

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета

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

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ

Направление/специальность подготовки \_\_\_\_\_ **24.03.01 Ракетные комплексы и космонавтика**

Специализация/профиль/программа подготовки \_\_\_\_\_ **Стартовые и технические комплексы ракет и космических аппаратов**

Уровень высшего образования \_\_\_\_\_ **Бакалавриат**

Форма обучения \_\_\_\_\_ **Очная**

Факультет \_\_\_\_\_ **А Ракетно-космической техники**

Выпускающая кафедра \_\_\_\_\_ **А4 СТАРТОВЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ РАКЕТ И КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ**

Кафедра-разработчик рабочей программы \_\_\_\_\_ **Е7 МЕХАНИКА ДЕФОРМИРУЕМОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА**

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

*ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ*

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

**24.03.01 Ракетные комплексы и космонавтика**

год набора группы: 2024

Программу составил:

Кафедра Е7 МЕХАНИКА ДЕФОРМИРУЕМОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА  
Санников Владимир Антонович, д.т.н., доцент, заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_

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 выпускающей кафедры

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

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

\_\_\_\_\_

## **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:

ОПК-1 — способность применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

### **ОПК-1**

#### *знания:*

требований к проведению научно-исследовательских работ в области прикладной механики на основе достижений техники и технологий, классических и технических теорий и методов, физико-механических, математических и компьютерных моделей, обладающих высокой степенью адекватности реальным процессам, машинам и конструкциям;

#### *умения:*

формализовать, решать, оценивать и интерпретировать прикладную задачу в области прикладной механики на основе достижений техники и технологий, физико-механических, математических и компьютерных моделей;

#### *навыки:*

владения решения научно-технических задач в области прикладной механики на основе достижений техники и технологий, физико-механических, математических и компьютерных моделей.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *24.03.01 Ракетные комплексы и космонавтика*.

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

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ РАКЕТНЫХ И РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ, ДЕТАЛИ МАШИН, ДИНАМИКА КОНСТРУКЦИЙ**.

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 в 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	Лабораторный практикум	Практические занятия		
2	3	<b>Раздел 1. Основные понятия о прочности, жесткости и устойчивости элементов конструкций. Введение в сопротивление материалов.</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.	18	8	3	3	2	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.	20	10	4	3	3	10	10
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 тонкостенные 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.	21	11	3	4	4	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.	24	11	4	3	4	13	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: внецентричное растяжение-сжатие, косой изгиб, изгиб с кручением и растяжением. Построение нейтральной линии. Подбор размеров по опасным точкам сечения.	25	11	3	4	4	14	10
<b>Всего за 3 семестр</b>			108	51	17	17	17	57	50
2	4	<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.	26	12	4	4	4	14	12
2	4	<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.	26	12	4	4	4	14	12
2	4	<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.	28	14	4	5	5	14	12
2	4	<b>Раздел 9. Тема 9. Колебания конструкций, резонанс, коэффициент динамичности. Инженерная методика расчета конструкций на динамические 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.	28	13	5	4	4	15	14
<b>Всего за 4 семестр</b>			108	51	17	17	17	57	50
<b>Всего по дисциплине</b>			216	102	34	34	34	114	100

#### 3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Основные понятия о прочности, жесткости и устойчивости элементов конструкций. Введение в сопротивление материалов.	Тема 1. Экспериментальное определение механических характеристик материалов. Способы измерения напряжений и деформаций.	2
2	Раздел 2.	Тема 2. Экспериментальное определение механических характеристик	3

