

821

УТВЕРЖДАЮ  
 Первый проректор -  
 проректор по образовательной  
 деятельности

В.А.Бородавкин

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_

М.п.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ

(указывается индекс и наименование дисциплины в соответствии с ФГОС и учебным планом)

Направление/  
 специальность подготовки

24.05.01 – Проектирование, производство и эксплуатация ра-  
 aket и ракетно-космических комплексов

Специализация/профиль/программа  
 подготовки

Моделирование и информационные технологии проектирова-  
 ния ракетно-космических систем

(указывается индекс и наименование направления/специальности)

Уровень высшего образования

Специалист

(бакалавр, магистр, специалист)

Форма обучения

Очная

(очная, очно-заочная и др.)

Факультет

А – Ракетно-космическая техника

(указывается индекс и полное наименование факультета Университета, заказавшего программу)

Выпускающая кафедра

А1 – Ракетостроение

(указывается индекс и полное наименование выпускающей кафедры)

Кафедра-разработчик  
 рабочей программы

Е7 – Механика деформируемого твердого тела

(указывается индекс и полное наименование кафедры, составившей и реализующей программу)

КУРС	СЕМЕСТР	ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ (ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ)	ЧАСЫ (ПО НАЛИЧИЮ ВИДОВ ЗАНЯТИЙ)													Вид ИТОГОВОГО КОНТРОЛЯ (ЭКЗАМЕН, ЗАЧЁТ, ДИФФ. ЗАЧЁТ)
			ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ	АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ						САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА						
				ВСЕГО	ЛЕКЦИИ	ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ	АУДИТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ		ДРУГИЕ ВИДЫ ЗАНЯТИЙ	ВСЕГО	КУРСОВОЙ ПРОЕКТ	КУРСОВАЯ РАБОТА	РАСЧЁТНО - ГРАФ. РАБОТА	РЕФЕРАТ	ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТ. РАБОТЫ	
							ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ	СЕМИНАРЫ								
2	3	4	144	51	34	17	-	-	-	93	-	-	93	-	-	ЭКЗАМЕН  ЗАЧЕТ
2	4	3	108	51	34	-	17	-	-	57	-	18	-	-	39	
ИТОГО		7	252	102	68	17	17	-	-	150	-	18	93	-	39	

Начальник отдела основных об-  
 разовательных программ

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2017 г.

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ\*

*/оборотная сторона титульного листа/*

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА СОСТАВЛЕНА В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ФЕДЕРАЛЬНОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СТАНДАРТА (ФГОС) ВО ПО НАПРАВЛЕНИЯМ ПОДГОТОВКИ  
24.05.01 – Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов

*(указывается индекс и наименование направления специальности)*

Программу составили:

кафедра Е7 - Механика деформируемого твердого тела

Красильников А.З., доцент, к.т.н.

Эксперт(ы):

*(выпускающие кафедры, другие вузы,*

*представители работодателей)* Начальник лаборатории ОАО «ВНИИТрансмаш»,


д.т.н., с.н.с. Рождественский Сергей Владимирович /  /

Программа рассмотрена

на заседании кафедры-разработчика

рабочей программы Е7 - Механика деформируемого твердого тела

*(индекс и наименование кафедры-разработчика рабочей программы)*

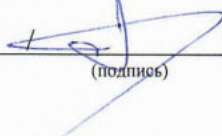
«\_\_» \_\_\_\_ 201\_\_ г. Заведующий кафедрой Санников В.А., д.т.н., доц. /  /  
(Ф.И.О., уч. степень, уч. звание) (подпись)

Программа рассмотрена

на заседании выпускающей кафедры

А1 – Ракетостроение


*(индекс и наименование выпускающей кафедры)*

«\_\_» \_\_\_\_ 201\_\_ г. Заведующий кафедрой Бородавкин В.А., д.т.н., проф. /  /  
(Ф.И.О., уч. степень, уч. звание) (подпись)

Рабочая программа одобрена на заседании Учебно-методической комиссии по укрупненной группе направлений и специальностей подготовки (УМК по УГНиСП) 24.00.00 Авиационная и ракетно-космическая техника

«\_\_» \_\_\_\_ 201\_\_ г. Председатель УМК по УГНиСП Бородавкин В.А., д.т.н., проф. /  /

Учебная дисциплина обеспечена основной литературой

«\_\_» \_\_\_\_ 201\_\_ г. Директор библиотеки БГТУ Сесина В.Н. /  /  
(Ф.И.О., уч. степень, уч. звание) (подпись)

## **Разделы рабочей программы**

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	4
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО.....	6
3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	7
4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	14
5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ.....	15
ДИСЦИПЛИНЫ .....	15
6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	16

## **Приложения к рабочей программе дисциплины**

- Приложение 1. Аннотация рабочей программы
- Приложение 2. Технологии и формы преподавания
- Приложение 3. Технологии и формы обучения
- Приложение 4. Перечень тем заданий (по видам СРС)
- Приложение 5. Оценочные средства и методики их применения
- Приложение 6. Справка о наличии в библиотеке БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф.Устинова учебной литературы

# 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций на уровнях:

## Общепрофессиональных

понимание целей и задач инженерной деятельности в современной науке и производстве, сущности инженера как обязанности служить обществу и профессии, следуя кодексу профессионального поведения (ОПК-1)	<i>Пороговый уровень</i>
понимание роли математических и естественно-научных наук и способность к приобретению новых математических и естественно-научных знаний, с использованием новых образовательных и информационных технологий, способность использовать в профессиональной деятельности знания и методы, полученные при изучении математических и естественно-научных дисциплин (модулей) (ОПК-2)	<i>Пороговый уровень</i>

Целью освоения дисциплины является достижение следующих результатов образования:

### знания:

- видов напряжено-деформированного состояния стержней и стержневых конструкций, создание последовательности этапов решения практических задач исследования прочности и жесткости конструкций (ОПК-1);  
на уровне представлений: понимание физических процессов, приводящие к различным видам напряженно-деформированного состояния (ОПК-2);
- классификации задач сопротивления материалов по видам деформирования простейших элементов конструкций, а также по степени статической определимости – неопределимости (ОПК-1);
- классификации задач сопротивления материалов по видам нагружения на статические, динамические, устойчивости, дополнительным граничным условиям (ОПК-2);  
на уровне воспроизведения:
- применение методик решения задач сопротивления материалов по типам деформирования, с учетом граничных условий и геометрии объекта, статической определимости - неопределимости и видам нагружения (статические, динамические, потеря устойчивости), в т.ч. с использованием специализированных математических пакетов (например, MATHCAD) (ОПК-2);
- анализ полученных (в т.ч. численными методами) решений (ОПК-1);  
на уровне понимания:
- важности изучения теоретических основ сопротивления материалов (ОПК-2);
- формирование расчетной схемы и последовательности решения задачи, с учетом дополнительных условий (начальных и граничных) конкретных процессов деформирования (ОПК-1);



- основных понятий, характеризующих НДС; взаимосвязи полей напряжений, деформаций и внешней нагрузки; методов расчета стержней и стержневых систем на прочность, жесткость и устойчивость при статическом и динамическом нагружении (ОПК-2).

**умения:**

**теоретические:**

- вывод уравнений физических процессов деформирования простейших элементов конструкций (ОПК-1);
- задание вида начальных и граничных условий в математических формулировках (ОПК-1, ОПК-2);
- оценка границ применимости полученной математической модели реальному физическому процессу (условия прочности, жесткости, устойчивости) (ОПК-1);

**практические:**

- выбор последовательности этапов решения задач, в т.ч. с использованием специализированных математических пакетов (например: MATHCAD, MATLAB) (ОПК-2);
- навыки: применения последовательности этапов решения задач сопротивления материалов (ОПК-2);
- анализа напряженно-деформированных состояний процессов нагружения элементов конструкций при различных граничных и начальных условиях, статических, динамических режимах и при потере устойчивости (ОПК-1);
- использования математических пакетов MATHCAD, MATLAB для решения задач сопротивления материалов (ОПК-2).

