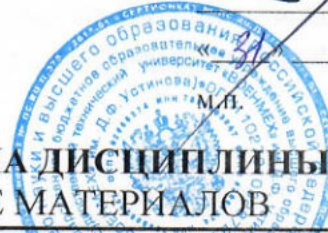


УТВЕРЖДАЮ  
 Первый проректор -  
 проректор по образовательной  
 деятельности

В.А.Бородавкин



## 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-  
 кет и ракетно-космических комплексов

Специализация/профиль/программа  
 подготовки Моделирование и информационные технологии  
 проектирования ракетно-космических систем

(указывается индекс и наименование направления специальности)

Уровень высшего образования Бакалавр

(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, ЗАЧЕТ, ДИФФ. ЗАЧЕТ)
			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	3	108	51	34	17	-	-	-	57	-	-	-	-	57	ЭКЗАМЕН
2	4	3	108	51	34	-	17	-	-	57	-	18	-	-	39	ЗАЧЕТ
Итого		6	216	102	68	17	17	-	-	114	-	18	-	-	96	

Начальник отдела основных образовательных программ

А.А. Русина /  
 « 31 » 08 2020 г.

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

*/оборотная сторона титульного листа/*

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

### КОМПЛЕКСОВ

*(указывается индекс и наименование направления подготовки высшего образования)*

Программу составили:

кафедра Е7 - Механика деформируемого твердого тела

Маламанов Степан Юрьевич, доцент, к. ф.-м.н.

Эксперт(ы):

*(выпускающие кафедры, другие вузы,*

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

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)*

«31» 08 2020 г. Заведующий кафедрой Санников В.А., д.т.н., проф.

*(Ф.И.О., уч. степень, уч. звание)*

*(подпись)*

Программа рассмотрена

на заседании выпускающей кафедры А1– Ракетостроение

«31» 08 2020 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

«31» 08 2020 г. Председатель УМК по УГНиСП Сырцев А.Н., д.воен.н., с.н.с., проф., к.т.н.

*(подпись)*

Учебная дисциплина обеспечена основной литературой

«31» 08 2020 г. Директор библиотеки БГТУ Сесина В.П.

*(Ф.И.О., уч. степень, уч. звание)*

## **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 .....	13
5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ.....	14
ДИСЦИПЛИНЫ.....	14
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

ОПК-1: Пониманием целей и задач инженерной деятельности в современной науке и производстве, сущности профессии инженера как обязанности служить обществу и профессии, следуя кодексу профессионального поведения	<i>Пороговый уровень</i>
ОПК-2: пониманием роли математических и естественнонаучных наук и способностью к приобретению новых математических и естественнонаучных знаний, с использованием современных образовательных и информационных технологий, способностью использовать в профессиональной деятельности знания и методы, полученные при изучении математических и естественнонаучных дисциплин (модулей)	<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-1);
- классификации задач сопротивления материалов по видам деформирования простейших элементов конструкций, а также по степени статической определенности – неопределенности (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 определенности – неопределенности 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 частью блока 1 программ цикла дисциплин ФГОС.

Содержание дисциплины является логическим продолжением содержания дисциплин, связанных с математикой, физикой, электротехникой, теоретической механикой и служит основой для освоения таких дисциплин, как гидрогазоаэродинамика, основы автоматизированного проектирования, двигатели летательных аппаратов, детали машин и т.п.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

ОК-2: способностью 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 6 зачетных единиц, 216 часа.

