

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета

\_\_\_\_\_  
(подпись) Суслин А. В.  
ФИО  
« 31 » 20 22

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ

Направление/специальность подготовки	24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов, 17.05.02 Стрелково-пушечное, артиллерийское и ракетное оружие
Специализация/профиль/программа подготовки	Моделирование и информационные технологии проектирования ракетно-космических систем, Пилотируемые и автоматические космические аппараты и системы, Пусковые устройства, транспортно-установочное оборудование и средства обслуживания стартовых комплексов, Стрелково-пушечное вооружение
Уровень высшего образования	Специалитет
Форма обучения	Очная
Факультет	А Ракетно-космической техники, Е Оружие и системы вооружения
Выпускающая кафедра	А1 РАКЕТОСТРОЕНИЕ, А3 КОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ И ДВИГАТЕЛИ, А4 СТАРТОВЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ РАКЕТ И КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ, Е1 СТРЕЛКОВО-ПУШЕЧНОЕ, АРТИЛЛЕРИЙСКОЕ И РАКЕТНОЕ ОРУЖИЕ
Кафедра-разработчик рабочей программы	Е7 МЕХАНИКА ДЕФОРМИРУЕМОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА

КУРС	СЕМЕСТР	ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ (ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ)	ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ	ЧАСЫ (по наличию видов занятий)								ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ
				АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ				САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА				
				ВСЕГО	ЛЕКЦИИ	ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ	ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ	ВСЕГО	КУРСОВОЙ ПРОЕКТ	КУРСОВАЯ РАБОТА	ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТ. РАБОТЫ	
2	3	3	108	51	34	0	17	57	0	0	57	экз.
2	4	3	108	51	34	0	17	57	0	18	39	зач.
ВСЕГО		6	216	102	68	0	34	114	0	18	96	

*ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ*

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА СОСТАВЛЕНА В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ФЕДЕРАЛЬНОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СТАНДАРТА ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ (ФГОС ВО)

24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов  
24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов  
24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов  
17.05.02 Стрелково-пушечное, артиллерийское и ракетное оружие

год набора группы: 2022

Программу составил:

Кафедра Е7 МЕХАНИКА ДЕФОРМИРУЕМОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА  
Туркина Наталья Рудольфовна, к.т.н., доцент



Программа рассмотрена  
на заседании кафедры-разработчика  
рабочей программы **Е7 МЕХАНИКА ДЕФОРМИРУЕМОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА**

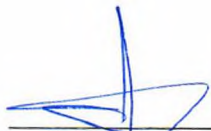
Заведующий кафедрой Санников В.А., д.т.н., проф.



Программа рассмотрена  
на заседании выпускающих кафедр

**А1 РАКЕТОСТРОЕНИЕ**

Заведующий кафедрой Бородавкин В.А., д.т.н., проф.



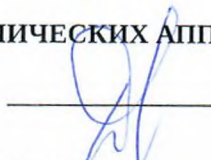
**А3 КОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ И ДВИГАТЕЛИ**

Заведующий кафедрой Бабук В.А., д.т.н., проф.



**А4 СТАРТОВЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ РАКЕТ И КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ**

Заведующий кафедрой Долбенков В.Г., к.т.н., снс



**Е1 СТРЕЛКОВО-ПУШЕЧНОЕ, АРТИЛЛЕРИЙСКОЕ И РАКЕТНОЕ ОРУЖИЕ**

Заведующий кафедрой Афанасьев А.С., д.т.н., доц.



## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ**

### **Разделы рабочей программы**

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

### **Приложения к рабочей программе дисциплины**

- Приложение 1. Аннотация рабочей программы
- Приложение 2. Технологии и формы обучения
- Приложение 3. Фонды оценочных средств



# 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

24.05.01 (A1)	ОПК-1 — способность применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования для решения инженерных задач профессиональной деятельности
24.05.01 (A3)	ОПК-1 — способность применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования для решения инженерных задач профессиональной деятельности
17.05.02 (E1)	ОПК-2 — способность самостоятельно применять приобретенные математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания для решения инженерных задач
24.05.01 (A4)	ОПК-5 — способность разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности для решения инженерных задач

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

## **ОПК-1 (24.05.01, A1)**

*знания:*

видов напряжено-деформированного состояния стержней и стержневых конструкций, создание последовательности этапов решения практических задач исследования прочности и жесткости конструкций;

*умения:*

оценивать границы применимости полученной математической модели реальному физическому процессу (условия прочности, жесткости, устойчивости);

*навыки:*

использования математических пакетов MATHCAD, MATLAB для решения задач сопротивления материалов.