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина сопротивление материалов является дисциплиной **базовой части** блока 1 дисциплин ФГОС.

Содержание дисциплины является логическим продолжением содержания дисциплин, связанных с математикой, физикой, электротехникой, теоретической механикой и служит основой для освоения таких дисциплин, как гидрогазодинамика, теория механизмов и машин, физические основы пуска, детали машин и т.п.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

ОК-2 - способность использовать базовые положения математики, естественных, гуманитарных и экономических наук при решении социальных и профессиональных задач.

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

(с распределением общего бюджета времени в часах)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 зачетных единиц, 252 часа.

#### 3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

КУРС	СЕМЕСТР	НОМЕРА РАЗДЕЛОВ	НАИМЕНОВАНИЕ РАЗДЕЛОВ И ДИДАКТИЧЕСКИХ ЕДИНИЦ	ВСЕГО	АУДИТОРНЫЕ				САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ	КОМПЕТЕНЦИЯ ОПК-1	КОМПЕТЕНЦИЯ ОПК-2
					ВСЕГО	ЛЕКЦИЯ	АУДИТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ (СЕМИНАР)	ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ			
2	3	1	<p>Лекционные занятия.</p> <p>Раздел 1. Основные понятия о прочности, жесткости и устойчивости элементов конструкций. Введение в сопротивление материалов.</p> <p>1.1. Идеализация материалов и их свойств, геометрических форм, граничных условий и технических конструкций. Анализ внешних сил.</p> <p>1.2. Дифференциальные и интегральные характеристики параметров в сечении стержня. Внутренние усилия, напряжения.</p> <p>1.3. Метод сечений для определения внутренних силовых факторов. Построение эпюр.</p>	22	8	4	0	4	14	7	7
2	3	2	<p>Раздел 2. Механические свойства материалов.</p> <p>2.1. Экспериментальное определение механических характеристик материалов. Диаграммы растяжения – сжатия, кручения. Понятие о предельном и допускаемом напряжении, коэффициенте запаса прочности.</p> <p>2.2. Способы измерения напряжений и деформаций, тензометрирование.</p>	17	7	3	0	4	10	7	7
2	3	3	<p>Раздел 3. Анализ напряженного и деформированного состояния стержней на основе гипотезы плоских сечений.</p> <p>3.1. Линейное растяжение-сжатие.</p> <p>3.2. Чистый сдвиг. Кручение. Сплошные и тонкостенные сечения.</p> <p>3.3. Плоский поперечный изгиб. Внутренние усилия, напряжения, перемещения. Нормальные и касательные напряжения. Понятие о центре изгиба.</p> <p>3.4. Дифференциальное уравнение продольной оси изогнутой балки и его интегрирование. Метод начальных параметров.</p>	27	11	11	0	0	16	7	7
2	3	4	<p>Раздел 4. Понятия о тензорах напряжений и деформаций. Главные напряжения.</p> <p>4.1. Уравнения равновесия. Условия на поверхности тела. Тензор малых деформаций и тензор напряжений.</p> <p>4.2. Геометрические уравнения теории упругости.</p> <p>4.3. Обобщенный закон Гука. Шаровой тензор и девиатор. Потенциальная энергия изменения объема и формы.</p> <p>4.4. Виды напряженного состояния</p>	27	11	11	0	0	16	7	7

2	3	5	<p>Раздел 5. Теории прочности. Сложное сопротивление</p> <p>5.1. Теории прочности. Расчет по несущей способности. Разрушение материалов. Предельные состояния бездефектных материалов и конструкций.</p> <p>5.2. Сложное сопротивление, виды: внецентренное растяжение-сжатие, косой изгиб, изгиб с кручением и растяжением. Построение нейтральной линии. Подбор размеров по опасным точкам сечения.</p>	17	4	0	0	4	13	7	7
2	3	6	<p>Раздел 6. Теоретические основы расчета упругих систем.</p> <p>6.1. Потенциальная энергия внешних и внутренних сил. Обобщенные внешние силы и перемещения. Возможная работа внешних и внутренних сил. Принцип возможных перемещений. Теорема о взаимности работ. Коэффициенты податливости и жесткости.</p> <p>6.2. Определение перемещений в статически определимых стержневых системах способом Мора.</p>	17	5	5	0	0	12	8	8
2	3	7	<p>Раздел 7. Раскрытие статической неопределимости методом сил.</p> <p>7.1. Канонические уравнения метода сил. Определение перемещений в статически неопределимых стержневых системах.</p> <p>7.2. Прямая и косая симметрия. Проверка решения.</p>	17	5	0	0	5	12	7	7
			ИТОГО	144	51	34	0	17	93	50	50

2	4	8	<p>Раздел 8. Устойчивость. Основные понятия. Продольный изгиб стержня.</p> <p>8.1. Формула Эйлера. Влияние граничных условий.</p> <p>8.2. Энергетический метод расчета стержня на устойчивость.</p> <p>8.3. Формула Ясинского. Пределы применимости формулы Эйлера.</p> <p>8.4. Продольно-поперечный изгиб стержня.</p>	25	14	10	4	0	11	15	15
2	4	9	<p>Раздел 9. Колебания упругих систем. Виды динамического воздействия.</p> <p>9.1. Инерционные нагрузки, учет степеней свободы.</p> <p>9.2. Колебания простейшей одностепенной системы.</p> <p>9.3. Коэффициент динамичности при неупругом соударении тел.</p> <p>9.4. Колебания системы при импульсном воздействии.</p> <p>9.5. Вынужденные колебания при гармоническом и произвольном внешнем воздействии. Интеграл Дюамеля. Коэффициент динамичности при гармоническом воздействии.</p> <p>9.6. Инженерная методика расчета конструкций на динамические воздействия</p>	43	21	14	7	0	22	15	15



2	4	10	Раздел 10. Усталостное разрушение. 10.1. Циклические переменные напряжения. Предел выносливости. 10.2. Расчеты на циклическую прочность. Диаграммы предельных амплитуд при чистом сдвиге, растяжении сжатии, изгибе. 10.3. Коэффициенты запаса прочности. Основные факторы, влияющие на предел выносливости.	20	9	6	3	0	11	10	10
2	4	11	Раздел 11. Прочность тонкостенных и толстостенных труб и сосудов. 11.1. Расчеты на прочность толстостенных труб, формула Ламэ 11.2. Расчет тонкостенных оболочек по безмоментной теории. Формула Лапласа. 11.3. Практические примеры расчетов на прочность толстостенных и тонкостенных оболочек.	20	7	4	3	0	13	10	10
			ИТОГО	108	51	34	17	0	57	50	50
			ВСЕГО ПО ДИСЦИПЛИНЕ	252	102	68	17	17	150	100	100

### 3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Основные понятия о прочности, жесткости и устойчивости элементов конструкций. Введение в сопротивление материалов.	<b>Тема 1.</b> Экспериментальное определение механических характеристик материалов. Способы измерения напряжений и деформаций.	1
2	Раздел 2. Механические свойства материалов.	<b>Тема 2.</b> Экспериментальное определение механических характеристик материалов. Диаграммы растяжения и сжатия. Тензометрирование.	1
3	Раздел 3. Анализ напряженного и деформированного состояния стержней на основе гипотезы плоских сечений.	<b>Тема 3.</b> Экспериментальное определение механических характеристик материалов. Кручение. Тензометрирование. Плоский поперечный изгиб. Усилия, напряжения, перемещения. Метод начальных параметров.	1
4	Раздел 4. Понятия о тензорах напряжений и деформаций. Главные напряжения.	<b>Тема 4.</b> Обоснование экспериментальных методов определения напряжений в изделиях из поляризационно-оптических материалов.	1
5	Раздел 5. Теории прочности. Сложное сопротивление.	<b>Тема 5.</b> Сложное сопротивление, расчеты на прочность. Тензометрирование.	2
6	Раздел 6. Теоретические основы расчета упругих систем.	<b>Тема 6.</b> Обобщенные внешние силы и перемещения. Возможная работа внешних и внутренних сил. Принцип возможных перемещений.	1
7	Раздел 7. Раскрытие статической неопределимости методом сил.	<b>Тема 7.</b> Метод сил. Определение перемещений в статически неопределимых стержневых системах.	2

