

УТВЕРЖДАЮ  
 Декан факультета

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

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ

Направление/специальность подготовки	24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей
Специализация/профиль/программа подготовки	Проектирование технологических процессов производства авиационных, ракетных двигателей и энергетических установок
Уровень высшего образования	Специалитет
Форма обучения	Очная
Факультет	А Ракетно-космической техники
Выпускающая кафедра	А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ 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	экз.
2	4	3	108	51	17	17	17	57	0	18	39	зач.
ВСЕГО		6	216	102	34	34	34	114	0	18	96	

*ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ*

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

**24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей**

год набора группы: 2024

Программу составил:

Кафедра Е7 МЕХАНИКА ДЕФОРМИРУЕМОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА  
Красильников Андрей Зиновьевич, к.ф.-м.н., доцент, 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 выпускающей кафедры

**А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

Заведующий кафедрой Левихин А.А., к.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:

ПСК-5.3 — способность выполнять расчеты на прочность
--

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

**ПСК-5.3**

*знания:*

Знание теоретических основ расчётов на прочность, жёсткость, устойчивость и долговечность в объёме стандартных программ сопротивления материалов высших технических учебных заведений;

*умения:*

Умение думать и решать задачи на прочность, жёсткость, устойчивость и долговечность в объёме стандартных программ сопротивления материалов высших технических учебных заведений;

*навыки:*

Навык самостоятельной работы при решении задач на прочность, жёсткость, устойчивость и долговечность в объёме стандартных программ сопротивления материалов высших технических учебных заведений.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей*.

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

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

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-5 — Способен разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности для решения инженерных задач

### 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.</b> 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.	23	11	4	4	3	12	10
2	3	<b>Раздел 2. Механические свойства материалов.</b> Экспериментальное определение механических характеристик материалов. Диаграммы растяжения – сжатия, кручения. Понятие о предельном и допустимом напряжении, коэффициенте запаса прочности. Способы измерения напряжений и деформаций, тензометрирование.	24	12	4	4	4	12	10
2	3	<b>Раздел 3. Анализ напряженного и деформированного состояния стержней на основе гипотезы плоских сечений.</b> Линейное растяжение-сжатие. Чистый сдвиг. Кручение. Сплошные и тонко-стенные 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.	26	13	4	4	5	13	10
2	3	<b>Раздел 4. Понятия о тензорах напряжений и деформаций. Главные напряжения.</b> Уравнения равновесия. Условия на поверхности тела. Тензор малых деформаций и тензор напряжений. Геометрические уравнения теории упругости. Обобщенный закон Гука. Шаровой тензор и девиатор. Потенциальная энергия изменения объема и формы. Виды напряженного состояния.	20	10	4	4	2	10	10
2	3	<b>Раздел 5. Теории прочности. Сложное сопротивление.</b> 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. Построение нейтральной линии. Подбор размеров по опасным точкам сечения.	15	5	1	1	3	10	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> 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. Определение перемещений в статически определимых стержневых системах способом Мора. Определение перемещений в статически неопределимых стержневых системах способом Мора. Метод сил.	43	10	5	5	0	33	10
2	4	<b>Раздел 7. Устойчивость. Основные понятия. Продольный изгиб стержня.</b> Формула Эйлера. Влияние граничных условий. Энергетический метод расчета стержня на устойчивость. Формула Ясинского. Пределы применимости формулы Эйлера. Продольно-поперечный изгиб стержня.	21	14	4	4	6	7	10
2	4	<b>Раздел 8. Колебания упругих систем. Виды динамического воздействия.</b> Инерционные нагрузки, учет степеней свободы. Колебания простейшей системы с одной степенью свободы. Коэффициент динамичности при неупругом соударении тел. Колебания системы при импульсном воздействии. Вынужденные колебания при гармоническом и произвольном внешнем воздействии. Интеграл Дюамеля. Коэффициент динамичности при гармоническом воздействии. Инженерная методика расчета конструкций на динамические воздействия.	23	14	4	4	6	9	15
2	4	<b>Раздел 9. Усталостное разрушение.</b> 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.	21	13	4	4	5	8	15
<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.	Идеализация материалов и их свойств, геометрических форм, граничных условий и технических конструкций. Анализ внешних сил.	3

