основные понятия.

#### Курс 2 Семестр 4

1	Косой изгиб. Основные понятия.
2	Расчеты на удар при изгибе.
3	Проверка прочности при внецентренном растяжении-сжатии.
4	Работа внешних сил и потенциальная энергия деформации.
5	Определение положения нейтральной линии при косом изгибе.
6	Понятие об устойчивых и неустойчивых формах равновесия.
7	Изгиб с кручением брусьев круглого сечения. Внутренние силовые факторы. Их эпюры.
8	Расчеты на ударную нагрузку. Основные понятия.
9	Внецентренное растяжение-сжатие. Основные понятия.
10	Теоремы о взаимности работ и взаимности перемещений.
11	Проверка прочности при косом изгибе.
12	Вынужденные колебания упругой системы с одной степенью свободы.
13	Изгиб с кручением брусьев круглого сечения. Напряжения в поперечных сечениях. Теории прочности.
14	Интеграл Мора.
15	Анализ структуры простейших стержневых систем. Понятие о степенях свободы и связях.
16	Определение напряжений при внецентренном растяжении-сжатии.
17	Канонические уравнения метода сил.



18	Определение напряжений при косом изгибе.
19	Определение положения нейтральной линии при внецентренном растяжении-сжатии.
20	Колебания упругих систем Основные понятия.
21	Вычисление интегралов Мора по способу Верещагина.
22	Формула Эйлера для критической силы.
23	Внецентренное растяжение-сжатие. Ядро сечения.
24	Пределы применимости формулы Эйлера.
25	Практические расчеты сжатых стержней на устойчивость.
26	Продольный удар груза о стержень.
27	Изгиб с растяжением-сжатием.
28	Формула Ясинского. Полный график критических напряжений.
29	Анализ структуры простейших стержневых систем. Понятие о степенях свободы и связях.
30	Расчеты на удар при изгибе.
31	Проверка прочности при косом изгибе.
32	Работа внешних сил и потенциальная энергия деформации.
33	Динамическое действие нагрузок. Основные понятия.
34	Влияние условий закрепления концов стержня на величину критической силы.





## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1. Список учебной литературы

#### Основная литература

1. Писаренко Г.С. и др Сопротивление материалов. – Киев: Вища школа. – 1986.
2. Феодосьев В.И. Сопротивление материалов.– 2003.
3. Ицкович Г.М Руководство к решению задач по сопротивлению материалов. – С: Высшая школа. – 2001.
4. Миролюбов И.Н. и др. Пособие к решению задач по сопротивлению материалов. – 2004.

#### Дополнительная литература

1. Потележко В.П. Руководство к РГЗ по сопротивлению материалов. Учебное пособие. Часть 1. – Белгород: БГТАСМ. – 2001.
2. Толбатов А.А. Сопротивление материалов Учебно-методический комплекс. – Мин. Воды. – 2006. (гриф АСВ)
3. Потележко В.П. Лабораторный практикум по сопротивлению материалов – 2009.
4. Юрьев А.Г. Сопротивление материалов 2 часть. – 1996.
5. МУ к выполнению РГЗ по сопротивлению материалов 2 часть. – 2010.

#### Интернет-ресурсы

1. [http://ntb.bstu.ru/resources/el\\_books.php?param=2](http://ntb.bstu.ru/resources/el_books.php?param=2) - Электронная библиотека БГТУ им. В.Г. Шухова.
2. <http://lib.misis.ru/elbib.html> - Полнотекстовая электронная библиотека МИСиС.
3. <http://www.rffi.ru/> - Сайт Российского фонда фундаментальных исследований.

### 6.2. Карта обеспеченности студентов учебной литературой по всем видам учебных заданий и внеаудиторной самостоятельной работы.