8	<i>Раздел 8. Устойчивость. Основные понятия. Продольный изгиб стержня.</i>	<b>Тема 8.</b> Определение критической силы по формулам Эйлера и Ясинского. Инженерный метод расчёта на устойчивость.	2
9	<i>Раздел 9. Колебания упругих систем. Виды динамического воздействия.</i>	<b>Тема 9.</b> Колебания конструкций, резонанс, коэффициент динамичности. Инженерная методика расчета конструкций на динамические воздействия.	2
10	<i>Раздел 10. Усталостное разрушение.</i>	<b>Тема 10.</b> Расчеты на прочность конструкций из различных материалов, подверженных циклическим нагрузкам	2
11	<i>Раздел 11. Прочность тонкостенных и толстостенных труб и сосудов.</i>	<b>Тема 11.</b> Расчеты на прочность толстостенных труб, формула Ламэ.	2
<b>Итого:</b>			17

### 3.3. Лабораторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного занятия	Наименование лаборатории	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Основные понятия о прочности, жесткости и устойчивости элементов конструкций. Введение в сопротивление материалов.	<b>Тема 1.</b> Экспериментальное определение механических характеристик материалов. Способы измерения напряжений и деформаций.	Учебная лаборатория каф. Е7	4
2	Раздел 2. Механические свойства материалов.	<b>Тема 2.</b> Экспериментальное определение механических характеристик материалов. Диаграммы растяжения и сжатия. Тензометрирование.	Учебная лаборатория каф. Е7	4
3	Раздел 5. Теории прочности. Сложное сопротивление.	<b>Тема 5.</b> Сложное сопротивление, расчеты на прочность. Тензометрирование.	Учебная лаборатория каф. Е7	4
4	Раздел 7. Раскрытие статической неопределимости методом сил.	<b>Тема 7.</b> Статически неопределимые системы, балки.	Учебная лаборатория каф. Е7	5
<b>Итого:</b>				17

### 3.4. Самостоятельная работа студента (СРС)

Номер и наименование раздела дисциплины	СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО ЗАДАНИЯ	время (час)
		СРС
Раздел 1. Основные понятия о прочности, жесткости и устойчивости элементов конструкций. Введение в сопротивление материалов.	РГР 1а. Подготовка к практическим занятиям (ПЗ). Решение задач на растяжение – сжатие. Построение эпюр и проверка внутренних силовых факторов. Определение перемещений. Оформление.	14
Раздел 2. Механические свойства материалов. Условия прочности.	РГР 1б. Подготовка к ПЗ. Решение задач на кручение. Определение напряжений, подбор размеров поперечных сечений по условию прочности. Определение перемещений. Оформление.	10
Раздел 3. Анализ НДС стержней на основе гипотезы плоских сечений.	РГР 1в. Подготовка к ПЗ. Изгиб, решение задач. Определение нормальных и касательных напряжений, подбор размеров поперечных сечений по условиям прочности. Оформление.	16
Раздел 4. Понятия о тензорах напряжений и деформаций. Главные напряжения.	РГР 2а. Подготовка к ПЗ. Изгиб, дифференциальное уравнение упругой линии. Определение перемещений и углов поворота балок прямым интегрированием дифференциального уравнения. Учет граничных условий. Оформление.	16
Раздел 5. Теории прочности. Сложное сопротивление.	РГР 2б. Подготовка к ПЗ. Графическое построение исходного и главного плоского напряженного состояния. Виды сложного сопротивления. Подбор размеров сечений. Оформление.	13
Раздел 6. Теоретические основы расчета упругих систем.	РГР 2в. Подготовка к ПЗ. Определение перемещений способом Мора. Грузовая и единичная системы. Интегралы Мора, их интегрирование. Оформление.	12
Раздел 7. Раскрытие статической неопределимости методом сил.	РГР 3. Подготовка к ПЗ. Приемы составления статически определимой эквивалентной расчетной схемы. Последовательность решения задач. Оформление.	12
Раздел 8. Устойчивость. Основные понятия. Продольный изгиб стержня.	Подготовка к ПЗ. Решение задач на потерю устойчивости по формулам Эйлера, Ясинского и методом редукции. Оформление.	11
Раздел 9. Колебания упругих систем.	Подготовка к ПЗ. Определение собственных частот колебаний одно и двухстепенных задач. Ударное нагружение. Коэффициент динамичности при неупругом соударении и при вынужденных колебаниях. Выполнение КР. Оформление.	22
Раздел 10. Усталостное разрушение.	10.1. Циклические переменные напряжения. Предел выносливости. 10.2. Расчеты на циклическую прочность. Диаграммы предельных амплитуд при чистом сдвиге, растяжении сжатии, изгибе. 10.3. Коэффициенты запаса прочности. Основные факторы, влияющие на предел выносливости. Выполнение КР. Оформление.	11
Раздел 11. Прочность тонкостенных и толстостенных труб и сосудов.	11.1. Расчеты на прочность толстостенных труб, формула Ламэ. 11.2. Расчет тонкостенных оболочек по безмоментной теории. Формула Лапласа. 11.3. Практические примеры расчетов на прочность толстостенных и тонкостенных оболочек. Выполнение КР. Оформление.	13
<b>ВСЕГО</b>		<b>150</b>

Списки, содержащие перечень расчетно-графических работ, типовых расчетов с указанием их тематики перечислены в Приложении 4.

Варианты домашних заданий, расчетно-графических работ и т.п. включены в состав УМК дисциплины.

### ВЫПОЛНЕНИЕ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

СОДЕРЖАНИЕ ЭТАПОВ ВЫПОЛНЕНИЯ КР	ПЕРИОД ИСПОЛНЕНИЯ (недели семестра)	ПЛАНИРУЕМОЕ ВРЕМЯ СРС (часы)
1.Определение модуля продольной упругости и коэффициента Пуассона методом тензометрирования при растяжении лопаточного образца	2-3	2
2.Диаграммы сжатия – растяжения пластичных и хрупких материалов, их анализ и обработка. Испытание неметаллических материалов	4-5	2
3.Определение модуля сдвига при кручении. Диаграмма испытаний при кручении. Определение напряжений и перемещений при плоском поперечном изгибе.	6-7	2
4.Поляризационно-оптический метод определения напряжений.	8-9	2
5.Определение напряжений и перемещений при сложном сопротивлении. Косой изгиб. Внецентренное растяжение-сжатие.	10-11	2
6.Определение напряжений и перемещений в статически неопределимых системах.	12-15	4
7.Определение критических сил по формулам Эйлера и Ясинского. Учет граничных условий.	15	2
8.Определение напряжений и перемещений при резонансных явлениях.	16	2
<b>ВСЕГО</b>		<b>18</b>

#### 4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

##### ГРАФИК КОНТРОЛЬНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

СЕМЕСТР	НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
3			ЛР 1	РГР 1				ЛР 2,3		РГР 2					ЛР 4	РГР 3	
4							КР1		Т						КР2		ЗАЧЕТ

Условные обозначения:

- ЛР 1-4 – лабораторные работы;
- РГР – оформление ЛР в виде расчетно-графической работы;
- КР1, КР2 – выполнение этапов курсовой работы;
- Т - тестирование.

**Текущий контроль** успеваемости выполняется в дискретные временные интервалы лектором и преподавателем, ведущими лабораторные работы по дисциплине в следующих формах:

- выполнение-защита этапов расчетно-графических работ;
- тестирование в виде замечаний и уточнений сведений, присылаемых по e-mail.

Оцениваются личностные качества студента (аккуратность, исполнительность, инициативность), своевременная сдача заданий, оформление их в виде расчетно-графических работ

**Рубежный контроль** производится по итогам половины семестра в виде анализа части заданий по РГР для уточнения деятельности учащегося и оказания помощи замечаниями и уточнением сведений, присылаемых по e-mail, а также тестирования – ответов на специальный набор задач с выбором решений.