	Механические свойства материалов.	материалов. Диаграммы растяжения и сжатия. Тензометрирование.	
3	Раздел 3. Анализ напряженного и деформированного состояния стержней на основе гипотезы плоских сечений.	Тема 3. Экспериментальное определение механических характеристик материалов. Кручение. Тензометрирование. Плоский поперечный изгиб. Усилия, напряжения, перемещения. Метод начальных параметров.	4
4	Раздел 4. Понятия о тензорах напряжений и деформаций. Главные напряжения.	Тема 4. Обоснование экспериментальных методов определения напряжений в изделиях из поляризационно-оптических материалов.	4
5	Раздел 5. Теории прочности. Сложное сопротивление.	Тема 5. Сложное сопротивление, расчеты на прочность. Тензометрирование.	4
<b>Всего за 3 семестр</b>			17
6	Раздел 6. Теоретические основы расчета упругих систем.	Тема 6. Обобщенные внешние силы и перемещения. Возможная работа внешних и внутренних сил. Принцип возможных перемещений.	4
7	Раздел 7. Раскрытие статической неопределимости методом сил.	РГР За. Подготовка к ГО. Приемы составления статически определимой эквивалентной расчетной схемы. Последовательность решения задач.	4
8	Раздел 8. Устойчивость. Основные понятия. Продольный изгиб стержня.	Тема 8. Определение критической силы по формулам Эйлера и Ясинского. Инженерный метод расчета на устойчивость.	5
9	Раздел 9. Тема 9. Колебания конструкций, резонанс, коэффициент динамичности. Инженерная методика расчета конструкций на динамические воздействия.	Тема 6. Обобщенные внешние силы и перемещения. Возможная работа внешних и внутренних сил. Принцип возможных перемещений. Тема 7. Метод сил. Определение перемещений в статически неопределимых стержневых системах. Тема 8. Определение критической силы по формулам Эйлера и Ясинского. Инженерный метод расчета на устойчивость. Тема 9. Колебания конструкций, резонанс, коэффициент динамичности. Инженерная методика расчета конструкций на динамические воздействия.	4
<b>Всего за 4 семестр</b>			17

### 3.3. Лабораторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного практикума	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Основные понятия о прочности, жесткости и устойчивости элементов конструкций. Введение в сопротивление материалов.	ЛР. Определение механических характеристик образцов при растяжении	3
2	Раздел 2. Механические свойства материалов.	ЛР. Определение механических характеристик образцов при сжатии	3
3	Раздел 3. Анализ напряженного и деформированного состояния стержней на основе гипотезы плоских сечений.	ЛР. Определение механических характеристик образцов при кручении	4
4	Раздел 4. Понятия о тензорах напряжений и деформаций. Главные напряжения.	ЛР. Определение механических характеристик с помощью датчиков деформации	3
5	Раздел 5. Теории прочности. Сложное сопротивление.	ЛР. Определение понятия "сложное сопротивление". Расчет балки при косом изгибе	4
<b>Всего за 3 семестр</b>			17
6	Раздел 6. Теоретические основы расчета упругих систем.	ЛР. Определение понятия "сложное сопротивление". Расчет	4

		пространственно-ориентированной балки	
7	Раздел 7. Раскрытие статической неопределимости методом сил.	ЛР. Определение понятия "статически неопределимая система". Расчет типовой системы	4
8	Раздел 8. Устойчивость. Основные понятия. Продольный изгиб стержня.	ЛР. Определение понятия "Устойчивость". Расчет типовой системы (балки) на потерю устойчивости	5
9	Раздел 9. Тема 9. Колебания конструкций, резонанс, коэффициент динамичности. Инженерная методика расчета конструкций на динамические воздействия.	ЛР. Определение понятия "Колебания конструкций, резонанс, коэффициент динамичности". Расчет типовой системы	4
<b>Всего за 4 семестр</b>			<b>17</b>