#### 3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

КУРС	СЕМЕСТР	НОМЕРА РАЗДЕЛОВ	НАИМЕНОВАНИЕ РАЗДЕЛОВ И ДИДАКТИЧЕСКИХ ЕДИНИЦ	ВСЕГО	АУДИТОРНЫЕ				САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ	ОПК-1	ОПК-2
					ВСЕГО	Лекции	Аудиторный практикум (стеллар)	Лабораторный практикум			
2	3	1	<p><b>Раздел 1.</b> 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>	18	8	4	0	4	10	7	7
2	3	2	<p><b>Раздел 2.</b> Механические свойства материалов.</p> <p>2.1. Экспериментальное определение механических характеристик материалов. Диаграммы растяжения – сжатия, кручения. Понятие о предельном и допусковом напряжении, коэффициенте запаса прочности.</p> <p>2.2. Способы измерения напряжений и деформаций, тензометрирование.</p>	15	7	3	0	4	8	7	7
2	3	3	<p><b>Раздел 3.</b> 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>	15	11	11	0	0	4	7	7
2	3	4	<p><b>Раздел 4.</b> 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 девiator. Потенциальная энергия изменения объема и формы.</p> <p>4.4. Виды напряженного состояния</p>	15	11	11	0	0	4	7	7
2	3	5	<p><b>Раздел 5.</b> 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: висцентренное растяжение-сжатие, косой изгиб, изгиб с кручением и растяжением. Построение нейтральной линии. Подбор размеров по опасным точкам сечения.</p>	15	4	0	0	4	11	75	7

2	3	6	<b>Раздел 6. Теоретические основы расчета упругих систем.</b> 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.	15	5	5	0	0	10	7	7
2	3	7	<b>Раздел 7. Раскрытие статической неопределимости методом сил.</b> 7.1. Канонические уравнения метода сил. Определение перемещений в статически неопределимых стержневых системах. 7.2. Прямая и косая симметрия. Проверка решения.	15	5	0	0	5	10	8	8
			Итого за 2-ой семестр	108	51	34	0	17	57	50	50

2	4	8	<b>Раздел 8. Устойчивость. Основные понятия. Продольный изгиб стержня.</b> 8.1. Формула Эйлера. Влияние граничных условий. 8.2. Энергетический метод расчета стержня на устойчивость. 8.3. Формула Ясинского. Пределы применимости формулы Эйлера. 8.4. Продольно-поперечный изгиб стержня.	25	14	10	4	0	11	15	15
2	4	9	<b>Раздел 9. Колебания упругих систем. Виды динамического воздействия.</b> 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	43	21	14	7	0	22	15	15
2	4	10	<b>Раздел 10. Усталостное разрушение.</b> 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	<b>Раздел 11. Прочность тонкостенных и толстостенных труб и сосудов.</b> 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 за 3-ий семестр	108	51	34	17	17	57	50	50
			ВСЕГО ПО ДИСЦИПЛИНЕ	216	102	68	17	17	114	100	100



### 3.1. ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического 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. Раздел 3. Анализ напряженного и деформированного состояния стержней на основе гипотезы плоских сечений.	<b>Тема 2.</b> Экспериментальное определение механических характеристик материалов. Диаграммы растяжения и сжатия. Тензометрирование. <b>Тема 3.</b> Экспериментальное определение механических характеристик материалов. Кручение. Тензометрирование. Плоский поперечный изгиб. Усилия, напряжения, перемещения. Метод начальных параметров	Учебная лаборатория каф. Е7	4
3	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.	Учебная лаборатория каф. Е7	2
4	Раздел 5. Теории прочности. Сложное сопротивление.	<b>Тема 5.</b> Сложное сопротивление, расчеты на прочность. Тензометрирование.	Учебная лаборатория каф. Е7	3
5	Раздел 6. Теоретические основы расчета упругих систем. Раздел 7. Раскрытие статической неопределимости методом сил	<b>Тема 6.</b> Обобщенные внешние силы и перемещения. Возможная работа внешних и внутренних сил. Принцип возможных перемещений. <b>Тема 7.</b> Метод сил. Определение перемещений в статически неопределимых стержневых системах.	Учебная лаборатория каф. Е7	4
		ИТОГО		17

### 3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
8	Раздел 8. Устойчивость. Основные понятия. Продольный изгиб стержня.	Определение критической силы по формулам Эйлера и Ясинского. Инженерный метод расчёта на устойчивость.	4
9	Раздел 9. Колебания упругих систем. Виды динамического воздействия.	Колебания конструкций, резонанс, коэффициент динамичности. Инженерная методика расчета конструкций на динамические воздействия.	4
10	Раздел 10. Усталостное разрушение.	Расчеты на прочность конструкций из различных материалов, подверженных циклическим нагрузкам	4
11	Раздел 11. Прочность тонкостенных и толстостенных труб и сосудов.	Расчеты на прочность толстостенных труб, формула Ламэ.	5
Итого:			17