## **ОПК-1 (24.05.01, A3)**

*знания:*

видов напряжено-деформированного состояния стержней и стержневых конструкций, создание последовательности этапов решения практических задач исследования прочности и жесткости конструкций;

*умения:*

оценивать границы применимости полученной математической модели реальному физическому процессу (условия прочности, жесткости, устойчивости);

*навыки:*

использования математических пакетов MATHCAD, MATLAB для решения задач сопротивления материалов.

## **ОПК-2 (17.05.02, E1)**

*знания:*

видов напряжено-деформированного состояния стержней и стержневых конструкций, создание последовательности этапов решения практических задач исследования прочности и жесткости конструкций;

*умения:*

оценивать границы применимости полученной математической модели реальному физическому процессу (условия прочности, жесткости, устойчивости);

*навыки:*

использования математических пакетов MATHCAD, MATLAB для решения задач сопротивления материалов.

## **ОПК-5 (24.05.01, A4)**

*знания:*

видов напряжено-деформированного состояния стержней и стержневых конструкций, создание последовательности этапов решения практических задач исследования прочности и жесткости конструкций;

*умения:*

оценивать границы применимости полученной математической модели реальному физическому процессу (условия прочности, жесткости, устойчивости);

*навыки:*

использования математических пакетов MATHCAD, MATLAB для решения задач сопротивления материалов.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлениям: 24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов, 24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов, 24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов, 17.05.02 Стрелково-пушечное, артиллерийское и ракетное оружие.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА, ФИЗИКА.**

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА, ПОДГОТОВКА К ПРОЦЕДУРЕ ЗАЩИТЫ И ЗАЩИТА ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ.**

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-1 — Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования для решения инженерных задач профессиональной деятельности

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 з.е., 216 ч.