### 3.4. 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. Введение в сопротивление материалов.	РГР 1а. Подготовка к практическим занятиям (ГО). Решение задач на растяжение - сжатие. Построение эпюр и проверка внутренних силовых факторов. Определение перемещений. Оформление.	10
2	Раздел 2. Механические свойства материалов.	РГР 1б. Подготовка к ГО. Решение задач на кручение. Определение напряжений, подбор размеров поперечных сечений по условию прочности. Определение перемещений. Оформление.	10
3	Раздел 3. Анализ напряженного и деформированного состояния стержней на основе гипотезы плоских сечений.	РГР 1в. Подготовка к ГО. Изгиб, решение задач. Определение нормальных и касательных напряжений, подбор размеров поперечных сечений по условиям прочности. Оформление.	10
4	Раздел 4. Понятия о тензорах напряжений и деформаций. Главные напряжения.	РГР 2а. Подготовка к ГО. Изгиб, дифференциальное уравнение упругой линии. Определение перемещений и углов поворота балок прямым интегрированием дифференциального уравнения. Учет граничных условий. Оформление.	13
5	Раздел 5. Теории прочности. Сложное сопротивление.	РГР 2б. Подготовка к ГО. Графическое построение исходного и главного плоского напряженного состояния. Виды сложного сопротивления. Подбор размеров сечений. Оформление.	14
<b>Всего за 3 семестр</b>			<b>57</b>
6	Раздел 6. Теоретические основы расчета упругих систем.	РГР 2в. Подготовка к ГО. Определение перемещений способом Мора. Грузовая и единичная системы. Интегралы Мора, их интегрирование	14
7	Раздел 7. Раскрытие статической неопределимости методом сил.	РГР 3а. Подготовка к ГО. Приемы составления статически определимой эквивалентной расчетной схемы. Последовательность решения задач.	14
8	Раздел 8. Устойчивость. Основные понятия. Продольный изгиб стержня.	РГР 3б. Подготовка к ГО. Решение задач на потерю устойчивости по формулам Эйлера, Ясинского и методом редукции.	14
9	Раздел 9. Тема 9. Колебания конструкций, резонанс, коэффициент динамичности. Инженерная методика расчета конструкций на динамические воздействия.	РГР 3в. Подготовка к ГО. Определение собственных частот колебаний одно и двухстепенных задач. Ударное нагружение. Коэффициент динамичности при неупругом соударении и при вынужденных колебаниях.	15
<b>Всего за 4 семестр</b>			<b>57</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			РГР, Вопр.Диф.Зач, ЛР, Вопр. Экз	ЛР, Тест		ДР	РГР, Вопр.Диф.Зач, Отч. по ЛР, Вопр. Экз	ЛР	Вопр.Диф.Зач, ЛР, Тест, Вопр. Экз	ДР	РГР, Отч. по ЛР	Вопр.Диф.Зач, ЛР, Вопр. Экз			Тест, Отч. по ЛР	ДР	Отч. по ЛР, Вопр.Диф.Зач, Вопр. Экз, диф. зач.
4						ДР				ДР						ДР	

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- РГР – расчетно-графическая работа;
- Вопр.Диф.Зач – вопросы к дифференцированному зачету;
- ЛР – лабораторная работа;
- Тест – тест;
- Отч. по ЛР – отчет по ЛР;
- Вопр. Экз – вопросы к экзамену;
- диф. зач. – дифференцированный зачет.

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

- диагностическая работа;
- расчетно-графическая работа;
- вопросы к дифференцированному зачету;
- лабораторная работа;
- тест;
- отчет по ЛР;
- вопросы к экзамену.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- дифференцированный зачет;
- экзамен.

## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Основная литература по дисциплине:

1. В. А. Санников. . Сопротивление материалов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2021, 42 экз.
2. В. И. Феодосьев. Сопротивление материалов. М.: Изд-во МГТУ им. Баумана. Золотая коллекция, 2018, эл. рес.
3. Е. Г. Макаров. . Сопротивление материалов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020, 192 экз.
4. Н. Г. Буткарева, М. О. Лебедев, А. С. Павлов. . Решение задач начального уровня по сопротивлению материалов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2015, эл. рес.
5. Н. Г. Буткарева, М. О. Лебедев, А. С. Павлов. . Решение задач средней сложности по сопротивлению материалов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016, эл. рес.
6. Н. Г. Буткарева, М. О. Лебедев, А. С. Павлов. . Решение задач начального уровня по сопротивлению материалов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2015, 37 экз.
7. Н. Г. Буткарева, М. О. Лебедев, А. С. Павлов. . Решение задач средней сложности по сопротивлению материалов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016, 60 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. <http://e.lanbook.com/> ЭБС издательства «Лань»;
2. <http://library.voenmeh.ru/> Библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

### 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 Prime 3.1;
2. PROView 32; Matlab 2015a SP1.

### 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:**

1. Интерактивная доска.

### **6.2. Практические занятия:**

1. Интерактивная доска;
2. Mathcad Prime 3.1;
3. PROView 32; Matlab 2015a SP1.

### **6.3. Лабораторные занятия:**

1. Интерактивная доска;
2. Микро-твердомер ПМТ-3;
3. Установки для проведения лабораторных работ по «механика, молекулярная физика».