**Промежуточный контроль** по результатам 3-го семестра по дисциплине проходит в форме экзамена, 4-го семестра – в форме зачета и выполнения контрольных мероприятий: сдачи курсовой и расчетно-графических работ (РГР 1-3), включает в себя ответы на теоретические вопросы и решение задач.

Фонды оценочных средств, включающие типовые задания, контрольные работы, тесты и методы контроля, позволяющие оценить результаты образования по данной дисциплине, включены в состав УМК дисциплины и перечислены в Приложении 5.



## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### ДИСЦИПЛИНЫ

#### 5.1. Основная литература:

- 1) Решение задач начального уровня по сопротивлению материалов: Практическое пособие /Буткарева, Н.Г., Лебедев, М.О., Павлов, А.С. , Санников, В.А. под. ред. Санникова В.А; Балт. гос. техн. ун-т. – СПб., 2015. – 48 с.
- 2) Макаров, Е. Г. Сопротивление материалов с использованием вычислительных комплексов: учебное пособие для ВПО / Е. Г. Макаров. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2017. – 413 с. – ISBN 978-5-534-01773-1.
- 3) Атапин, В. Г. Сопротивление материалов: учебник и практикум для академического бакалавриата / В. Г. Атапин. – М.: Издательство Юрайт, 2017. – 342 с. – ISBN 978-5-534-01762-5.
- 4) Санников Владимир Антонович. Решение задач средней сложности по сопротивлению материалов [Текст]: практическое пособие [для вузов] / Н. Г. Буткарева [и др.]; ред. В. А. Санников; БГТУ "ВОЕНМЕХ". - СПб.: [б. и.], 2016. - 78 с. : граф., табл., черт. - Авторы указ. на обороте тит. листа. - Прил.: с. 69-77. - ISBN 978-5-85546-961-5 : 57 экз

#### 5.2.Дополнительная литература:

- 5) Санников, В.А. Расширенный курс лекций по сопротивлению материалов [Электронный ресурс]: учебное пособие [для вузов]/ В. А. Санников; БГТУ "ВОЕНМЕХ". - Электрон. текстовые дан. - СПб., 2007. - 1 эл. жестк. диск: граф., схемы, табл.: цв.. - Библиогр.: с. 3. - ISBN 6-85546-118-1.
- 6) Санников, В.А. Решение уравнений математической физики методом конечных элементов: учебное пособие / В.А. Санников; Балт. гос. техн. ун-т. – СПб., 2011. – 51с.
- 7) Верхотуркин, Е. Ю., Пашенко В.Н., Пясецкий В. Б. Интерфейс и генерирование сетки в ANSYS Workbench [Электронный ресурс]: учебное пособие / Е. Ю. Верхотуркин, В. Н. Пашенко, В. Б. Пясецкий. - М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2013. - 63 с. - (ЭБС Лань). - Б. ц. - 1 эл. жестк. диск: схемы.

#### 5.3.Электронные ресурсы, Интернет-ресурсы, электронные библиотечные системы: <http://e.lanbook.com/> ЭБС издательства «Лань».

#### 5.4.Программное обеспечение:

программы MATHCAD любой версии, Matlab, КОМПАС-3D, Ansys, Solid Works.

#### 5.5. Информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса:

Предполагаются следующие методы обучения:

- занятия в компьютерном классе с мультимедийной демонстрацией процесса решения (презентаций).
- пересылаемые по e-mail информационные электронные материалы (конспекты лекций, учебно-практические пособия, расчетные схемы и задания) по прикладному применению компьютерных технологий проектирования изделий.
- доступность учебных материалов через сеть Интернет (конспекты лекций, материалы для практических занятий, типовые задачи для контрольных мероприятий, вопросы для подготовки к коллоквиумам размещены в виде – учебных пособий в базе данных «Электронная библиотека» Фундаментальной библиотеки БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова).
- При выполнении заданий используются технологии САД проектирования, а вычислительный САЕ с возможностью установки учебных версий пакетов.

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

1. Лекционные занятия:
  - 1) комплект электронных презентаций/слайдов,
  - 2) аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук),
2. Практические занятия:
  - 1) компьютерный класс,
  - 2) презентационная техника (проектор, экран, компьютер/ноутбук),
  - 3) специализированное ПО - программы MATHCAD любой версии, Matlab, КОМПАС-3D, Ansys, Solid Works.
3. Лабораторные работы
  - 1) шаблоны отчетов по лабораторным работам;
  - 2) Машинный зал, лаборатории:
    - 2.1) статических испытаний (ЛСИ)\*:
      - 2.1.1. Разрывная машина ИМ-4Р, зав.№18, 1947 г.
      - 2.1.2. Испытательная машина ИМ-4А, зав.№21, 1945г.
      - 2.1.3. Испытательная машина К-50, зав №9, 1951 г.
      - 2.1.4. Испытательная машина ЦДМ-10, зав№2214, 1957г.
    - 2.2) Лаборатория статических испытаний с использованием специальных установок, а103\*.

### Аннотация рабочей программы

Дисциплина «Сопротивление материалов» является частью блока 1 цикла дисциплин подготовки студентов по направлению подготовки 24.05.01 – Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов. Дисциплина реализуется на факультете А – Ракетно-космическая техника, БГТУ «Военмех», кафедрой Е7 – Механика деформируемого твердого тела.

Дисциплина нацелена на формирование компетенций:

#### Общепрофессиональных\*

понимание целей и задач инженерной деятельности в современной науке и производстве, сущности инженера как обязанности служить обществу и профессии, следуя кодексу профессионального поведения (ОПК-1)	<i>Пороговый уровень</i>
понимание роли математических и естественно-научных наук и способность к приобретению новых математических и естественно-научных знаний, с использованием новых образовательных и информационных технологий, способность использовать в профессиональной деятельности знания и методы, полученные при изучении математических и естественно-научных дисциплин (модулей) (ОПК-2)	<i>Пороговый уровень</i>

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с прочностью, жесткостью и устойчивостью элементов конструкций простейшей геометрии, при различных видах деформирования. Областью изучения является: напряжено-деформированное состояние; взаимосвязи полей напряжений, деформаций и внешней нагрузок; методы расчета при статическом и динамическом нагружении, а также получение навыков анализа и решения практических задач.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, практические занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа студента, консультации.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля:

**Текущий контроль** успеваемости выполняется в дискретные временные интервалы лектором и преподавателем, ведущими лабораторные работы по дисциплине в следующих формах:

- выполнение-защита этапов расчетно-графических работ;
- тестирование в виде замечаний и уточнений сведений, присылаемых по e-mail.

Оцениваются личностные качества студента (аккуратность, исполнительность, инициативность), своевременная сдача заданий, оформление их в виде расчетно-графических работ

**Рубежный контроль** производится по итогам половины семестра в виде анализа части заданий по РГР для уточнения деятельности учащегося и оказания помощи замечаниями и

уточнением сведений, присылаемых по e-mail, а также тестирования – ответов на специальный набор задач с выбором решений.

**Промежуточный контроль** по результатам 3-го семестра по дисциплине проходит в форме экзамена, 4-го семестра – в форме зачета и выполнения контрольных мероприятий: сдачи курсовой и расчетно-графических работ (РГР 1-3), включает в себя ответы на теоретические вопросы и решение задач.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 7 зачетных единиц, 252 часа. Программой дисциплины предусмотрены лекционные (68 часов), лабораторные (17 часов), практические (17 часов) занятия и 150 часов самостоятельной работы студента.

## ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ПРЕПОДАВАНИЯ

Рекомендации по организации и технологиям обучения для преподавателя

### I. Образовательные технологии

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий: Информационные лекции (электронный конспект), учебно-практические пособия (в электронном виде) по решению задач по сопротивлению материалов и для выполнения лабораторных работ.