#### 3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %			
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ОПК-1 (24.05.01)	ОПК-1 (24.05.01)	ОПК-2 (17.05.02)	ОПК-5 (24.05.01)
2	3	<b>Раздел 1. Основные понятия о прочности, жесткости и устойчивости элементов конструкций.</b> 1.1. Идеализация материалов и их свойств, геометрических форм, граничных условий и технических конструкций. Анализ внешних сил. 1.2. Дифференциальные и интегральные характеристики параметров в сечении стержня. Внутренние усилия, напряжения. 1.3. Метод сечений для определения внутренних силовых факторов. Построение эпюр.	20	10	6	4	10	10	10	10	10
2	3	<b>Раздел 2. Механические свойства материалов.</b> 2.1. Экспериментальное определение механических характеристик материалов. Диаграммы растяжения – сжатия, кручения. Понятие о предельном и допускаемом напряжении, коэффициенте запаса прочности. 2.2. Способы измерения напряжений и деформаций, тензометрирование.	22	12	8	4	10	20	20	20	20
2	3	<b>Раздел 3. Анализ напряженного и деформированного состояния стержней на основе гипотезы плоских сечений.</b> 3.1. Линейное растяжение-сжатие. 3.2. Чистый сдвиг. Кручение. Сплошные и тонко-стенные сечения. 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.	22	12	8	4	10	10	10	10	10
2	3	<b>Раздел 4. Понятия о тензорах напряжений и деформаций. Главные напряжения.</b> 4.1. Уравнения равновесия. Условия на поверхности тела. Тензор малых деформаций и тензор напряжений. 4.2. Геометрические уравнения теории упругости. 4.3. Обобщенный закон Гука. Шаровой тензор и девиатор. Потенциальная энергия изменения объема и формы. 4.4. Виды напряженного состояния.	22	9	6	3	13	10	10	10	10
2	3	<b>Раздел 5. Теории прочности. Сложное сопротивление.</b> 5.1. Теории прочности. Расчет по несущей способности. Разрушение материалов. Предельные состояния бездефектных материалов и конструкций. 5.2. Сложное сопротивление, виды: внецентренное растяжение-сжатие, косой изгиб, изгиб с кручением и растяжением. Построение нейтральной линии. Подбор размеров по опасным точкам сечения.	22	8	6	2	14	10	10	10	10
Всего за 3 семестр			108	51	34	17	57	60	60	60	60
2	4	<b>Раздел 6. Теоретические основы расчета упругих систем.</b> 1.1. 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. 1.2. Определение перемещений в статически определимых стержневых системах способом Мора.	28	11	8	3	17	10	10	10	10
2	4	<b>Раздел 7. Устойчивость. Основные понятия. Продольный изгиб стержня.</b> 2.1. Формула Эйлера. Влияние граничных условий. 2.2. Энергетический метод расчета стержня на устойчивость. 2.3. Формула Ясинского. Пределы применимости формулы Эйлера. 2.4. Продольно-поперечный изгиб стержня.	34	14	10	4	20	10	10	10	10
2	4	<b>Раздел 8. Усталостное разрушение.</b> 3.1.Циклические переменные напряжения. Предел выносливости. 3.2.Расчеты на циклическую прочность. Диаграммы предельных амплитуд при чистом сдвиге, растяжении сжатии, изгибе. 3.3.Коэффициенты запаса прочности. Основные факторы, влияющие на предел выносливости.	23	13	8	5	10	10	10	10	10
2	4	<b>Раздел 9. Колебания упругих систем. Виды динамического воздействия.</b> 4.1. Инерционные нагрузки, учет степеней свободы. 4.2. Колебания простейшей одноступенной системы. 4.3. Коэффициент динамичности при неупругом соударении тел. 4.4. Колебания системы при импульсном воздействии. 4.5. Вынужденные колебания при гармоническом и произвольном внешнем воздействии. Интеграл Дюамеля. Коэффициент динамичности при гармоническом воздействии. 6. Инженерная методика расчета конструкций на динамические воздействия.	23	13	8	5	10	10	10	10	10
Всего за 4 семестр			108	51	34	17	57	40	40	40	40
Всего по дисциплине			216	102	68	34	114	100	100	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.	Основные понятия о прочности, жесткости и устойчивости элементов конструкций. Введение в сопротивление материалов.	4
2	Раздел 2. Механические свойства материалов.	Экспериментальное определение механических характеристик материалов.	2
3		Диаграммы растяжения и сжатия. Тензометрирование.	2
4	Раздел 3. Анализ напряженного и деформированного состояния стержней на основе гипотезы плоских сечений.	Анализ напряженного и деформированного состояния стержней на основе гипотезы плоских сечений. Усилия, напряжения, перемещения. Метод начальных параметров.	2
5		Кручение. Тензометрирование. Плоский поперечный изгиб.	2
6	Раздел 4. Понятия о тензорах напряжений и деформаций. Главные напряжения.	Понятия о тензорах напряжений и деформаций. Главные напряжения.	2
7		Обоснование экспериментальных методов определения напряжений в изделиях из поляризационно-оптических материалов.	1
8	Раздел 5. Теории прочности. Сложное сопротивление.	Сложное сопротивление, расчеты на прочность.	2
<b>Всего за 3 семестр</b>			<b>17</b>
9	Раздел 6. Теоретические основы расчета упругих систем.	Обобщенные внешние силы и перемещения. Возможная работа внешних и внутренних сил. Принцип возможных перемещений.	3
10	Раздел 7. 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.	4
11	Раздел 8. Усталостное разрушение.	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
12	Раздел 9. Колебания упругих систем. Виды динамического воздействия.	Инерционные нагрузки, учет степеней свободы. Колебания простейшей одноступенной системы. Коэффициент динамичности при неупругом соударении тел. Колебания системы при импульсном воздействии.	5
<b>Всего за 4 семестр</b>			<b>17</b>