Полное библиографическое описание издания	Вид занятий	Количество имеющихся экземпляров
<i>Писаренко Г.С. и др</i> Сопротивление материалов. – Киев: Вища школа. – 1986.	лекц. практ. СРС	120
<i>Феодосьев В.И.</i> Сопротивление материалов.– 2003.	лекц. практ. СРС	230
<i>Потележко В.П.</i> Лабораторный практикум по сопротивлению материалов – 2009.	лаб. СРС	450

### 6.3. Средства обеспечения освоения дисциплины.

1. Программа «Омега» вычисления геометрических характеристик плоского сечения бруса для ПК.
2. Программа «Speed» вычисление критических скоростей вращения вала для ПК.
3. Видеофильм «Изгиб прямого бруса».
4. Видеофильм «Экспериментальные методы исследования напряжений и деформаций».
5. Видеофильм «Устойчивость сжатых стержней».
6. Видеофильм «Прочность при напряжениях, переменных во времени».

### 6.4. Образовательные технологии

Активные формы и методы обучения:

- Объяснительно-иллюстративное обучение
- Технология модульного обучения
- Технология учебной дискуссии

№ п/п	Разделы (модули), темы дисциплины (в соответствии с п.5.1)	Интерактивные методы и формы обучения
1.	<b>Введение</b>	Использование интерактивных досок при чтении лекций
2.	<b>Геометрические характеристики плоских сечений</b>	Использование интерактивных досок при чтении лекций
3.	<b>Растяжение и сжатие</b>	Изучение и закрепление нового материала «ученик в роли учителя»
4.	<b>Теория напряженного состояния</b>	Изучение и закрепление нового материала «ученик в роли учителя»
5.	<b>Изгиб прямых брусков</b>	Изучение и закрепление нового материала «ученик в роли учителя»
6.	<b>Кручение</b>	Использование интерактивных досок при чтении лекций
7.	<b>Теории прочности</b>	Использование интерактивных досок при чтении лекций
8.	<b>Экспериментальные методы</b>	Изучение и закрепление нового материала «ученик в роли учителя»
9.	<b>Сложное сопротивление</b>	Работа с наглядными пособиями Изучение и закрепление нового материала «ученик в роли учителя»
10.	<b>Потенциальная энергия деформации и методы определения перемещений</b>	Использование интерактивных досок при чтении лекций
11.	<b>Статически неопределимые системы</b>	Использование интерактивных досок при чтении лекций
12.	<b>Устойчивость сжатых стержней</b>	Использование интерактивных досок при чтении лекций
13.	<b>Динамика стержней с одной степенью</b>	Использование интерактивных досок при чтении лекций

	<b>свободы</b>	нии лекций
14.	<b>Прочность при переменных напряжениях</b>	Использование интерактивных досок при чтении лекций

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

Специализированная лаборатория 501 ГК, компьютерный класс 308 МК, 313 МК для проведения тестирования, плакаты для ведения занятий в удобной форме.

### **Лаборатория сопротивления материалов:**

1. Универсальная установка для механических испытаний УММ-10
2. Машина кручения КМ-50-1
3. Твердомер ТШ-2м
4. Катетометр В-630
5. Копер маятниковый МК-30 А
6. СИИТ-3 – электронный измеритель деформаций
7. ПЭВМ – 4 шт.
8. Стенды универсальные для лабораторных работ – 6 шт.
9. Динамометры – 8 шт.
10. Индикаторы часового типа- 12 шт.
11. Проектор ACER
12. Экран для проектора

## **8. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Курс «Сопротивление материалов» относится к фундаментальным дисциплинам общепрофессиональной подготовки специалистов данной специальности и является одной из основополагающих технических дисциплин, формирующих мышление инженера. В процессе изучения курса студент получает основные представления о методах расчета сооружений и о главных требованиях к конструкции – надежность и экономичность.

Освоение дисциплины – это лекционные, практические занятия и лабораторные занятия. При этом, важное значение имеет самостоятельная работа студентов. Формы контроля знаний студентов предполагают текущий и итоговый контроль. Текущий контроль знаний проводится в форме коллоквиумов, выполнения расчетно-графических работ и их защиты в письменной и устной форме. Итогом текущего результата является промежуточная аттестация. Формой итогового контроля является зачет и экзамен.

Распределение материала дисциплины по темам содержится в данной рабочей программе, которая определяет содержание курса.

По каждому из вышеперечисленных разделов предусмотрены практические

занятия, что позволяет лучше усвоить материал.