Работа в команде:

- совместная работа студентов в подгруппе при выполнении лабораторных работ 1-4 по разделам 1-11 с использованием технологий вычислений на MATHCAD;
- совместное решение задач разделов 1-11 с использованием технологий вычислений на MATHCAD.

### II. Виды и содержание учебных занятий

Теоретические занятия (лекции) - 68 часов.

**Раздел 1.** Основные понятия о прочности, жесткости и устойчивости элементов конструкций. Введение в сопротивление материалов. Информационные лекции.

Теоретические занятия (лекции) -4 часа.

Лекция 1. 1.1-1.2 Идеализация материалов и их свойств, геометрических форм, граничных условий и технических конструкций. Анализ внешних сил. Дифференциальные и интегральные характеристики параметров в сечении стержня.

1.2-1.3 Внутренние усилия, напряжения. Метод сечений для определения внутренних силовых факторов. Построение эпюр.

Лабораторный практикум – 4 часа, 1 работа.

Лаб. Раб. 1. Определение модуля продольной упругости и коэффициента Пуассона методом тензометрирования при растяжении лопаточного образца. Форма выполнения: в группах по 2-3 человека. Типовая работа на реальном оборудовании. Цель работы: Экспериментальное определение механических характеристик материалов. Способы измерения напряжений и деформаций. Используемое оборудование – лабораторные установки.

Управление самостоятельной работой студента – 0,5 часа. Консультации.

**Раздел 2.** Механические свойства материалов. Информационные лекции.

Теоретические занятия (лекции) – 3 часа.

Лекция 2. 2.1. Экспериментальное определение механических характеристик материалов.

2.1. Диаграммы растяжения – сжатия, кручения.

Лекция 3. 2.1. Понятие о предельном и допускаемом напряжении, коэффициенте запаса прочности.

2.2. Способы измерения напряжений и деформаций, тензометрирование.

Лабораторный практикум – 5 часов, 1 работа.

Лаб. Раб. 2. Диаграммы сжатия – растяжения пластичных и хрупких материалов, их анализ и обработка. Испытание неметаллических материалов. Цель работы: Экспериментальное определение механических характеристик материалов. Диаграммы растяжения и сжатия. Тензометрирование. Используемое оборудование – лабораторные установки.

Управление самостоятельной работой студента – 0,8 часа. Консультации.

**Раздел 3.** Анализ напряженного и деформированного состояния стержней на основе гипотезы плоских сечений. Информационная лекция.

Теоретические занятия (лекции) – 11 часов.

Лекция 4. 3.1 Линейное растяжение-сжатие.

3.2 Чистый сдвиг. Кручение. Сплошные и тонкостенные сечения.

Лекция 5. 3.3 Плоский поперечный изгиб. Внутренние усилия, напряжения, перемещения. Нормальные и касательные напряжения. Понятие о центре изгиба.

3.4 Дифференциальное уравнение продольной оси изогнутой балки и его интегрирование. Метод начальных параметров.

Управление самостоятельной работой студента – 0,4 часа. Консультации.

**Раздел 4.** Понятия о тензорах напряжений и деформаций. Главные напряжения. Информационная лекция.

Теоретические занятия (лекции) – 11 часов.

Лекция 6. 4.1. Уравнения равновесия. Условия на поверхности тела. Тензор малых деформаций и тензор напряжений.

4.2. Главные Геометрические уравнения теории упругости.

Лекция 7. 4.3. Обобщенный закон Гука. Шаровой тензор и девиатор. Потенциальная энергия изменения объема и формы.

4.4. Виды напряженного состояния.

Управление самостоятельной работой студента – 0,8 часа. Консультации.

**Раздел 5.** Теории прочности. Сложное сопротивление. Информационная лекция.

Лекция 8. 5.1. Теории прочности. Расчет по несущей способности. Разрушение материалов.

5.1. Предельные состояния бездефектных материалов и конструкций.

Лекция 9. 5.2. Сложное сопротивление, виды: внецентренное растяжение-сжатие, косой изгиб, изгиб с кручением и растяжением.

5.2. Построение нейтральной линии. Подбор размеров по опасным точкам сечения.

Лабораторный практикум – 3 часа, 1 работа.

Лаб. Раб. 3. Определение напряжений и перемещений при сложном сопротивлении. Косой изгиб. Внецентренное растяжение-сжатие. Цель работы: Сложное сопротивление, расчеты на прочность. Тензометрирование. Используемое оборудование – лабораторные установки.

Управление самостоятельной работой студента – 0,4 часа. Консультации.

**Раздел 6.** Теоретические основы расчета упругих систем. Информационная лекция. Теоретические занятия (лекции) – 5 часов.

Лекция 10. 6.1. Потенциальная энергия внешних и внутренних сил. Обобщенные внешние силы и перемещения. Возможная работа внешних и внутренних сил. Принцип возможных перемещений. Теорема о взаимности работ. Коэффициенты податливости и жесткости.

6.2. Определение перемещений в статически определимых стержневых системах способом Мора.

Управление самостоятельной работой студента – 0,2 часа. Консультации.

**Раздел 7.** Раскрытие статической неопределимости методом сил. Информационная лекция.

Лекция 11. 7.1. Канонические уравнения метода сил. Определение перемещений в статически неопределимых стержневых системах.

7.2. Прямая и косая симметрия. Проверка решения.

Лабораторный практикум – 5 часов, 1 работа.

Лаб. Раб. 4. Канонические уравнения метода сил. Определение перемещений в статически неопределимых стержневых системах. Проверка решения.

Управление самостоятельной работой студента – 0,8 часа. Консультации.

**Раздел 8.** Основные понятия. Продольный изгиб стержня. Информационная лекция. Теоретические занятия (лекции) – 10 часов.



Лекция 12. 8.1. Формула Эйлера. Влияние граничных условий. Энергетический метод расчета стержня на устойчивость.

8.2. Формула Ясинского. Пределы применимости формулы Эйлера. Продольно-поперечный изгиб стержня.

**Раздел 9.** Колебания упругих систем. Виды динамического воздействия. Информационная лекция.

Теоретические занятия (лекции) – 14 часов.

Лекция 13. 9.1. Инерционные нагрузки, учет степеней свободы. 9.2. Колебания простейшей одностепенной системы. 9.3. Коэффициент динамичности при неупругом соударении тел.

9.4. Колебания системы при импульсном воздействии.

9.5. Вынужденные колебания при гармоническом и произвольном внешнем воздействии. Интеграл Дюамеля. Коэффициент динамичности при гармоническом воздействии.

9.6. Инженерная методика расчета конструкций на динамические воздействия.

Управление самостоятельной работой студента – 0,8 часа. Консультации.

**Раздел 10.** Усталостное разрушение. Информационная лекция.

Теоретические занятия (лекции) – 6 часов.

Лекция 14. 10.1. Циклические переменные напряжения. Предел выносливости.

10.2. Расчеты на циклическую прочность. Диаграммы предельных амплитуд при чистом сдвиге, растяжении сжатии, изгибе.

Лекция 15. 10.2. Расчеты на циклическую прочность. Диаграммы предельных амплитуд при чистом сдвиге, растяжении сжатии, изгибе.

10.3. Коэффициенты запаса прочности. Основные факторы, влияющие на предел выносливости.

Управление самостоятельной работой студента – 0,8 часа. Консультации.

**Раздел 11.** Прочность тонкостенных и толстостенных труб и сосудов. Информационная лекция.

Теоретические занятия (лекции) – 4 часа.

Лекция 16. 11.1. Расчеты на прочность толстостенных труб, формула Ламэ.

11.2. Расчет тонкостенных оболочек по безмоментной теории. Формула Лапласа.

Лекция 17. 11.3. Практические примеры расчетов на прочность толстостенных и тонкостенных оболочек.

Управление самостоятельной работой студента – 0,5 часа. Консультации.

## ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

### Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудовое освоение дисциплины составляет 252 часа, из них 102 часа аудиторных занятий и 150 часов, отведенных на самостоятельную работу студента.