### 3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Основные понятия о прочности, жесткости и устойчивости элементов конструкций.	Подготовка к практическим занятиям. Решение задач на растяжение – сжатие. Построение эпюр и проверка внутренних силовых факторов. Определение перемещений. Оформление.	10
2	Раздел 2. Механические свойства материалов.	Подготовка к практическим занятиям. Решение задач на кручение. Определение напряжений, подбор размеров поперечных сечений по условию прочности. Определение перемещений.	10
3	Раздел 3. Анализ напряженного и	Подготовка к практическим занятиям. Изгиб, решение задач. Определение нормальных и касательных	10

	деформированного состояния стержней на основе гипотезы плоских сечений.	напряжений, подбор размеров поперечных сечений по условиям прочности. Оформление.	
4	Раздел 4. Понятия о тензорах напряжений и деформаций. Главные напряжения.	Подготовка к практическим занятиям.Оформление.	6
5		Изгиб, дифференциальное уравнение упругой линии. Определение перемещений и углов поворота балок прямым интегрированием дифференциального уравнения. Учет граничных условий.	7
6	Раздел 5. Теории прочности. Сложное сопротивление.	Графическое построение исходного и главного плоского напряженного состояния. Виды сложного сопротивления. Подбор размеров сечений. Оформление.	14
Всего за 3 семестр			57
7	Раздел 6. Теоретические основы расчета упругих систем.	Определение перемещений способом Мора. Грузовая и единичная системы. Интегралы Мора, их интегрирование. Оформление.	17
8	Раздел 7. Устойчивость. Основные понятия. Продольный изгиб стержня.	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.	14
9		Решение задач из курсовой работы: определение перемещений способом Мора, грузовая и единичная системы, интегралы Мора, их интегрирование. Оформление.	6
10	Раздел 8. Усталостное разрушение.	Усталостное разрушение и расчеты на прочность. Определение коэффициентов запаса прочности при чистом сдвиге, растяжении сжатии, изгибе.	5
11		Завершение выполнения курсовой работы - определение собственных частот колебаний одно и двухстепенных задач. Ударное нагружение. Коэффициент динамичности при неупругом соударении и при вынужденных колебаниях. Оформление.	5
12	Раздел 9. Колебания упругих систем. Виды динамического воздействия.	Вынужденные колебания при гармоническом и произвольном внешнем воздействии. Интеграл Дюамеля. Коэффициент динамичности при гармоническом воздействии. Инженерная методика расчета конструкций на динамические воздействия.	5
13		Выполнение этапа курсовой работы - решение задач на потерю устойчивости по формулам Эйлера, Ясинского и методом редукции. Оформление.	5
Всего за 4 семестр			57

### 3.4. Курсовая работа

СОДЕРЖАНИЕ ЭТАПА	ПЕРИОД ИСПОЛНЕНИЯ (недели семестра)	ПЛАНИРУЕМОЕ ВРЕМЯ (час)
Этап 1. Определение модуля продольной упругости и коэффициента Пуассона методом тензометрирования при растяжении лопаточного образца.	1 - 3	2
Этап 2. Диаграммы сжатия – растяжения пластичных и хрупких материалов, их анализ и обработка. Испытание неметаллических материалов.	4 - 6	4
Этап 3. Определение модуля сдвига при кручении. Диаграмма испытаний при кручении. Определение напряжений и перемещений при плоском поперечном изгибе.	7 - 9	4
Этап 4. Поляризационно-оптический метод определения напряжений.	10 - 13	4



Этап 5. Определение напряжений и перемещений при сложном сопротивлении. Косой изгиб. Внецентренное растяжение-сжатие.	14 - 16	4
<b>Всего за 4 семестр</b>		<b>18</b>

#### 4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

СЕМЕСТР	НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
3		ТекК		ЗДЧ, Отч. по ПЗ		ДР			ЗДЧ, ТекК, КР	ДР		Вопр. Экз, Вопр. Зач		ЗДЧ, КР		ДР	Вопр. Экз, Вопр. Зач
4						ДР				ДР						ДР	зач.