### 3.3. 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.	11
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.	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.	10
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.	10
Раздел 5. Теории прочности. Сложное сопротивление.	РГР 2б. Подготовка к ПЗ. Графическое построение главного и среднего плоского напряженного состояния. Виды сложного сопротивления. Подбор размеров сечений.	10
Раздел 6. Теоретические основы расчета упругих систем.	РГР 2в. Подготовка к ПЗ. Определение перемещений способом Мора. Грузовая и единичная системы. Интегралы Мора, их интегрирование..	11
Раздел 7. Раскрытие статической неопределимости методом сил.	РГР 3. Подготовка к ПЗ. Приемы составления статически определимой эквивалентной расчетной схемы. Последовательность решения задач.	11
Раздел 8. Устойчивость. Основные понятия. Продольный изгиб стержня.	Подготовка к ПЗ. Решение задач на потерю устойчивости по формулам Эйлера, Ясинского и методом редукции..	10
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.	11
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.	10
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.	10
<b>ВСЕГО</b>		<b>114</b>

Списки, содержащие перечень, типовых расчетов с указанием их тематики перечислены в Приложении 4.

Варианты домашних заданий, 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>		18

#### 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					ЛР 2,3							ЛР 4		
4							КР1		Т						КР2		ЗАЧЕТ

Условные обозначения:

- ЛР 1-4 – лабораторные работы;
- 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:

- ответы на теоретические вопросы и решение задач;
- 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 домашних заданий 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 этапов курсовой работы, 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 [Текст] : практическое пособие [для вузов] / Н. Г. Буткарева [и др.] ; ред. В. А. Санников ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. - СПб. : [б. и.], 2015. - 90 с. : схемы, табл. - ISBN 978-5-85546-892-2. - 37 экз.
2. Решение задач начального уровня по сопротивлению материалов [Электронный ресурс] : практическое пособие [для вузов] / Н. Г. Буткарева [и др.] ; ред. В. А. Санников ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. - Электрон. текстовые дан. - СПб. : [б. и.], 2015. - 1 эл. жестк. диск : схемы, табл. - Электрон. версия печ. публикации [\\lib\\_server\elres\elr02381.pdf](http://lib_server\elres\elr02381.pdf). - ISBN 978-5-85546-892-2
3. Титух, Игорь Николаевич. Устойчивость механических систем. Динамика [Текст] : учебное пособие [для вузов] / И. Н. Титух, С. П. Яковлев ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. - СПб. : [б. и.], 2016. - 49 с. : граф., схемы. - Библиогр.: с. 48. - ISBN 978-5-85546-930-1. - 68 экз.
4. Титух, Игорь Николаевич. Устойчивость механических систем. Динамика [Электронный ресурс] : учебное пособие [для вузов] / И. Н. Титух, С. П. Яковлев ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. - Электрон. текстовые дан. - СПб. : [б. и.], 2016. - 1 эл. жестк. диск : граф., схемы. - Электрон. версия печ. публикации [\\lib\\_server\elres\elr02438.pdf](http://lib_server\elres\elr02438.pdf). - Библиогр.: с. 48. - ISBN 978-5-85546-930-1
5. Макаров, Евгений Георгиевич. Сопротивление материалов с использованием вычислительных комплексов [Текст] : учебное пособие для академического бакалавриата / Е. Г. Макаров. - 2-е изд., испр. и доп. - М. : Юрайт, 2018. - 413 с. : граф., обр., схемы, табл. - (Бакалавр. Академический курс). - Об авт.: с. 2, послед. с. обл. - КОПИРОВАНИЕ ЗАПРЕЩЕНО. - Библиогр.: с. 411-413. - ISBN 978-5-534-01761-8. - 39 экз.
6. Макаров, Евгений Георгиевич. Сопротивление материалов с использованием вычислительных комплексов [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов / Е. Г. Макаров ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. - 2-е изд., испр. и доп. - Электрон. текстовые дан. - Москва : Юрайт, 2020. - 413 с. - (ЭБС Юрайт) (Высшее образование). - Загл. с титул. экрана. - Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/453500> - Б. ц.