Рекомендации по распределению учебного времени по видам самостоятельной работы и разделам дисциплины приведены в таблице.

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о порядке проведения промежуточной аттестации студентов БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова (приказ ректора от 11.12.2007 № 78-с(о)); Положением о текущем контроле успеваемости студентов БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова (приказ ректора от 21.01.2008 № 7-О).

Формы контроля и критерии оценивания приведены в п.4 Рабочей программы и в Приложении 5 к Рабочей программе.

Вид работы	Содержание (перечень вопросов)	Трудовое время, час.	Рекомендации
<b>Раздел 1. Основные понятия о прочности, жесткости и устойчивости элементов конструкций. Введение в сопротивление материалов.</b>			
Подготовка по лекционному материалу. Самостоятельное изучение теоретического материала по теме	Теория. Изучение вопросов идеализации материалов и их свойств, геометрических форм, граничных условий и технических характеристик конструкций. Анализ внешних сил, дифференциальных и интегральных характеристик параметров в сечении стержня. Внутренние усилия, напряжения. Самостоятельное решение задач по разделу.	5	См. раздел 1 уч. пособия [2] и конспекты лекций
Подготовка по практическим занятиям	Изучение теоретического материала по обработке экспериментальных данных (механическим характеристикам материалов и способам измерения напряжений и деформаций).	5	См. описание практических и лабораторных работ
Оформление отчета по расчетно-графическим работам	Изложение хода решения задачи. Выводы и заключения.	4	Использование уч. пособий [1,2] по сопротивлению материалов.
Итого по разделу 1		14 часов	
<b>Раздел 2. Механические свойства материалов.</b>			
Подготовка по лекционному материалу. Самостоятельное изучение теоретического материала по теме	Теория. Экспериментальное определение механических характеристик материалов. Диаграммы растяжения – сжатия, кручения. Понятие о предельном и допустимом напряжении, коэффициенте запаса прочности. Способы измерения напряжений и деформаций, тензометрирование. Самостоятельное решение задач по разделу.	5	См. раздел 2 уч. пособия [2] и конспекты лекций
Подготовка по практическим занятиям	Модуль продольной упругости и коэффициент Пуассона. Анализ диаграммы сжатия – растяжения пластичных и хрупких материалов, испытание неметаллических материалов. Модуль сдвига при кручении. Диаграммы испытаний при кручении, характеристики материалов.	3	См. описание практической и лабораторной работы
Оформление отчета по	Изложение хода решения задачи.	2	Использование уч. пособий [1,2] по со-

расчетно-графическим работам	Выводы и заключения.		противлению материалов.
Итого по разделу 2		10 часов	
<b>Раздел 3. Анализ напряженного и деформированного состояния стержней на основе гипотезы плоских сечений.</b>			
Подготовка по лекционному материалу. Самостоятельное изучение теоретического материала по теме	Теория. Линейное растяжение-сжатие. Чистый сдвиг. Кручение. Сплошные и тонкостенные сечения. Плоский поперечный изгиб. Внутренние усилия, напряжения, перемещения. Нормальные и касательные напряжения. Понятие о центре изгиба. Дифференциальное уравнение продольной оси изогнутой балки и его интегрирование. Метод начальных параметров.	5	См. раздел 3 уч. пособия [2] и конспекты лекций
Подготовка по практическим занятиям	Лаб. Раб. 4. Определение напряжений и перемещений при плоском поперечном изгибе.	6	См. описание практической и лабораторной работы
Оформление отчета по расчетно-графическим работам	Изложение хода решения задачи. Выводы и заключения.	5	Использование уч. пособий [1,2] по сопротивлению материалов.
Итого по разделу 3		16 часов	
<b>Раздел 4. Понятия о тензорах напряжений и деформаций. Главные напряжения.</b>			
Подготовка по лекциям. Самостоятельное изучение теоретического материала по теме	Теория. Уравнения равновесия. Условия на поверхности тела. Тензор малых деформаций и тензор напряжений. Главные Геометрические уравнения теории упругости. Обобщенный закон Гука. Шаровой тензор и девиатор. Потенциальная энергия изменения объема и формы. Виды напряженного состояния	7	См. раздел 4 уч. пособия [2] и конспекты лекций
Подготовка по практическим занятиям	Лаб. Раб. 5. Поляризационно-оптический метод определения напряжений.	5	См. описание лабораторной работы
Оформление отчета по расчетно-графическим работам	Изложение хода решения задачи. Выводы и заключения.	4	Использование уч. пособий [1,2] по сопротивлению материалов.
Итого по разделу 4		16 часов	
<b>Раздел 5. Теория прочности. Сложное сопротивление</b>			
Подготовка по лекциям. Самостоятельное изучение теоретического материала	Теория прочности. Расчет по несущей способности. Разрушение материалов. Предельные состояния бездефектных материалов и конструкций. Сложное сопротивление, виды: внецентренное растяжение-сжатие, косой изгиб, изгиб с кручением и растяжением. Построение нейтральной линии. Подбор размеров по опасным точкам сечения.	4	См. раздел 5 уч. пособия [2] и конспекты лекций
Подготовка по практическим занятиям	Изучение теоретического материала	5	См. описание лабораторной работы
Оформление отчета по расчетно-графическим работам	Изложение хода решения задачи. Выводы и заключения.	4	Использование уч. пособий [1,2] по сопротивлению материалов.
Итого по разделу 5		13 часов	
<b>Раздел 6. Теоретические основы расчета упругих систем.</b>			
Подготовка по лекциям	Теория. Потенциальная энергия внешних и внутренних сил. Обобщенные внеш-		

ям. Самостоятельное изучение теоретического материала по теме	ние силы и перемещения. Возможная работа внешних и внутренних сил. Принцип возможных перемещений. Теорема о взаимности работ. Коэффициенты подвижности и жесткости. Определение перемещений в статически определимых стержневых системах способом Мора.	6	См. раздел 1 уч. пособия [2] ] и конспекты лекций
Подготовка по практическим занятиям	Практика. Определение перемещений в статически определимых стержневых системах способом Мора.	3	См. раздел 1 уч. пособия [1], конспекты лекций и практических занятий
Оформление отчета по расчетно - графическим работам	Изложение хода решения задачи. Выводы и заключения.	3	Использование уч. пособий [1,2], журнала лабораторных работ по сопроводительным материалам.
Итого по разделу 6		12 часов	
<b>Раздел 7. Раскрытие статической неопределимости методом сил.</b>			
Подготовка по лекциям. Самостоятельное изучение теоретического материала по теме	Теория. Канонические уравнения метода сил. Определение перемещений в статически неопределимых стержневых системах. Прямая и косая симметрия. Проверка решения.	6	См. раздел 1 уч. пособия [2] и конспекты лекций
Подготовка по практическим занятиям	Практика. Канонические уравнения метода сил. Определение перемещений в статически неопределимых стержневых системах. Прямая и косая симметрия. Проверка решения.	3	См. раздел 1 уч. пособия [1], конспекты лекций и практических занятий
Оформление отчета по расчетно-графическим работам	Изложение хода решения задачи. Выводы и заключения.	3	Использование уч. пособий [1,2] по сопроводительным материалам.
Итого по разделу 7		12 часов	
<b>Раздел 8. Устойчивость. Основные понятия. Продольный изгиб стержня.</b>			
Подготовка к лекции. Самостоятельное углубленное изучение материала	Теория. Формула Эйлера. Влияние граничных условий. Энергетический метод расчета стержня на устойчивость. Формула Ясинского. Пределы применимости формулы Эйлера. Продольно-поперечный изгиб стержня.	4	См. раздел 1 уч. пособия [2] ] и конспекты лекций
Подготовка к практическому решению задач	Практика. Определение критической силы по Эйлеру. Учет граничных условий. Энергетический метод расчета на устойчивость. Формула Ясинского. Инженерный метод расчета на устойчивость. Коэффициенты редукции. Продольно-поперечный изгиб стержня.	4	См. раздел 1 уч. пособия [1], конспекты лекций и практических занятий
Оформление отчета по практическим расчетно - графическим работам	Изложение хода решения задачи. Выводы и заключения.	3	Использование уч. пособий [1,2] по сопроводительным материалам.
Итого по разделу 8		11 часов	
<b>Раздел 9. Колебания упругих систем. Виды динамического воздействия.</b>			