### **6.4. 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 направлению *24.03.01 Ракетные комплексы и космонавтика*. 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 способность применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с математикой, физикой, теоретической механикой, материаловедением и служит основой для освоения таких дисциплин, как механика композиционных материалов, испытание конструкций из композиционных материалов, механическая и физико-техническая обработка композиционных материалов, динамика и прочность конструкций, основы конструирования космических аппаратов и т.п.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

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

- диагностическая работа;
- расчетно-графическая работа;
- вопросы к дифференцированному зачету;
- лабораторная работа;
- тест;
- отчет по ЛР;
- вопросы к экзамену.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- дифференцированный зачет;
- экзамен.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **6 з.е., 216 ч.** Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**34 ч.**), практические занятия (**34 ч.**), лабораторный практикум (**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. Введение в сопротивление материалов.</b>		
РГР 1а. Подготовка к практическим занятиям (ГО). Решение задач на растяжение - сжатие. Построение эпюр и проверка внутренних силовых факторов. Определение перемещений. Оформление.	В. И. Феодосьев. Сопротивление материалов: М.: Изд-во МГТУ им. Баумана. Золотая коллекция, 2018 (1-3) В. А. Санников. . Сопротивление материалов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2021 (1,2) Н. Г. Буткарева, М. О. Лебедев, А. С. Павлов. . Решение задач начального уровня по сопротивлению материалов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2015 (1,2)	10
Итого по разделу 1		10
<b>Раздел 2. Механические свойства материалов.</b>		
РГР 1б. Подготовка к ГО. Решение задач на кручение. Определение напряжений, подбор размеров поперечных сечений по условию прочности. Определение перемещений. Оформление.	В. А. Санников. . Сопротивление материалов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2021 (1-2) В. И. Феодосьев. Сопротивление материалов: М.: Изд-во МГТУ им. Баумана. Золотая коллекция, 2018 (1-3) Н. Г. Буткарева, М. О. Лебедев, А. С. Павлов. . Решение задач начального уровня по сопротивлению материалов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2015 (1,2)	10
Итого по разделу 2		10
<b>Раздел 3. Анализ напряженного и деформированного состояния стержней на основе гипотезы плоских сечений.</b>		
РГР 1в. Подготовка к ГО. Изгиб, решение задач. Определение нормальных и касательных напряжений, подбор размеров поперечных сечений по условиям прочности. Оформление.	В. А. Санников. . Сопротивление материалов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2021 (4) Н. Г. Буткарева, М. О. Лебедев, А. С. Павлов. . Решение задач начального уровня по сопротивлению материалов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2015 (3) Н. Г. Буткарева, М. О. Лебедев, А. С. Павлов. . Решение задач средней сложности по сопротивлению материалов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 (2)	10
Итого по разделу 3		10
<b>Раздел 4. Понятия о тензорах напряжений и деформаций. Главные напряжения.</b>		