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ТекК – вопросы для текущего контроля;
- ЗДЧ – задачи;
- Отч. по ПЗ – отчет по практическому заданию;
- КР – курсовая работа;
- Вопр. Экз – вопросы к экзамену;
- Вопр. Зач – вопросы к зачету;
- зач. – зачет.

**Текущий контроль успеваемости** студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- вопросы для текущего контроля;
- задачи;
- отчет по практическому заданию;
- курсовая работа;
- вопросы к экзамену;
- вопросы к зачету.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- экзамен;
- зачет.

## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Основная литература по дисциплине:

1. А. З. Красильников, Н. Р. Туркина. . Методы оптимизации в прикладной механике. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019, 39 экз.
2. В. А. Санников. . Сопротивление материалов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2021, 42 экз.
3. В. И. Феодосьев. Сопротивление материалов. М.: Изд-во МГТУ им. Баумана. Золотая коллекция, 2018, эл. рес.
4. В. Я. Молотников, А. А. Молотникова. . Теория упругости и пластичности. Санкт-Петербург: Лань, 2022, эл. рес.
5. Е. Г. Макаров. . Сопротивление материалов с использованием вычислительных комплексов. М.: Юрайт, 2018, 39 экз.
6. Е. Г. Макаров. . Mathcad - быстрый старт. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020, 42 экз.
7. Е. Г. Макаров. . Сопротивление материалов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020, 192 экз.
8. Н. Г. Буткарева, А. З. Красильников. . Экспериментальная механика. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2021, 25 экз.
9. Н. М. Атаров. . Сопротивление материалов в примерах и задачах. М.: ИНФРА-М, 2010, 5 экз.
10. Н. Р. Туркина, А. З. Красильников. . Надёжность технических систем. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018, 39 экз.
11. Н. Р. Туркина, А. З. Красильников. . Статистический анализ в механике. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018, 39 экз.

### 5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

не требуется.

### 5.3. Периодические издания:

1. Деформация и разрушение материалов.

### 5.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины, электронные библиотечные системы:

1. <https://e.lanbook.com/> — ЭБС Лань;
2. <http://www.tnt-ebook.ru/> — TNT-EBOOK - Электронно-библиотечная система;
3. <https://urait.ru/> — Главная – Образовательная платформа Юрайт. Для вузов и ссузов.;
4. <https://ibooks.ru/> — ЭБС Айбукс.ру - это большой выбор актуальной литературы для вашей библиотеки в электронном виде;
5. [http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com\\_irbis&view=irbis&Itemid=474](http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=474) — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова;
6. <https://e.lanbook.com/book/157092> (дата обращения: 28.01.2021).

### Современные профессиональные базы данных:

1. <https://rusneb.ru> – Национальная электронная библиотека (НЭБ);
2. <https://cyberleninka.ru/> - Научная электронная библиотека «Киберленинка»;  
<http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library> - Полнотекстовая электронная библиотека Российского фонда фундаментальных исследований.

### Информационные справочные системы:

1. Техэксперт – Информационный портал технического регулирования: Нормы, правила, стандарты РФ;
2. [http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com\\_irbis&view=irbis&Itemid=457](http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=457) - БД ГОСТов собственной генерации БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова;
3. <http://www.consultant.ru/>- КонсультантПлюс- информационный портал правовой информации.

### 5.5. Программное обеспечение:

1. Mathcad Education - University Edition Term;
2. Matlab 2015a SP1;
3. PTC Mathcad Prime 5.0.

5.6. Информационные технологии:

взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС Moodle БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

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

### **6.1. Лекционные занятия:**

специализированные требования по оборудованию отсутствуют; аудитория с посадочными местами по количеству студентов; доска.

### **6.2. Практические занятия:**

1. Машина разрывная для статических испытаний металлов Р100;
2. Mathcad Education - University Edition Term;
3. Matlab 2015a SP1;
4. PTC Mathcad Prime 5.0.

### **6.3. Прочее:**

1. рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;
2. рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.