Подготовка к лекции. Самостоятельное углубленное изучение материала по теме	Теория. Инерционные нагрузки, учет степеней свободы. Колебания простейшей одноступенчатой системы. Коэффициент динамичности при неупругом соударении тел. Колебания системы при импульсном воздействии. Вынужденные колебания при гармоническом и произвольном внешнем воздействии. Интеграл Дюамеля. Коэффициент динамичности при гармоническом воздействии. Инженерная методика расчета конструкций на динамические воздействия	1/2	См. раздел 1 уч. пособия [2] ] и конспекты лекций
Подготовка к практическому решению задач	Практика. Учет инерционных нагрузок. Собственные колебания. Коэффициент динамичности при неупругом ударе и при гармоническом воздействии. Инженерная методика расчета конструкций на динамические воздействия.	5	См. раздел 1 уч. пособия [1], конспекты лекций и практических занятий
Оформление отчета по практическим расчетно - графическим работам.	Изложение хода решения задачи. Выводы и заключения.	5	Использование уч. пособий [1,2], журналов лабораторных работ по сопоставлению материалов.
Итого по разделу 9		22 часа	
<b>Раздел 10. Усталостное разрушение.</b>			
Подготовка к лекции. Самостоятельное углубленное изучение материала по теме	Теория. Циклические переменные напряжения. Предел выносливости. Расчеты на циклическую прочность. Диаграммы предельных амплитуд при чистом сдвиге, растяжении сжатии, изгибе. Коэффициенты запаса прочности. Основные факторы, влияющие на предел выносливости.	5	См. раздел 1 уч. пособия [2] ] и конспекты лекций
Подготовка к практическому решению задач	Практика. Усталостное разрушение и расчеты на прочность. Определение коэффициентов запаса прочности при чистом сдвиге, растяжении сжатии, изгибе.	4	См. раздел 1 уч. пособия [1], конспекты лекций и практических занятий
Оформление отчета	Конспекты основных положений	2	Использование уч. пособий [1,2] по сопоставлению материалов.
Итого по разделу 10		11 часов	
<b>Раздел 11. Прочность тонкостенных и толстостенных труб и сосудов.</b>			
Подготовка к лекции. Самостоятельное углубленное изучение материала	Теория. Расчеты на прочность толстостенных труб, формула Ламэ. Расчет тонкостенных оболочек по безмоментной теории. Формула Лапласа.	1/2	См. раздел 1 уч. пособия [2] ] и конспекты лекций
Подготовка к практическому решению задач	Практика. Самостоятельные расчеты труб и сосудов по формулам Ламэ и Лапласа.	5	См. раздел 1 уч. пособия [1], конспекты лекций и практических занятий
Оформление отчета	Конспекты основных положений	5	Использование уч. пособий [1,2] по сопоставлению материалов.
Итого по разделу 11		22 часа	
Всего		150 часов	

### Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Вид учебных занятий	Организация деятельности студента
Лекция	<p>При написании конспекта кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины.</p> <p>Определение терминов, понятий и определений (дефиниций) выполнять с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Материал, вызывающий трудности, отмечать и пытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся понять материал, нужно сформулировать вопрос и задать его преподавателю на консультации или практическом занятии.</p> <p>Уделить внимание следующим понятиям 1. Непрерывная сплошная среда, изотропность, упругость, прочность, жесткость и устойчивость. Дифференциальные и интегральные характеристики параметров в сечении стержня, метод сечений. 2. Механические свойства материалов. Предельное, допускаемое напряжение, коэфф. запаса прочности. 3. Анализ напряженного и деформированного состояния стержней на основе гипотезы плоских сечений при растяжении-сжатии, кручение, изгибе. Дифференциальное уравнение продольной оси изогнутой балки и его интегрирование. 4. Компоненты тензоров напряжений и деформаций. Главные напряжения. Обобщенный закон Гука. Шаровой тензор и девиатор. Виды напряженного состояния. 5. Теории прочности. Сложное сопротивление: внецентренное растяжение-сжатие, косой изгиб, изгиб с кручением и растяжением. Подбор размеров сечения. 6. Теоретические основы расчета упругих систем, определение перемещений способом Мора. 7. Раскрытие статической неопределимости методом сил. Проверка решения. 8. Понятия устойчивости, вывод формулы Эйлера и пределы ее применимости. Формула Ясинского. Влияние граничных условий. 9. Колебания упругих систем, виды динамических воздействий, инерционные нагрузки, коэффициент динамичности при ударе и гармоническом воздействии. 10. Усталостное разрушение, характеристики циклов, предел выносливости. Расчеты на циклическую прочность. Коэффициенты запаса прочности. 11. Прочность тонкостенных и толстостенных труб и сосудов.</p>
Практические занятия	Уделить внимание понятию «расчетная схема». Решение расчетно-графических заданий (РГР), задач выполнять строго по излагаемой последовательности этапов (алгоритму), приведенному в пособиях [1,2]. Использовать конспект практических занятий, а также контрольные вопросы, просмотр рекомендуемой литературы, работу с текстом [1,2].
Лабораторные занятия	Методические указания по выполнению лабораторных работ (соответствуют рекомендациям [1,2]).
Расчетно-графические работы, тестирование	Для более эффективного выполнения работ рекомендуется знакомство со справочными изданиями, методическими пособиями из открытого интернет-доступа. Основные положения, термины и сведения, требующиеся для запоминания и являющихся основополагающими изложены в источниках [1,2].
Курсовая работа	Методические указания по выполнению курсовых работ (соответствуют рекомендациям [1,2]).
Подготовка к экзамену и зачету	При подготовке к экзамену и зачету необходимо ориентироваться на конспект лекций [3], и материалы по решению индивидуальных задач, формирующих РГР 1-РГР 3.

#### ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ЗАДАНИЙ (по видам СРС)

Темы расчетно-графических работ:

1. РГР 1. Расчет на прочность и проверка жесткости элементов конструкций при растяжении, кручении, изгибе.
2. РГР 2. Прочность и проверка жесткости пространственных рам при сложном сопротивлении.
3. РГР 3. Анализ прочности статически неопределимых систем, определение собственных колебаний и коэффициента динамичности при ударах. Устойчивость элементов конструкций.



## **ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА И МЕТОДИКИ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ**

Оценивание уровня учебных достижений студента осуществляется в виде текущего, рубежного и промежуточного контроля в соответствии с ПОЛОЖЕНИЕМ о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов БГТУ «ВОЕНМЕХ».

### **Фонды оценочных средств**

Фонды оценочных средств, позволяющие оценить результаты обучения по данной дисциплине, включают в себя:

- комплект тестовых заданий по темам 11 разделов - 25 шт., размещен в УМК по дисциплине;
- комплект типовых заданий по темам 11 разделов - 250 шт., приведен в УМК по дисциплине;
- комплект задач по 11 разделам дисциплины 450 - вариантов от 1 до 4 задач, размещен в учебнике [2] (Решение задач средней сложности по сопротивлению материалов: практическое пособие / Буткарева Н.Г., Лебедев, М.О., Павлов, А.С., Санников, В.А., Туркина Н.Р.; под. ред. В.А.Санникова; Балт. гос. техн. ун-т.) в составе УМК по дисциплине;
- шаблоны отчетов по лабораторным работам – 11 шт., размещены на ПК для лабораторных работ кафедры и в составе УМК по дисциплине (электронный вариант);
- варианты заданий по расчетно-графическим работам в составе 250 шт. (комплектуются из вариантов ДЗ), приведены в методических указаниях (электронный вариант) по выполнению работ.