РГР 2а. Подготовка к ГО. Изгиб, дифференциальное уравнение упругой линии. Определение перемещений и углов поворота балок прямым интегрированием дифференциального уравнения. Учет граничных условий. Оформление.	Е. Г. Макаров. . Сопротивление материалов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020 (3,4) Н. Г. Буткарева, М. О. Лебедев, А. С. Павлов. . Решение задач начального уровня по сопротивлению материалов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2015 (3) В. А. Санников. . Сопротивление материалов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2021 (4)	13
Итого по разделу 4		13
<b>Раздел 5. Теории прочности. Сложное сопротивление.</b>		
РГР 2б. Подготовка к ГО. Графическое построение исходного и главного плоского напряженного состояния. Виды сложного сопротивления. Подбор размеров сечений. Оформление.	В. А. Санников. . Сопротивление материалов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2021 (5) Н. Г. Буткарева, М. О. Лебедев, А. С. Павлов. . Решение задач средней сложности по сопротивлению материалов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 (1) Н. Г. Буткарева, М. О. Лебедев, А. С. Павлов. . Решение задач начального уровня по сопротивлению материалов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2015 (4)	14
Итого по разделу 5		14
<b>Раздел 6. Теоретические основы расчета упругих систем.</b>		
РГР 2в. Подготовка к ГО. Определение перемещений способом Мора. Грузовая и единичная системы. Интегралы Мора, их интегрирование	В. А. Санников. . Сопротивление материалов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2021 (6) Н. Г. Буткарева, М. О. Лебедев, А. С. Павлов. . Решение задач средней сложности по сопротивлению материалов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 (1) Н. Г. Буткарева, М. О. Лебедев, А. С. Павлов. . Решение задач начального уровня по сопротивлению материалов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2015 (4)	14
Итого по разделу 6		14
<b>Раздел 7. Раскрытие статической неопределимости методом сил.</b>		
РГР 3а. Подготовка к ГО. Приемы составления статически определимой эквивалентной расчетной схемы. Последовательность решения задач.	Е. Г. Макаров. . Сопротивление материалов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020 (3,4) В. А. Санников. . Сопротивление материалов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2021 (7-8) Н. Г. Буткарева, М. О. Лебедев, А. С. Павлов. . Решение задач средней сложности по сопротивлению материалов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 (2)	14
Итого по разделу 7		14
<b>Раздел 8. Устойчивость. Основные понятия. Продольный изгиб стержня.</b>		
РГР 3б. Подготовка к ГО. Решение задач на потерю устойчивости по формулам Эйлера, Ясинского и методом редукции.	Е. Г. Макаров. . Сопротивление материалов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020 (4) В. А. Санников. . Сопротивление материалов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2021 (8) Н. Г. Буткарева, М. О. Лебедев, А. С. Павлов. . Решение задач средней сложности по сопротивлению	14

	материалов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 (3)	
Итого по разделу 8		14
<b>Раздел 9. Тема 9. Колебания конструкций, резонанс, коэффициент динамичности. Инженерная методика расчета конструкций на динамические воздействия.</b>		
РГР Зв. Подготовка к ГО. Определение собственных частот колебаний одно и двухстепенных задач. Ударное нагружение. Коэффициент динамичности при неупругом соударении и при вынужденных колебаниях.	Е. Г. Макаров. . Сопротивление материалов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020 (5) Н. Г. Буткарева, М. О. Лебедев, А. С. Павлов. . Решение задач средней сложности по сопротивлению материалов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 (3,4)	15
Итого по разделу 9		15

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- расчетно-графическая работа;
- вопросы к дифференцированному зачету;
- тест;
- лабораторная работа;
- отчет по ЛР;
- вопросы к экзамену;
- дифференцированный зачет;
- экзамен.

### 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.

#### Расчетно-графическая работа

Работа представляется в печатном виде в формате, предусмотренном шаблоном отчета лабораторной работы или части РГР. Защита отчета проходит в форме доклада студента по выполненной работе и ответов на вопросы преподавателя.

В случае если оформление отчета и поведение студента во время защиты соответствуют указанным требованиям, студент получает максимальное количество баллов. Основаниями для снижения количества баллов в диапазоне от 5 до 3 являются: • небрежное выполнение, • низкое качество графического материала (неверный выбор масштаба чертежей, отсутствие указания единиц измерения на графиках), Отчет не может быть принят и подлежит доработке в случае:

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

#### Вопросы к дифференцированному зачету

Вопросы к дифференцированному зачету до 20 размещены в ЭИОС Moodle

#### Тест

Тестовые вопросы (до 10 в семестре) приводятся в ЭИОС Moodle, а также содержаться в УМК. Оцениваются совокупностью правильных ответов в автоматическом режиме. Учащийся имеет право на корректировку оценки очно.

#### Лабораторная работа

Лабораторные работы в количестве до 7 заполняются в рукописном виде, в формате, предусмотренном шаблоном отчета по лабораторной работе, приведенном в УМК дисциплины и в методических указаниях к ЛР. Отчет должен содержать:

- Сводные таблицы с результатами измерений и необходимые графики;
- Расчет искомых величин и их погрешностей;
- Окончательный результат с учетом оценки погрешностей измерений и вычислений;
- Анализ полученных результатов и их сравнение с теоретическими или табличными;
- Письменные ответы на все контрольные вопросы (список вопросов приводится в методических указаниях к каждой лабораторной работе).