### Аннотация рабочей программы

Дисциплина **СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлениям: 24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов, 24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов, 24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов, 17.05.02 Стрелково-пушечное, артиллерийское и ракетное оружие. Дисциплина реализуется на факультете *Е* Оружие и системы вооружения БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой Е7 МЕХАНИКА ДЕФОРМИРУЕМОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ОПК-1 (24.05.01) способность применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования для решения инженерных задач профессиональной деятельности;

ОПК-1 (24.05.01) способность применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования для решения инженерных задач профессиональной деятельности;

ОПК-2 (17.05.02) способность самостоятельно применять приобретенные математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания для решения инженерных задач;

ОПК-5 (24.05.01) способность разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности для решения инженерных задач.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с прочностью, жесткостью и устойчивостью элементов конструкций простейшей геометрии, при различных видах деформирования.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

**Текущий контроль успеваемости** студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- вопросы для текущего контроля;
- задачи;
- отчет по практическому заданию;
- курсовая работа;
- вопросы к экзамену;
- вопросы к зачету.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- экзамен;
- зачет.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **6 з.е., 216 ч.** Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**68 ч.**), практические занятия (**34 ч.**), самостоятельная работа студента (**114 ч.**).

## ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

### Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 216 ч., из них 102 ч. аудиторных занятий, и 114 ч., 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 текущем, рубежном контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Формы контроля и критерии оценивания приведены в приложении 3 к Рабочей программе.

Наименование работы	Рекомендуемая литература	Трудоемкость, час.
<b>Раздел 1. Основные понятия о прочности, жесткости и устойчивости элементов конструкций.</b>		
Подготовка к практическим занятиям. Решение задач на растяжение – сжатие. Построение эпюр и проверка внутренних силовых факторов. Определение перемещений. Оформление.	Н. М. Атаров. . Сопротивление материалов в примерах и задачах: М.: ИНФРА-М, 2010 (1-3) Е. Г. Макаров. . Сопротивление материалов с использованием вычислительных комплексов: М.: Юрайт, 2018 (1-5)	10
Итого по разделу 1		10
<b>Раздел 2. Механические свойства материалов.</b>		
Подготовка к практическим занятиям. Решение задач на кручение. Определение напряжений, подбор размеров поперечных сечений по условию прочности. Определение перемещений.	В. И. Феодосьев. Сопротивление материалов: М.: Изд-во МГТУ им. Баумана. Золотая коллекция, 2018 (1-10) Е. Г. Макаров. . Mathcad - быстрый старт: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020 (1-5)	10
Итого по разделу 2		10
<b>Раздел 3. Анализ напряженного и деформированного состояния стержней на основе гипотезы плоских сечений.</b>		
Подготовка к практическим занятиям. Изгиб, решение задач. Определение нормальных и касательных напряжений, подбор размеров поперечных сечений по условиям прочности. Оформление.	Е. Г. Макаров. . Сопротивление материалов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020 (2-3) В. И. Феодосьев. Сопротивление материалов: М.: Изд-во МГТУ им. Баумана. Золотая коллекция, 2018 (1-10)	10
Итого по разделу 3		10
<b>Раздел 4. Понятия о тензорах напряжений и деформаций. Главные напряжения.</b>		
Подготовка к практическим занятиям. Оформление.	В. И. Феодосьев. Сопротивление материалов: М.: Изд-во МГТУ им. Баумана. Золотая коллекция, 2018 (5-9)	6
Изгиб, дифференциальное уравнение упругой линии. Определение перемещений и углов поворота балок прямым интегрированием дифференциального уравнения. Учет граничных условий.	В. А. Санников. . Сопротивление материалов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2021 (10-21)	7