#### 5.2. Перечень дополнительной литературы:

- 1 Расчёт стержневой системы методом конечных элементов [Текст] : методические указания к курсовой работе [для вузов] / БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова ; сост. Е. Г. Макаров. - СПб. : [б. и.], 2019. - 58 с. : схемы, табл., обр., черт. - Сост. указ. на обороте тит. листа. - 41 экз.
- 2 Расчёт стержневой системы методом конечных элементов [Электронный ресурс] : методические указания к курсовой работе [для вузов] / БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова ; сост. Е. Г. Макаров. - Электрон. текстовые дан. - СПб. : [б. и.], 2019. - 1 эл. жестк. диск : схемы, табл., обр., черт. - Электрон. версия печ. публикации [\\lib\\_server\elres\elr03069.pdf](http://lib_server\elres\elr03069.pdf). - Сост. указ. на обороте тит. листа.
- 3 Решение задач средней сложности по сопротивлению материалов [Текст] : практическое пособие [для вузов] / Н. Г. Буткарева [и др.] ; ред. В. А. Санников ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. - 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 - 60 экз.

4 Решение задач средней сложности по сопротивлению материалов [Электронный ресурс] : практическое пособие [для вузов] / Н. Г. Буткарева [и др.] ; ред. В. А. Санников ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. - Электрон. текстовые дан. - СПб. : [б. и.], 2016. - 1 эл. жестк. диск : граф., табл., черт. - Электрон. версия печ. публикации \\lib\_server\elres\elr02512.pdf. - Авторы указ. на обороте тит. листа. - Прил.: с. 69-77. - ISBN 978-5-85546-961-5

5.3 Электронные ресурсы, Интернет-ресурсы, электронные библиотечные системы:

<http://library.voenmeh.ru/>

<http://e.lanbook.com/>, ЭБС издательства «Лань», <https://gisnebel.ru/>.

<https://www.biblio-online.ru/>

<https://ibooks.ru/home.php?routine=bookshelf>

5.4 Программное обеспечение:

программы MATHCAD любой версии.

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).



## **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.

### **3. Лабораторные работы:**

- 1) шаблоны отчетов по лабораторным работам;
- 2) Машинный зал, лаборатории:
  - 2.1) статических испытаний (ЛСИ)\*:
  - 2.2) Лаборатория статических испытаний с использованием специальных установок, а103\*.

### Аннотация рабочей программы

Дисциплина «Сопротивление материалов» является базовой 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\*

ОПК-1: Пониманием целей и задач инженерной деятельности в современной науке и производстве, сущности профессии инженера как обязанности служить обществу и профессии, следуя кодексу профессионального поведения	<i>Пороговый уровень</i>
ОПК-2: пониманием роли математических и естественнонаучных наук и способностью к приобретению новых математических и естественнонаучных знаний, с использованием современных образовательных и информационных технологий, способностью не пользоваться в профессиональной деятельности знания и методы, полученные при изучении математических и естественнонаучных дисциплин (модулей)	<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: напряженно-деформированное состояние; взаимосвязи полей напряжений, деформаций и внешней нагрузки; 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 курсовой работы;
- тестирование в виде замечаний и уточнений сведений, призываемых 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 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 работы, включает в себя ответы на теоретические вопросы и решение задач.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 часов. Программой дисциплины предусмотрены лекционные (68 часов), лабораторные (17 часов), практические (17 часов) и (114 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

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

Теоретические занятия (лекции) – 4 часа.

Идеализация материалов и их свойств, геометрических форм, граничных условий и технических конструкций. Анализ внешних сил.

Дифференциальные и интегральные характеристики параметров в сечении стержня. Внутренние усилия, напряжения.

Метод сечений для определения внутренних силовых факторов. Построение эпюр  
практика – 4 часа, 1 работа.

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

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

Теоретические занятия (лекции) – 3 часа.