Итоговый контроль осуществляется в форме письменного экзамена по билетам. Перед его проведением обязательные консультации, в том числе, в зависимости от подготовки студентов, и индивидуальные.

### **Тема 1. Введение**

Эта тема закладывает основу для изучения дальнейших разделов. В ней дается понятие о курсе «Сопротивление материалов» и его связи с другими общеинженерными дисциплинами. Приводится краткий исторический очерк развития изучаемой дисциплины. Далее рассматриваются основные объекты, изучаемые в курсе, дается понятие о внешних нагрузках и их классификации. Необходимо также отметить существующие основные типы опор и способы определения опорных реакций. После этого надо ознакомиться с деформациями, перемещениями и напряжениями. Далее рассматриваются основные свойства твердых деформируемых тел и гипотезы, используемые при выборе расчетных моделей (схем). Следует уяснить сущность принципов суперпозиции и Сен-Венана.

*Термины и понятия:* прочность, жесткость, устойчивость, брус (стержень), ось бруса, оболочка, срединная поверхность, пластинка, срединная плоскость, массив, расчетная схема, постоянные и временные нагрузки, статические и динамические нагрузки, деформации, упругость и пластичность, перемещения, напряжения, однородность и сплошность, изотропия, принципы суперпозиции и Сен-Венана.

### **Тема 2. Геометрические характеристики плоских сечений**

Главная задача темы – научиться вычислять все геометрические характеристики плоских сечений, необходимые для расчета элементов конструкций. С этой целью надо ознакомиться со статическими моментами, осевыми, полярным и центробежными моментами инерции сечения, радиусами инерции. Уметь вычислять моменты инерции при параллельном переносе и повороте координатных осей, находить положение главных осей и вычислять главные моменты инерции.

*Термины и понятия:* статические моменты; осевые, полярный и центробежный моменты инерции сечения; радиусы инерции; главные оси; главные моменты инерции.

### **Тема 3. Растяжение и сжатие**

В этой теме рассматривается центральное растяжение и сжатие прямого бруса. Главная цель изучения темы – научить студента выполнять все расчеты, связанные с растяжением или сжатием бруса. При этом необходимо уметь определять внутренние усилия и напряжения в поперечных сечениях бруса, строить их эпюры, вычислять перемещения. Ознакомиться с законом Гука. Уметь производить учет собственного веса конструкции. Особое внимание надо уделить опытному изучению механических свойств материалов при растяжении и сжатии (диаграммы растяжения и сжатия различных материалов, основные характеристики прочности и пластичности, особенности деформирования и разрушения материалов в пластическом и хрупком состоянии). Далее следует ознакомиться с допус-

каемыми напряжениями и расчетами стержня на прочность и жесткость, научиться проверять условия прочности, подбирать размеры поперечных сечений, вычислять наибольшую допускаемую нагрузку. После этого можно рассмотреть стержни равного сопротивления (ступенчатые стержни) и изучить особенности расчета для статически неопределимых систем. В заключение изучаются явления концентрации напряжений, температурные воздействия и монтажные напряжения, а также получают выражение потенциальной энергии деформации.

*Термины и понятия:* закон Гука, модуль продольной упругости, жесткость поперечного сечения при растяжении или сжатии, коэффициент Пуассона, гипотеза Бернулли, основные механические характеристики материала (предел пропорциональности, предел текучести, временное сопротивление, относительное удлинение, относительное сужение), явление наклепа, допускаемые напряжения, коэффициент запаса, условие прочности, условие жесткости, концентраторы напряжений, теоретический коэффициент концентраторы напряжений, температурные напряжения, монтажные (остаточные) напряжения, потенциальная энергия деформации.

#### **Тема 4. Теория напряженного состояния**

Главная задача темы – позволить обучаемому овладеть основами теории напряженного и деформированного состояния в точке тела. С этой целью изучаются виды напряженного состояния (линейное, плоское, объемное). Следует обратить внимание на закон парности касательных напряжений, уяснить, что представляют собой главные площадки и главные напряжения. Отдельное внимание уделяется исследованию плоского напряженного состояния с помощью кругов Мора. Даются понятия об обобщенном законе Гука и объемной деформации, изучается вычисление удельной потенциальной энергии и ее составных частей.