#### Отчет по ЛР

Отчет по лабораторной работе принимается с оценкой "отлично" при отсутствии замечаний к пояснительной записке и 2-х правильных ответах на 2 вопроса по теме лабораторного задания. Отчет по лабораторной работе принимается с оценкой "хорошо" при отсутствии замечаний к пояснительной записке и 1-м правильном ответе на 2 вопроса по теме лабораторного задания. Отчет по лабораторной работе принимается с оценкой "удовлетворительно" при отсутствии замечаний к пояснительной записке и 1-м правильном ответе на 3 вопроса по теме лабораторного задания.

#### Вопросы к экзамену

Количество вопросов до 30 размещены в ЭИОС Moodle.



### **Дифференцированный зачет**

Количество вопросов - 5. Оценку «отлично» получает студент, показавший, хорошие или отличные знания во время учебы в семестре и показавший на экзамене глубокие знания по основным разделам курса и владение методами решения задач средней сложности.

Оценку «хорошо» получает студент, показавший, хорошие или отличные знания во время учебы в течение семестра и показавший на экзамене глубокие знания по основным разделам курса и владение методами решения элементарных задач.

Оценку «удовлетворительно» получает студент, показавший на экзамене знания по основным разделам курса, на экзамене получен ошибочный результат решения задачи, но соблюдается логическая цепочка действий.

### **Экзамен**

Текущее электронное тестирование имеется в виде 25 тестовых задач с четырьмя ответами на каждую. Необходимо правильно решить задачу и показать верный ответ. Возможен аудиторный опрос. Оценку «отлично» получает студент, показавший, хорошие или отличные знания во время учебы в семестре и показавший на экзамене глубокие знания по основным разделам курса и владение методами решения задач средней сложности.

Оценку «хорошо» получает студент, показавший, хорошие или отличные знания во время учебы в течение семестра и показавший на экзамене глубокие знания по основным разделам курса и владение методами решения элементарных задач.

Оценку «удовлетворительно» получает студент, при условии успешного прохождения текущего контроля успеваемости в форме диагностической работы в соответствии с графиком раздела 4. Оценку «неудовлетворительно» получает студент, показавший недостаточный уровень знаний и умений при решении задач в рамках учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы допустил много неверных ответов.

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме				Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %		НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Лекции	Лабораторный практикум	Практические занятия		ОПК-1		
2	3	Раздел 1. Основные понятия о прочности, жесткости и устойчивости элементов конструкций. Введение в сопротивление материалов.	18	8	3	3	2	10	10		Расчетно-графическая работа, Вопросы к дифференцированному зачету
2	3	Раздел 2. Механические свойства материалов.	20	10	4	3	3	10	10		Тест, Лабораторная работа, Вопросы к дифференцированному зачету
2	3	Раздел 3. Анализ напряженного и деформированного состояния стержней на основе гипотезы плоских сечений.	21	11	3	4	4	10	10		Расчетно-графическая работа, Отчет по ЛР, Вопросы к дифференцированному зачету
2	3	Раздел 4. Понятия о тензорах напряжений и деформаций. Главные напряжения.	24	11	4	3	4	13	10		Тест, Лабораторная работа, Расчетно-графическая работа
2	3	Раздел 5. Теории прочности. Сложное сопротивление.	25	11	3	4	4	14	10		Вопросы к дифференцированному зачету, Отчет по ЛР
Всего за 3 семестр			108	51	17	17	17	57	50		
2	4	Раздел 6. Теоретические основы расчета упругих систем.	26	12	4	4	4	14	12		Расчетно-графическая работа, Вопросы к экзамену
2	4	Раздел 7. Раскрытие статической неопределимости методом сил.	26	12	4	4	4	14	12		Расчетно-графическая работа, Тест, Лабораторная работа
2	4	Раздел 8. Устойчивость. Основные понятия. Продольный изгиб стержня.	28	14	4	5	5	14	12		Расчетно-графическая работа, Вопросы к экзамену, Тест, Отчет по ЛР