Экспериментальное определение механических характеристик материалов. Диаграммы растяжения – сжатия, кручения. Понятие о предельном и допускаемом напряжении, коэффициенте запаса прочности.

Практика – 4 часа, 1 работа.

Способы измерения напряжений и деформаций.

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.

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.

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.

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

Геометрические уравнения теории упругости. Виды напряженного состояния

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

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

Теории 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.

Практика – 4 часа.

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

**Раздел 6. Теоретические основы расчета упругих систем. Информационная лекция.**

Теоретические занятия (лекции) – 5 часов.

Потенциальная энергия внешних и внутренних сил. Обобщенные внешние силы и перемещения. Возможная работа внешних и внутренних сил. Принцип возможных перемещений. Коэффициенты податливости и жесткости. 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.**

Практика – 5 часов.

Канонические уравнения метода сил. Определение перемещений в статически неопределенных 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.

Устойчивость. Основные понятия. Продольный изгиб стержня. Формула Эйлера. Влияние граничных условий. Энергетический метод расчета стержня на устойчивость. 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.

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.

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

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

Теоретические занятия (лекции) – 6 часов.

Циклические переменные напряжения. Предел выносливости. Расчеты на циклическую прочность. Диаграммы предельных амплитуд при чистом сдвиге, растяжении-сжатии, изгибе.

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

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

Теоретические занятия (лекции) – 4 часа.

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

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 216 часа, из них 102 часа аудиторных занятий и 114 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