*Термины и понятия:* напряженное состояние и его виды (линейное, плоское, объемное), закон парности касательных напряжений, главные площадки, главные напряжения, круг Мора, прямая и обратная задачи, обобщенный закон Гука, объемная деформация, удельная потенциальная энергия, удельная потенциальная энергия изменения объема и изменения формы.

#### **Тема 5. Изгиб прямых брусков**

Освоение этой темы дает возможность производить все виды расчетов, связанных с изгибом прямых стержней. Вначале дается классификация видов изгиба. Затем следует изучить вычисление нормальных напряжений при изгибе, выбор рационального сечения и получить представление о равнопрочных балках. Далее знакомятся с определением касательных напряжений (формула Журавского) и главных напряжений. Рассматривается вычисление потенциальной энергии деформации при изгибе. Для определения перемещений используется дифференциальное уравнение оси изогнутого стержня. Рассматривается его решение методом непосредственного интегрирования и методом начальных параметров. Изучается также определение перемещений с помощью метода конечных разностей. В заключение знакомятся с изгибом балок открытого профиля в плоскости, не являющейся плоскостью симметрии.



*Термины и понятия:* чистый изгиб, поперечный изгиб, плоский изгиб, момент сопротивления, жесткость поперечного сечения при изгибе, равнопрочная балка, формула Журавского, дифференциальное уравнение оси изогнутого стержня, методом непосредственного интегрирования, методом начальных параметров, метод конечных разностей, тонкостенный стержень, центр изгиба.

### **Тема 6. Кручение**

Изучение этой темы позволяет производить расчеты прямых стержней, работающих на кручении. Рассматриваются расчеты на прочность и жесткость стержня круглого и кольцевого поперечного сечения, производится анализ напряженного состояния при кручении, находится величина потенциальной энергии деформации. Рассматриваются особенности расчета статически неопределимых стержней. Дается представление о расчете цилиндрических винтовых пружин малого шага. Приводятся основные результаты теории кручения стержней прямоугольного поперечного сечения.

*Термины и понятия:* полярный момент сопротивления, жесткость поперечного сечения при кручении, угол закручивания.

### **Тема 7. Теории прочности**

Главная задача изучения темы – дать понятие об основных теориях прочности. Изучение материала начинается с выявления необходимости таких теорий. Далее рассматриваются классические теории прочности и теория прочности Мора. При этом необходимо особое внимание обратить на условия использования этих теорий.

*Термины и понятия:* эквивалентные напряжения, теории прочности, критерии наступления предельных состояний.

### **Тема 8. Экспериментальные методы**

Главная цель темы – дать представление об экспериментальных методах определения деформаций и напряжений. Дается краткая классификация экспериментальных методов, обучающиеся знакомятся с тензодатчиками, тензорезисторами и их применением. Приводятся краткие сведения о методе хрупких лаковых покрытий, методе сеток и муаровых полос, фотоупругих покрытий. Практическое знакомство с измерительной аппаратурой осуществляется при выполнении лабораторных работ.

*Термины и понятия:* тензодатчик, тензорезистор, база измерений, тензометрическая розетка, метод хрупких лаковых покрытий, метод сеток и муаровых полос, метод фотоупругих покрытий.

### **Тема 9. Сложное сопротивление**

Изучение этой темы дает возможность овладеть расчетами элементов конструкций при основных видах сложного сопротивления. Сначала необходимо ознакомиться с особенностями расчета конструкций на прочность и жесткость при сложном сопротивлении. Далее изучаются эти расчеты применительно к косому изгибу и внецентренному растяжению (сжатию). В заключение

рассматривается общий случай действия сил на стержень – изгиб с кручением и растяжением (сжатием).

*Термины и понятия:* сложное сопротивление, кривой изгиб, внецентренное растяжение (сжатие), ядро сечения.