Итого по разделу 4		13
<b>Раздел 5. Теории прочности. Сложное сопротивление.</b>		
Графическое построение исходного и главного плоского напряженного состояния. Виды сложного сопротивления. Подбор размеров сечений. Оформление.	В. И. Феодосьев. Сопротивление материалов: М.: Изд-во МГТУ им. Баумана. Золотая коллекция, 2018 (5-9)	14
Итого по разделу 5		14
<b>Раздел 6. Теоретические основы расчета упругих систем.</b>		
Определение перемещений способом Мора. Грузовая и единичная системы. Интегралы Мора, их интегрирование. Оформление.	В. Я. Молотников, А. А. Молотникова. . Теория упругости и пластичности: Санкт-Петербург: Лань, 2022 (1-8)	17
Итого по разделу 6		17
<b>Раздел 7. Устойчивость. Основные понятия. Продольный изгиб стержня.</b>		
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.	Н. Р. Туркина, А. З. Красильников. . Надёжность технических систем: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018 (1-3) Н. Г. Буткарева, А. З. Красильников. . Экспериментальная механика: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2021 (1-5)	14
Решение задач из курсовой работы: определение перемещений способом Мора, грузовая и единичная системы, интегралы Мора, их интегрирование. Оформление.		6
Итого по разделу 7		20
<b>Раздел 8. Усталостное разрушение.</b>		
Усталостное разрушение и расчеты на прочность. Определение коэффициентов запаса прочности при чистом сдвиге, растяжении сжатии, изгибе.	А. З. Красильников, Н. Р. Туркина. . Методы оптимизации в прикладной механике: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019 (1-5) В. И. Феодосьев. Сопротивление материалов: М.: Изд-во МГТУ им. Баумана. Золотая коллекция, 2018 (7-10)	5
Завершение выполнения курсовой работы - определение собственных частот колебаний одно и двухступенных задач. Ударное нагружение. Коэффициент динамичности при неупругом соударении и при вынужденных колебаниях. Оформление.		5
Итого по разделу 8		10
<b>Раздел 9. Колебания упругих систем. Виды динамического воздействия.</b>		
Вынужденные колебания при гармоническом и произвольном внешнем воздействии. Интеграл Дюамеля. Коэффициент динамичности при гармоническом воздействии. Инженерная методика расчета конструкций на динамические воздействия.	В. И. Феодосьев. Сопротивление материалов: М.: Изд-во МГТУ им. Баумана. Золотая коллекция, 2018 (6-9) Н. Р. Туркина, А. З. Красильников. .	5
Выполнение этапа курсовой работы - решение задач на потерю устойчивости по формулам Эйлера, Ясинского и методом редукции. Оформление.	Статистический анализ в механике: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018 (1-5)	5
Итого по разделу 9		10

## ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- задачи;
- отчет по практическому заданию;
- вопросы для текущего контроля;
- вопросы к экзамену;
- курсовая работа;
- вопросы к зачету;
- экзамен;
- зачет.

### Критерии оценивания

#### Диагностическая работа

Диагностическая работа проводится в форме теста в ЭИОС Moodle:

- при правильном ответе менее чем на 60% вопросов - не аттестация;
- при правильном ответе на 60% вопросов и более - аттестация.

#### Задачи

Сдано - решение задачи верное и выбран рациональный

путь решения.

Пример: Определить размеры поперечных сечений стержней металло-деревянной фермы при условиях...

#### Отчет по практическому заданию

Критерии и шкалы оценивания результатов по практическому заданию:

1. Шкала оценивания: «отлично».

Критерии оценивания: Обучающийся выполнил практическое задание в полном объеме. Работа характеризуется полнотой проработки всех разделов содержательной части. Пояснительная записка индивидуального практического задания оформлена с соблюдением установленных правил. Обучающийся свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при решении задач, сформулированных в задании. На все вопросы дает правильные и обоснованные ответы, убедительно защищает свою точку зрения.

2. Шкала оценивания: «хорошо».

Критерии оценивания: Обучающийся выполнил практическое задание в полном объеме. Работа характеризуется глубиной проработки всех разделов содержательной части. Пояснительная записка индивидуального практического задания оформлена с соблюдением установленных правил. Обучающийся владеет теоретическим материалом, может применять его самостоятельно или по указанию преподавателя. На большинство вопросов дает правильные ответы. Защищает свою точку зрения достаточно обоснованно.

3. Шкала оценивания: «удовлетворительно».

Критерии оценивания: Обучающийся выполнил практическое задание в основном правильно, но без достаточно глубокой проработки некоторых разделов. Обучающийся усвоил только основные разделы теоретического материала и по указанию преподавателя (без инициативы и самостоятельности) применяет его практически. На вопросы отвечает неуверенно или допускает ошибки. Неуверенно защищает свою точку зрения.