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

Вид работы	Содержание (перечень вопросов)	Трудоемкость, 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 конструкций. Анализ внешних сил, дифференциальных и интегральных характеристик параметров в сечении стержня. Внутренние усилия, напряжения. Самостоятельное решение задач по разделу.	4	См. раздел 1 уч. Пособия [2] и конспекты лекций
Подготовка к лабораторной работе	Лаб. Раб. 1. Изучение теоретического материала по обработке экспериментальных данных (механическим характеристикам материалов и способам измерения напряжений и деформаций).	4	См. описание практических и лабораторных работ
Оформление отчета по лабораторной работе	Выводы и заключения.	3	Использование уч. Пособий [1,2] по сопротивлению материалов.
Итого по разделу 1		11 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 прочном и допуском напряжениях, коэффициенте запаса прочности. Способы измерения напряжений и деформаций, термометрирование. Самостоятельное решение задач по разделу.	5	См. раздел 2 уч. Пособия [2] и конспекты лекций
Подготовка к лабораторной работе	Лаб. Раб. 2. Модуль продольной упругости и коэффициент Пуассона. Анализ диаграммы сжатия – растяжения пластичных и хрупких материалов, испытание неметаллических материалов. Модуль сдвига при кручении. Диаграммы нелинейной при кручении, упрочнения металлов.	3	См. описание практической и лабораторной работы
Оформление отчета по лабораторной работе	Выводы и заключения.	2	Использование уч. Пособий [1,2] по сопротивлению 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.	4	См. раздел 3 уч. Пособия [2] и конспекты лекций
Подготовка к лабораторной работе	Лаб. Раб. 3. Определение напряжений и перемещений при плоском поперечном изгибе.	4	См. описание практической и лабораторной работы
Оформление отчета по лабораторной работе	Выводы и заключения.	2	Использование уч. Пособий [1,2] по сопротивлению материалов.
Итого по разделу 3		10 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 девiator. Потенциальная энергия изменения объема и формы. Виды напряженного состояния	4	См. раздел 4 уч. Пособия [2] и конспекты лекций
Подготовка по практическим занятиям	Лаб. Раб. 4. Поляризационно-оптический метод определения напряжений.	4	См. описание лабораторной работы
Оформление отчета по лабораторной работе	Выводы и заключения.	2	Использование уч. Пособий [1,2] по сопротивлению материалов.
Итого по разделу 4		10 часов	
<b>Раздел 5. Теории прочности. Сложное сопротивление</b>			
Подготовка по лекциям. Самостоятельное изучение теоретического материала	Теории прочности. Расчет по несущей способности. Разрушение материалов. Предельные состояния бездефективных 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.	5	См. раздел 5 уч. Пособия [2] и конспекты лекций
Подготовка по практическим занятиям	Изучение теоретического материала	5	См. описание лабораторной работы
Итого по разделу 5		10 часов	
<b>Раздел 6. Теоретические основы расчета упругих систем.</b>			
Подготовка по лекциям. Самостоятельное изучение теоретического материала по теме	Теория. Метод потенциальной энергии внешних и внутренних сил. Обобщенные внешние силы и деформации. Доказательство работ внешних и внутренних сил. Принцип возможных перемещений. Теорема о взаимности работ. Коэффициенты перемещаемости и жесткости. Определение перемещений в статически определимых стержневых системах способом Мора.	6	См. раздел 6 уч. Пособия [2] и конспекты лекций
Подготовка по практическим занятиям	Практика. Определение перемещений в статически определимых стержневых системах способом Мора.	5	См. раздел 6 уч. Пособия [1], конспекты лекций и практических занятий
Итого по разделу 6		11 часов	
<b>Раздел 7. Расчетные статические деформации 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 I 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.	5	См. раздел I уч. Пособия [1], конспекты лекций и практических занятий
Итого по разделу 7		11 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 I 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 I уч. Пособия [1], конспекты лекций и практических занятий
Оформление решения задач	Изложение хода решения задачи. Выводы и заключения.	2	Использование уч. Пособий [1,2] по сопротивлению материалов.
Итого по разделу 8		10 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 одностепенной системы. Коэффициент динамичности при неуравном соударении тел. Колебания системы при измущенном воздействии. Вынужденные колебания при гармоническом и произвольном внешнем воздействии. Интеграл Даламбера. Коэффициент динамичности при гармоническом воздействии. Инженерная методика расчета конструкций на динамические воздействия.	4	См. раздел I уч. Пособия [2] ] и конспекты лекций
Подготовка к практическому решению задач	Практика. Учет инерционных нагрузок. Собственные колебания. Коэффициент динамичности при неуравном ударе и при гармоническом воздействии. Инженерная методика расчета конструкций на динамические воздействия.	1	См. раздел I уч. Пособия [1], конспекты лекций и практических занятий
Оформление решения задач	Изложение хода решения задачи. Выводы и заключения.	1	Использование уч. Пособий [1,2], журналов, таблиц типовых расчетов, сопротивление материалов.
Итого по разделу 9		11 часов	
<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.	4	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 сопротивлению материалов.
Итого по разделу 10		10 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.	4	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.	4	См. раздел 1 уч. Пособия [1], конспекты лекций и практических занятий
Оформление отчета	Конспекты основных положений	2	Использование уч. Пособий [1,2] по сопротивлению материалов.
Итого по разделу 11		10 часов	
	Всего	114 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; пометить важные мысли, выделить ключевые слова, термины.</p> <p>Определение терминов, понятий и определений (дефиниции) 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>
Лабораторные работы	Использовать конспект практических занятий, а также контрольные вопросы, просмотр рекомендуемой литературы, работу с текстом [1,2].
Практические занятия	Уделить внимание понятию «расчетная схема». Решение задач, 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].
Курсовая работа	Методические указания по выполнению курсовых работ <i>соответствуют рекомендациям [1,2,3]</i> .
Тест	При подготовке к тестированию необходимо ориентироваться на конспект лекций [3].
Подготовка к экзамену	При подготовке к экзамену необходимо ориентироваться на конспект лекций [3], и материалы по решению индивидуальных задач.
Подготовка к зачёту	При подготовке к зачёту необходимо ориентироваться на конспект лекций [3].

## ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА И МЕТОДИКИ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ

### Приложение 5 к рабочей программе дисциплины «Сопротивление материалов»

#### 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 ИТЭУ «ЮННМЭХ».

#### ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

#### ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

КУРС	СЕМЕСТР	Номера разделов	Наименование разделов	ВСЕГО	АУДИТОРНЫЕ					СРС-1	СРС-2	Наименование оценочного средства
					ВСЕГО	Лекции	Аудиторный практический материал	Лабораторный материал	Самостоятельная работа студентов			
2	3	1	Раздел 1. Основные понятия о прочности, жесткости и устойчивости элементов конструкций. Введение в сопротивление материалов.	18	8	4	0	4	10	7	7	вопросы экзамена
	3	2	Раздел 2. Механические свойства материалов.	15	7	3	0	4	8	7	7	вопросы экзамена
	3	3	Раздел 3. Анализ напряженного и деформированного состояния стержней на основе гипотезы плоских сечений.	15	11	11	6	0	4	4		вопросы экзамена
	3	4	Раздел 4. Понятия о тензорах напряжений и деформаций. Главные напряжения.	15	11	11	0	0	4	7	3	вопросы экзамена
	3	5	Раздел 5. Теории прочности. Сложное сопротивление	15	4	0	0	4	11	7	3	вопросы экзамена

	3	6	Раздел 6. Теоретические основы расчета упругих систем.	15	5	5	0	0	10	7		вопро-сы эк-замена
	3	7	Раздел 7. Раскрытие статической неопределимости методом сил.	15	5	0	0	5	10	8	5	вопро-сы эк-замена
			ИТОГО	108	51	34	0	17	57		100	

2	4	8	Раздел 8. Устойчивость. Основные понятия. Продольный изгиб стержня.	25	14	10	4	0	11	15	12	вопро-сы зачё-та
2	4	9	Раздел 9. Колебания упругих систем. Виды динамического воздействия.	43	21	14	5	0	22	15	1	вопро-сы зачё-та
2	4	10	Раздел 10. Усталостное разрушение.	20	9	6	3	0	11	10	10	вопро-сы зачё-та
2	4	11	Раздел 11. Прочность тонкостенных и толстостенных труб и сосудов.	20	7	4	3	0	13	10	1	вопро-сы зачё-та
			Итого за 4-ий семестр	108	51	34	17	0	57	50	24	
			ВСЕГО ПО ДИСЦИПЛИНЕ	216	102	68	17	17	114	100	50	

## Критерии оценивания

### Тестирование

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

### Курсовая работа

Подробное описание хода решения задач и необходимые комментарии и пояснения. Обязательны поясняющие рисунки (схемы) и выводы.

**Оценка «отлично»** - расчеты выполнены верно, и в полном объеме. Оформление соответствует действующим стандартам.

**Оценка «хорошо»** - расчеты выполнены, верно. Оформление соответствует действующим стандартам, при этом теоретическая и расчетные части выполнены во в полном объеме, выводы и рекомендации недостаточно обоснованы.

**Оценка «удовлетворительно»** - теоретический и расчетный разделы недостаточны. При защите студент демонстрирует слабые знания темы, не всегда дает ответы на заданные вопросы.

**Оценка «неудовлетворительно»** - работа не соответствует заявленной теме, отсутствует анализ представляемых результатов.

## Экзамен

Основанием допуска к экзамену является текущий контроль и оценка ЦР.

Экзамен оценивается совокупностью способностей учащегося:

- владения самостоятельными навыками составления математической модели;
- формирования расчетной схемы выбранной модели и её решения;
- умения достоверно анализировать полученные результаты решения;

- написания адекватного заключения по применению или доработке исходной расчетной схемы, включая теоретические обоснования, основанные на материалах дисциплины “Сопротивление материалов”.

## Зачёт

Основанием допуска к зачёту является текущий контроль и оценка ЦР.

Зачёт оценивается совокупностью способностей учащегося:

- формирования расчетной схемы выбранной модели;
- умения достоверно анализировать полученные результаты решения.

## Лабораторные работы

Подробное описание хода выполнения работы, необходимые комментарии и пояснения. Обязательны поясняющие рисунки (схемы) и выводы, правильные ответы на вопросы преподавателя – «сдано». При невыполнении указанных критериев – «не сдано».

## 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 твёрдого тела»
3. Перечень основной учебной литературы (авторы, название, наличие грифа Минобразования, УМО, НМС, другого министерства или ведомства, выходные данные, количество экземпляров):

### 4. Перечень основной литературы:

1. Решение задач начального уровня по сопротивлению материалов [Текст] : практическое пособие [для вузов] / Н. Г. Буткарева [и др.] ; ред. В. А. Санников ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. - СПб. : [б. и.], 2015. - 90 с. : схемы, табл. - ISBN 978-5-85546-892-2. - 37 экз.