### **Тема 10. Потенциальная энергия деформации и методы определения перемещений**

Основная цель темы – научить студента определять различные перемещения сечений стержневых систем, используя методы, связанные с потенциальной энергией упругой деформации. Следует ознакомить обучающихся с выражением потенциальной энергии деформации при произвольной нагрузке, действительной и возможной работой, обобщенными силой и перемещением. Далее изучаются теоремы о взаимности работ, взаимности перемещений и теорема Кастилиано. На основании изученного рассматриваются процедуры определения перемещений по интегралам Мора и с помощью правила Верещагина.

*Термины и понятия:* действительная и возможная работа, обобщенная сила, обобщенное и перемещение, теорема о взаимности работ, теорема о взаимности перемещений, теорема Кастилиано, интегралы Мора, правило Верещагина.

### **Тема 11. Статически неопределимые системы**

Главная задача этой темы заключается в изучении расчета статически неопределимых стержневых систем с помощью одного из основных методов – метода сил. Дается понятие о статическом и кинематическом анализе структуры простейших стержневых систем. Рассматривается порядок раскрытия статической неопределенности методом сил. Изучается применение этого метода к расчету неразрезных балок в форме уравнения трех моментов.

*Термины и понятия:* степени статической неопределимости, свободы и изменяемости системы; связи, метод сил, основная и эквивалентная системы, канонические уравнения, деформационная проверка, неразрезная балка, уравнение трех моментов.

### **Тема 12. Устойчивость сжатых стержней**

Главная цель изучения этой темы – освоение методов расчета сжатых стержней на устойчивость. Сначала необходимо уяснить, в чем заключается явление потери устойчивости стержня. Далее рассматривается определение величины критической силы, ее зависимость от условий закрепления стержня и величины возникающих при этом напряжений. Обратит внимание на вид полного графика критических напряжений (на примере малоуглеродистой стали). Изучается практический метод расчета сжатых стержней на устойчивость (при помощи коэффициента уменьшения основного допускаемого напряжения).

*Термины и понятия:* потеря устойчивости, критическая сила, критические напряжения, формула Эйлера, коэффициент приведения длины стержня, гибкость стержня, формула Ясинского, условие устойчивости, коэффициент уменьшения основного допускаемого напряжения (коэффициент продольного изгиба), метод последовательных приближений.

### **Тема 13. Динамика стержней с одной степенью свободы**

Усвоение материала темы позволяет производить расчеты стержневых систем при основных видах динамических нагрузок. В начале темы дается понятие о движении тела с ускорением. Далее рассматриваются расчеты при свободных и вынужденных колебаниях упругих систем с одной степенью свободы. Особое внимание при этом надо обратить на явление резонанса. Обучающиеся знакомятся с понятием «критическое число оборотов вала». После этого изучаются расчеты при ударной нагрузке, дается представление о способах снижения динамических напряжений при ударе. В заключительной части темы обучаемые знакомятся с усталостным разрушением элементов конструкций и деталей машин. Дается классификация режимов циклических нагрузок и напряжений, приводятся их основные характеристики. Определяется предел выносливости при симметричном цикле и рассматривается усталостная долговечность при несимметричном цикле. Обращается внимание на основные факторы, влияющие на усталостную долговечность. Рассматривается вычисление коэффициента запаса при расчетах на усталостную долговечность.

*Термины и понятия:* принцип Даламбера, свободные колебания, вынужденные колебания, период и частота колебаний, круговая частота, динамический коэффициент, резонанс, критическое число оборотов вала, переменные напряжения, усталость, цикл напряжений, характеристики цикла, предел выносливости, усталостная долговечность (выносливость), кривая Вёлера, диаграмма Хэя, коэффициент запаса при расчетах на усталостную долговечность, формула Гафа и Полларда.

### **Тема 14. Прочность при переменных напряжениях**

Изучение материала позволяет рассмотреть усталость металлов, виды циклов и их характеристики, предел выносливости при симметричном и несимметричном циклах. Факторы, влияющие на усталостную прочность (концентрация напряжений, состояние поверхности, размеры детали). Запас усталостной прочности. Демонстрация фильма «Прочность при напряжениях переменных во времени».

*Термины и понятия:* цикл, предел выносливости, симметричный и несимметричный циклы, усталостная прочность.