2	4	Раздел 9. Тема 9. Колебания конструкций, резонанс, коэффициент динамичности. Инженерная методика расчета конструкций на динамические воздействия.	28	13	5	4	4	15	14	Вопросы к экзамену, Отчет по ЛР
Всего за 4 семестр			108	51	17	17	17	57	50	
Всего по дисциплине			216	102	34	34	34	114	100	

## Критерии оценивания

### ОПК-1

№ 1	<i>Вопросы открытого типа:</i>	
	Наибольшее напряжение, до которого выполняется закон Гука, называется	
	1. напряжением при разрыве	
	2. пределом прочности	
№ 2	3. пределом текучести	
	4. пределом пропорциональности	
	Что означает математическое выражение $\sigma_{\max} \leq [\sigma]$	
	1. условие жёсткости	
№ 3	2. закон Гука	
	3. условие прочности	
	4. коэффициент запаса прочности условие прочности	
	В каких точках кольцевого сечения возникают наибольшие касательные напряжения при кручении	
№ 4	1. во всех точках сечения	
	2. в центре сечения	
	3. в точках внешней поверхности	
	4. в точках внутренней поверхности	
№ 5	По какой формуле вычисляются максимальные касательные напряжения при плоском изгибе	
	1. $\sigma = M / J$	
	2. $\sigma = M / W$	
	3. $\sigma = Q \cdot S_{\text{отс}} / (J \cdot b)$	
№ 6	4. $\sigma = Q / F$	
	По какой формуле вычисляются максимальные нормальные напряжения при плоском изгибе	
	1. $\sigma = M / J$	
	2. $\sigma = M / W$	
№ 7	3. $\sigma = Q \cdot S_{\text{отс}} / (J \cdot b)$	
	4. $\sigma = Q / F$	
	Как записывается условие прочности при кручении	
	1. $\tau_{\max} = M_{\text{к}} \max / J_{\text{к}} \leq [\tau]$	
№ 8	2. $\tau_{\max} = M_{\text{к}} \max / W_{\text{к}} \leq [\tau]$	
	3. $M_{\text{к}} \cdot L / (G \cdot J_{\text{к}}) \leq [\varphi]$	
	4. $\tau_{\min} = M_{\text{к}} \max / (G \cdot J_{\text{к}}) \leq [\Theta]$	
№ 9	Линейная постановка задачи сопротивления материалов подразумевает...	
	1. физическую линейность	
	2. геометрическую линейность	
№ 10	3. принцип суперпозиции	

№ 8	4. все вышеперечисленное
	Внутренняя потенциальная энергия при упруго-пластическом деформировании складывается из энергии.....
	1. изменения объема и формы
	2. потенциальной и диссипативной
№ 9	3. кинетической и диссипативной
	4. ничего из перечисленного выше
	Принцип неизменности начальных размеров предполагает, что
	1. перемещения сечений стержня малы по сравнению с его начальными размерами
№ 10	2. вдали от точки приложения нагрузки распределение напряжений не зависит от вида нагрузки
	3. плоские поперечные сечения стержня остаются после деформации плоскими и перпендикулярными его оси
	4. в местах приложения внешних нагрузок внутренние силы в стержне изменяются скачкообразно
	В каких единицах измеряется механическое напряжение
№ 1	1. в метрах
	2. безразмерное
	3. в Н / м <sup>2</sup>
	4. в Н
№ 2	Вопросы закрытого типа:
	Прочностью тела это способность тела или конструкции _____
	действию внешних нагрузок без разрушения
	Гипотеза сплошности материала предполагает, что материал _____ заполняет объём тела
№ 3	Гипотеза изотропности материала предполагает, что свойства материала во всех _____ одинаковы
	Хрупкими называются материалы, обладающие _____ пластичностью
	Гипотеза плоских сечений предполагает, что сечения стержня при _____
	остаются плоскими и перпендикулярными его оси
№ 4	№ 6
	Отношение продольной силы к площади поперечного сечения это _____
	напряжение при осевом растяжении
	№ 7
№ 5	Отношение изменения длины к исходной это _____ деформация
	№ 8
	Метод _____ применяется для определения внутренних сил на участках стержня
	№ 9
№ 6	Закон Гука отражает линейную зависимость _____ от напряжения
	№ 10
	Модуль _____ связан с углом наклона участка упругости на диаграмме кручения