2. Решение задач начального уровня по сопротивлению материалов [Электронный ресурс] : практическое пособие [для вузов] / Н. Г. Буткарева [и др.] ; ред. В. А. Санников ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. - Электрон. текстовые дан. - СПб. : [б. и.], 2015. - 1 эл. жестк. диск : схемы, табл. - Электрон. версия печ. публикации \\lib\_server\elres\elr02381.pdf. - ISBN 978-5-85546-892-2

3. Титух, Игорь Николаевич. Устойчивость механических систем. Динамика [Текст] : учебное пособие [для вузов] / И. Н. Титух, С. П. Яковлев ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. - СПб. : [б. и.], 2016. - 49 с. : граф., схемы. - Библиогр.: с. 48. - ISBN 978-5-85546-930-1. - 68 экз.

4. Титух, Игорь Николаевич. Устойчивость механических систем. Динамика [Электронный ресурс] : учебное пособие [для вузов] / И. Н. Титух, С. П. Яковлев ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. - Электрон. текстовые дан. - СПб. : [б. и.], 2016. - 1 эл. жестк. диск : граф., схемы. - Электрон. версия печ. публикации \\lib\_server\elres\elr02438.pdf. - Библиогр.: с. 48. - ISBN 978-5-85546-930-1

5. Макаров, Евгений Георгиевич. Сопротивление материалов с использованием вычислительных комплексов [Текст] : учебное пособие для академического бакалавриата / Е. Г. Макаров. - 2-е изд., испр. и доп. - М. : Юрайт, 2018. - 413 с. : граф., обр., схемы, табл. - (Бакалавр. Академический курс). - Об авт.: с. 2, послед. с. обл. - КОПИРОВАНИЕ ЗАПРЕЩЕНО. - Библиогр.: с. 411-413. - ISBN 978-5-534-01761-8. - 39 экз.

6. Макаров, Евгений Георгиевич. Сопротивление материалов с использованием вычислительных комплексов [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов / Е. Г. Макаров ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. - 2-е изд., испр. и доп. - Электрон. текстовые дан. - Москва : Юрайт, 2020. - 413 с. - (ЭБС Юрайт) (Высшее образование). - Загл. с титул. экрана. - Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/453500> - Б. ц.

### Перечень дополнительной литературы:

1 Расчёт стержневой системы методом конечных элементов [Текст] : методические указания к курсовой работе [для вузов] / БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова ; сост. Е. Г. Макаров. - СПб. : [б. и.], 2019. - 58 с. : схемы, табл., обр., черт. - Сост. указ. на обороте тит. листа. - 41 экз.



2 Расчёт стержневой системы методом конечных элементов [Электронный ресурс] : методические указания к курсовой работе [для вузов] / БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова ; сост. Е. Г. Макаров. - Электрон. текстовые дан. - СПб. : [б. и.], 2019. - 1 эл. жестк. диск : схемы, табл., обр., черт. - Электрон. версия печ. публикации \\lib\_server\elres\elr03069.pdf. - Сост. указ. на обороте тит. листа.

3 Решение задач средней сложности по сопротивлению материалов [Текст] : практическое пособие [для вузов] / Н. Г. Буткарева [и др.] ; ред. В. А. Санников ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. - 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 – 60 экз.

4 Решение задач средней сложности по сопротивлению материалов [Электронный ресурс] : практическое пособие [для вузов] / Н. Г. Буткарева [и др.] ; ред. В. А. Санников ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. - Электрон. текстовые дан. - СПб. : [б. и.], 2016. - 1 эл. жестк. диск : граф., табл., черт. - Электрон. версия печ. публикации \\lib\_server\elres\elr02512.pdf. - Авторы указ. на обороте тит. листа. - Прил.: с. 69-77. - ISBN 978-5-85546-961-5

Директор библиотеки БГТУ Сесина Н.В.



Дата « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.