### **Критерии оценивания тестирования и курсовой работы**

Текущее электронное тестирование имеется в виде 25 тестовых задач с четырьмя ответами на каждую. Необходимо правильно решить задачу и показать верный ответ.

Оценка по курсовой работе выставляется студенту по результатам текущего контроля и защиты. Текущая успеваемость студента фиксируется преподавателем в течение всего семестра по этапам выполнения работы. При этом оценка «отлично» выставляется при правильно решенных задачах, аккуратно и чисто, в соответствии с требованиями оформленном решении. Оценка «хорошо» выставляется при правильно решенных задачах, при наличии в ходе решения исправлений и незначительных пометок. Оценка «удовлетворительно» выставляется, если после проверки в работе будут исправлены все ошибки, и она будет правильно оформлена. Во всех остальных случаях работа не засчитывается и выдается другой вариант.

Решения заданий представляются в печатной или рукописной форме. Каждое задание содержит от одной до трех задач, в зависимости от трудоемкости.

- правильное решение менее 1 задачи – 0 баллов,
- каждая правильно решенная задача при общем количестве решенных задач более 1 оценивается в 5 баллов.

Основаниями для снижения количества баллов за одну задачу в диапазоне от 5 до 3 являются: небрежное выполнение, низкое качество графического материала (неверный выбор масштаба чертежей, отсутствие указания единиц измерения на графиках), высокая погрешность расчетов при вычислениях предельных параметров НДС.

### **Лабораторные работы**

**Допуск к выполнению ЛР** происходит при условии наличия у студента печатной версии титульного листа отчета по лабораторной работе и этапа РГР, тестирования (список из 5 тестовых вопросов выдается на занятии, время на ответ – 10 минут). Баллы начисляются в зависимости от количества правильных ответов:

- от 1 до 3 правильных ответов – min балл (3),
- более 4 правильных ответов – max балл (5).

### **Отчет по РГР**

Отчет по работе представляется в печатном виде в формате, предусмотренном шаблоном отчета лабораторной работы или части РГР. Защита отчета проходит в форме доклада

студента по выполненной работе и ответов на вопросы преподавателя. В случае если оформление отчета и поведение студента во время защиты соответствуют указанным требованиям, студент получает максимальное количество баллов.

Основаниями для снижения количества баллов в диапазоне от 5 до 3 являются: небрежное выполнение, низкое качество графического материала (неверный выбор масштаба чертежей, отсутствие указания единиц измерения на графиках).

Отчет не может быть принят и подлежит доработке в случае:

- отсутствия необходимых разделов,
- отсутствия необходимого графического материала,
- некорректной обработки результатов измерений.

### Критерии экзамена

Перечень и параметры оценивания видов деятельности обучающегося

№ п/п	Вид деятельности обучающегося	Весовой коэффициент значимости, %	Критерии (условия) начисления баллов
1	Аудиторная активность: посещение лекций и практических (семинарских) занятий	30	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 балла за каждое посещение лекций (всего 17 лекций в семестре), максимум 34 балла;</li> <li>• 15 баллов - наличие конспекта лекций;</li> <li>• 2 балл посещение практических занятий (всего 17 занятий в семестре), максимум 34 балла.</li> </ul>
2	Подготовка и представление устных докладов, либо участие в студенческой конференции	40	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 50 баллов за доклад на занятии (всего 1 доклад по дисциплине), максимум 50 баллов;</li> <li>• 50 баллов за выступление на конференции, либо до 50 баллов за доклад, занявший одно из первых трех мест на конференции, максимум 50 баллов.</li> </ul>
3	Сдача экзамена	30	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ответ на теоретический вопрос (полнота, владение терминологией, затраченное время) – максимум 50 баллов;</li> <li>• решение практического задания – 50 баллов за задание (всего 1 задание), максимум 50 баллов</li> </ul>
Итого (%):		100	

### Критерии оценивания на зачете

Зачет включает в себя ответы на теоретические вопросы (25 шт.) и решение задач (2 шт.)

Для успешной сдачи теоретической части необходимо верно ответить на 21 вопрос теста. После сдачи теоретической части оценка за зачет складывается по количеству решенных задач:

- Одна задача – не зачтено;
- Две задачи – зачтено.

### Перевод балльной шкалы в традиционную систему оценивания

Баллы	Оценка по нормативной шкале	
86 - 100	5 (отлично)	Зачтено
75 – 85	4 (хорошо)	
61 – 74		
51 - 60		
40 – 50	3 (удовлетворительно)	
17 – 39	2 (неудовлетворительно)	Не зачтено
1 – 16		
0		

## СПРАВКА

о наличии в библиотеке БГТУ «ВОЕНМЕХ» им.Д.Ф.Устинова учебной литературы  
(справка является неотъемлемой частью УМК дисциплины)

1. Наименование дисциплины: сопротивление материалов
2. Кафедра: Е7, механика деформируемого твердого тела
3. Перечень основной учебной литературы (авторы, название, наличие грифа Минобразования, УМО, НМС, другого министерства или ведомства, выходные данные, количество экземпляров):

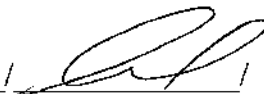
- 1) Решение задач начального уровня по сопротивлению материалов [Текст]: практическое пособие [для вузов] / Н. Г. Буткарева [и др.]; ред. В. А. Санников; БГТУ "ВОЕНМЕХ". - СПб.: [б. и.], 2015. - 90 с.: схемы, табл.
- 2) Макаров, Евгений Георгиевич. Сопротивление материалов с использованием вычислительных комплексов [Электронный ресурс]: учебное пособие для академического бакалавриата / Е. Г. Макаров. - М.: Юрайт, 2017. - 413 с. - (ЭБС Юрайт).
- 3) Атапин, В. Г. Сопротивление материалов [Электронный ресурс]: учебник и практикум для академического бакалавриата / В. Г. Атапин. - М.: Юрайт, 2017. - 342 с. - (ЭБС Юрайт).
- 4) Санников Владимир Антонович. Решение задач средней сложности по сопротивлению материалов [Текст]: практическое пособие [для вузов] / Н. Г. Буткарева [и др.]; ред. В. А. Санников; БГТУ "ВОЕНМЕХ". - СПб.: [б. и.], 2016. - 78 с. : граф., табл., черт. - Авторы указ. на обороте тит. листа. - Прил.: с. 69-77. - ISBN 978-5-85546-961-5: 57 экз.

Параллельные издания: [Электронный ресурс]: Решение задач начального уровня по сопротивлению материалов: практическое пособие [для вузов] / Н. Г. Буткарева [и др.]; ред. В. А. Санников. - СПб., 2015. - 1 эл. жестк. диск: схемы.

4. Перечень дополнительной литературы (авторы, название, наличие грифа Минобразования, УМО, НМС, другого министерства или ведомства, выходные данные, количество экземпляров):

- 5) Санников, Владимир Антонович. Расширенный курс лекций по сопротивлению материалов [Электронный ресурс]: учебное пособие [для вузов] / В. А. Санников; БГТУ "ВОЕНМЕХ". - Электрон. текстовые дан. - СПб.: [б. и.], 2007. - 1 эл. жестк. диск: цв.: граф., схемы, табл. - Об авторе: с. 3.
- 6) Санников, Владимир Антонович. Решение уравнений математической физики методом конечных элементов [Текст] : учебное пособие [для вузов] / В. А. Санников; БГТУ "ВОЕНМЕХ". - СПб.: [б. и.], 2011. - 51 с.: граф., схемы, табл. - Библиогр.: с. 50.
- 7) Верхотуркин, Е. Ю., Пащенко В.Н., Пясецкий В. Б. Интерфейс и генерирование сетки в ANSYS Workbench [Электронный ресурс]: учебное пособие / Е. Ю. Верхотуркин, В. Н. Пащенко, В. Б. Пясецкий. - М. : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2013. - 63 с. - (ЭБС Лань).

Директор библиотеки БГТУ Сесина В.Н.



Дата «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.