4. Шкала оценивания: «неудовлетворительно».

Критерии оценивания: Обучающийся не может защитить свои решения, допускает грубые ошибки при ответах на вопросы или не отвечает на них.

#### Вопросы для текущего контроля

Текущий контроль знаний может проводиться на любом из видов учебных занятий. Формами текущего контроля являются: устный опрос на лекциях и практических занятиях.

Вопросы текущего контроля представлены в УМК дисциплины.



### **Вопросы к экзамену**

Вопросы к экзамену представлены в УМК дисциплины.

### **Курсовая работа**

Выполнение и защита курсовой работы является одним из видов контрольных мероприятий по дисциплине.

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 помарок. 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.

### **Вопросы к зачету**

Вопросы к зачету представлены в УМК дисциплины.

### **Экзамен**

Обучающийся имеет право на получение минимальной положительной оценки при условии успешного прохождения текущего контроля успеваемости в форме диагностической работы в соответствии с графиком раздела 4.

Итоговый контроль по дисциплине проходит в форме экзамена, который оформляется по результатам работы в семестре при условии полного выполнения графика контрольных мероприятий. Экзамен включает в себя ответы на теоретические вопросы (2 вопроса). Оценка "отлично" - даны правильные ответы на 2 вопроса, оценка "хорошо" - правильный ответ на один вопрос.

### **Зачет**

Обучающийся имеет право на получение минимальной положительной оценки при условии успешного прохождения текущего контроля успеваемости в форме диагностической работы в соответствии с графиком раздела 4.

Основанием допуска к зачёту является текущий контроль и защита КР. Зачет выставляется в случае защиты курсовой работы на одну из оценок "отлично", "хорошо" или "удовлетворительно".

Зачет проводится в форме собеседования. При правильном ответе на минимум два вопроса из трех предложенных ставится "зачтено", в противном случае - "не зачтено".

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %				НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ОПК-1 (24.05.01)	ОПК-1 (24.05.01)	ОПК-2 (17.05.02)	ОПК-5 (24.05.01)	
2	3	Раздел 1. Основные понятия о прочности, жесткости и устойчивости элементов конструкций.	20	10	6	4	10	10	10	10	10	Вопросы для текущего контроля, Задачи, Вопросы к экзамену, Отчет по практическому заданию
2	3	Раздел 2. Механические свойства материалов.	22	12	8	4	10	20	20	20	20	Задачи, Вопросы к экзамену
2	3	Раздел 3. Анализ напряженного и деформированного состояния стержней на основе гипотезы плоских сечений.	22	12	8	4	10	10	10	10	10	Вопросы для текущего контроля, Задачи, Вопросы к экзамену
2	3	Раздел 4. Понятия о тензорах напряжений и деформаций. Главные напряжения.	22	9	6	3	13	10	10	10	10	Вопросы для текущего контроля, Вопросы к экзамену, Задачи
2	3	Раздел 5. Теории прочности. Сложное сопротивление.	22	8	6	2	14	10	10	10	10	Отчет по практическому заданию, Вопросы к экзамену
Всего за 3 семестр			108	51	34	17	57	60	60	60	60	
2	4	Раздел 6. Теоретические основы расчета упругих систем.	28	11	8	3	17	10	10	10	10	Вопросы к экзамену, Вопросы для текущего контроля
2	4	Раздел 7. Устойчивость. Основные понятия. Продольный изгиб стержня.	34	14	10	4	20	10	10	10	10	Отчет по практическому заданию, Задачи, Вопросы к зачету, Курсовая работа

2	4	<b>Раздел 8. Усталостное разрушение.</b>	23	13	8	5	10	10	10	10	10	Вопросы к зачету, Задачи, Курсовая работа
2	4	<b>Раздел 9. Колебания упругих систем. Виды динамического воздействия.</b>	23	13	8	5	10	10	10	10	10	Вопросы для текущего контроля, Задачи, Курсовая работа, Вопросы к зачету
<b>Всего за 4 семестр</b>			108	51	34	17	57	40	40	40	40	
<b>Всего по дисциплине</b>			216	102	68	34	114	100	100	100	100	