2	Раздел 2. Механические свойства материалов.	Экспериментальное определение механических характеристик материалов. Диаграммы растяжения – сжатия, кручения. Понятие о предельном и допускаемом напряжении, коэффициенте запаса прочности.	4
3	Раздел 3. Анализ напряженного и деформированного состояния стержней на основе гипотезы плоских сечений.	Простые виды напряжённого состояния	5
4	Раздел 4. Понятия о тензорах напряжений и деформаций. Главные напряжения.	Виды напряженного состояния.	2
5	Раздел 5. Теории прочности. Сложное сопротивление.	Сложное сопротивление	3
<b>Всего за 3 семестр</b>			17
6	Раздел 7. Устойчивость. Основные понятия.	Сложное сопротивление, расчеты на прочность. Обобщенные внешние силы и перемещения. Возможная работа внешних и внутренних сил. Принцип возможных перемещений.	3
7	Продольный изгиб стержня.	Формула Эйлера. Влияние граничных условий. Энергетический метод расчета стержня на устойчивость. Формула Ясинского. Пределы применимости формулы Эйлера. Продольно-поперечный изгиб стержня.	3
8	Раздел 8. 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.	6
9	Раздел 9. 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
<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.	Лабораторная работа	4
2	Раздел 2. Механические свойства материалов.	Лабораторная работа	4
3	Раздел 3. Анализ напряженного и деформированного состояния стержней на основе гипотезы плоских сечений.	Лабораторная работа	4
4	Раздел 4. Понятия о тензорах напряжений и деформаций. Главные напряжения.	Лабораторная работа	4
5	Раздел 5. Теории прочности. Сложное сопротивление.	Лабораторная работа	1
<b>Всего за 3 семестр</b>			17
6	Раздел 6. Теоретические основы расчета упругих систем.	Лабораторная работа	5
7	Раздел 7. Устойчивость. Основные понятия. Продольный изгиб стержня.	Лабораторная работа	4
8	Раздел 8. Колебания упругих систем. Виды динамического воздействия.	Лабораторная работа	4
9	Раздел 9. Усталостное разрушение.	Лабораторная работа	4

	работа	
<b>Всего за 4 семестр</b>		17

### 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.	Подготовка к практическим занятиям. Решение задач на растяжение – сжатие. Построение эпюр и проверка внутренних силовых факторов. Определение перемещений. Оформление.	12
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.	12
3	Раздел 3. Анализ напряженного и деформированного состояния стержней на основе гипотезы плоских сечений.	Подготовка к практическим занятиям. Изгиб, решение задач. Определение нормальных и касательных напряжений, подбор размеров поперечных сечений по условиям прочности. Оформление.	13
4	Раздел 4. Понятия о тензорах напряжений и деформаций. Главные напряжения.	Подготовка к практическим занятиям.Оформление.	5
5		Изгиб, дифференциальное уравнение упругой линии. Определение перемещений и углов поворота балок прямым интегрированием дифференциального уравнения. Учет граничных условий.	5
6	Раздел 5. Теории прочности. Сложное сопротивление.	Графическое построение исходного и главного плоского напряженного состояния. Виды сложного сопротивления. Подбор размеров сечений. Оформление.	10
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.	33
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 редукиции. Продольно-поперечный изгиб стержня.	4
9		Решение задач из курсовой работы: определение перемещений способом Мора, грузовая и единичная системы, интегралы Мора, их интегрирование. Оформление.	3
10	Раздел 8. 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.	6
11		Выполнение этапа курсовой работы - решение задач на потерю устойчивости по формулам Эйлера, Ясинского и методом редукиции. Оформление.	3
12	Раздел 9. Усталостное разрушение.	Усталостное разрушение и расчеты на прочность. Определение коэффициентов запаса прочности при чистом сдвиге, растяжении сжатии, изгибе.	4
13		Завершение выполнения курсовой работы - определение собственных частот колебаний одно и двухстепенных задач. Ударное нагружение. Коэффициент динамичности при неупругом соударении и при вынужденных колебаниях. Оформление.	4
Всего за 4 семестр			57

### 3.5. Курсовая работа



СОДЕРЖАНИЕ ЭТАПА	ПЕРИОД ИСПОЛНЕНИЯ (недели семестра)	ПЛАНИРУЕМОЕ ВРЕМЯ (час)
Этап 1. Составление и решение уравнений равновесия для внешних сил	1 - 4	5
Этап 2. Построение эпюр внутренних сил	5 - 8	5
Этап 3. Расчёт на прочность	9 - 12	5
Этап 4. Тепловой расчёт	13 - 14	3
<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				ЛР		ДР			ЛР	ДР		ЛР		ЛР		ДР	Вопр. Экз
4				КР		ДР			КР	ДР		КР			КР	ДР	Вопр. Зач, КР, зач.

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ЛР – лабораторная работа;
- Вопр. Экз – вопросы к экзамену;
- КР – курсовая работа;
- Вопр. Зач – вопросы к зачету;
- зач. – зачет.

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

- диагностическая работа;
- лабораторная работа;
- вопросы к экзамену;
- курсовая работа;
- вопросы к зачету.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- экзамен;
- зачет.

## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Основная литература по дисциплине:

1. В. И. Феодосьев. Сопротивление материалов. М.: Изд-во МГТУ им. Баумана. Золотая коллекция, 2018, эл. рес.
2. В. И. Феодосьев. . Сопротивление материалов. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2018, эл. рес.
3. В. Я. Молотников, А. А. Молотникова. . Теория упругости и пластичности. Санкт-Петербург: Лань, 2022, эл. рес.
4. Е. Г. Макаров. . Сопротивление материалов с использованием вычислительных комплексов. М.: Юрайт, 2018, 39 экз.
5. Е. Г. Макаров. . Mathcad - быстрый старт. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020, 42 экз.
6. Е. Г. Макаров. . Сопротивление материалов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020, 192 экз.
7. Н. М. Атаров. . Сопротивление материалов в примерах и задачах. М.: ИНФРА-М, 2010, 5 экз.
8. Н. Р. Туркина. . Проектирование в среде SolidWorks. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017, 38 экз.
9. Н. Р. Туркина, А. З. Красильников. . Надёжность технических систем. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018, 39 экз.
10. 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://ibooks.ru/> — ЭБС Айбукс.ру - это большой выбор актуальной литературы для вашей библиотеки в электронном виде;
4. [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;
5. <https://urait.ru/> — Главная – Образовательная платформа Юрайт. Для вузов и ссузов.;
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. Mathcad Education - University Edition Term;
2. Matlab 2015a SP1;
3. PTC Mathcad Prime 5.0.

### **6.3. Лабораторные занятия:**

1. Машина разрывная для статических испытаний металлов Р100;
2. Стенды с учебными деталями машин.

### **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 *24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей*. 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*:  
ПСК-5.3 способность выполнять расчеты на прочность.

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;
- лабораторная работа;
- вопросы к экзамену;
- курсовая работа;
- 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 (**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.</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)	12
Итого по разделу 1		12
<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)	12
Итого по разделу 2		12
<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)	13
Итого по разделу 3		13
<b>Раздел 4. Понятия о тензорах напряжений и деформаций. Главные напряжения.</b>		
Подготовка к практическим занятиям. Оформление.	В. И. Феодосьев.	5
Изгиб, дифференциальное уравнение упругой линии. Определение перемещений и углов поворота балок прямым интегрированием дифференциального уравнения. Учет граничных условий.	Сопротивление материалов: М.: Изд-во МГТУ им. Баумана. Золотая коллекция, 2018 (5-9)	5

Итого по разделу 4		10
<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)	10
Итого по разделу 5		10
<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)	33
Итого по разделу 6		33
<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.	В. И. Феодосьев. Сопротивление материалов: М.: Изд-во МГТУ им. Баумана. Золотая коллекция, 2018 (5-7)	4
Решение задач из курсовой работы: определение перемещений способом Мора, грузовая и единичная системы, интегралы Мора, их интегрирование. Оформление.	Н. Р. Туркина, А. З. Красильников. . Надёжность технических систем: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018 (1-5)	3
Итого по разделу 7		7
<b>Раздел 8. 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.	Н. Р. Туркина, А. З. Красильников. . Статистический анализ в механике: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018 (1-5)	6
Выполнение этапа курсовой работы - решение задач на потерю устойчивости по формулам Эйлера, Ясинского и методом редукции. Оформление.	Е. Г. Макаров. . Mathcad - быстрый старт: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020 (1-6)	3
Итого по разделу 8		9
<b>Раздел 9. Усталостное разрушение.</b>		
Усталостное разрушение и расчеты на прочность. Определение коэффициентов запаса прочности при чистом сдвиге, растяжении сжатии, изгибе.	Н. Р. Туркина. . Проектирование в среде SolidWorks: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017 (1-3)	4
Завершение выполнения курсовой работы - определение собственных частот колебаний одно и двухстепенных задач. Ударное нагружение. Коэффициент динамичности при неупругом соударении и при вынужденных колебаниях. Оформление.	В. И. Феодосьев. . Сопротивление материалов: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2018 (10-13)	4
Итого по разделу 9		8

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- лабораторная работа;
- вопросы к зачету;
- курсовая работа;
- вопросы к экзамену;
- 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.

#### Лабораторная работа

Допуск к выполнению лабораторной работы происходит при условии наличия у студента печатной версии титульного листа и шаблона отчета по лабораторной работе

#### Вопросы к зачету

Вопросы содержатся в составе трёхэтапной тестовой системы moodle (100 вопросов)

#### Курсовая работа

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 не 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.

#### Вопросы к экзамену

Вопросы содержатся в составе трёхэтапной тестовой системы moodle (100 вопросов)

#### Зачет

Экзамен предполагает письменные ответы студента на экзаменационный билет, включающий 2 теоретических вопроса. Дополнительные вопросы студенты отмечают в экзаменационных листах и письменно отвечают на них. По каждому вопросу выставляется оценка по пятибалльной шкале. Общая оценка выставляется по пятибалльной шкале с учетом оценок по каждому вопросу и с учетом ответов на дополнительные вопросы. Критерии и шкалы оценивания экзамена: 1. Шкала оценивания: «отлично». Критерии оценивания: Обучающийся правильно ответил на теоретические вопросы. Показал отличные знания в рамках учебного материала. Показал отличные умения и владения навыками применения полученных знаний и умений при решении задач в рамках учебного материала. Ответил на все дополнительные вопросы.

2. Шкала оценивания: «хорошо». Критерии оценивания: Обучающийся с небольшими неточностями ответил на теоретические вопросы. Показал хорошие знания в рамках учебного материала. Показал хорошие умения и владения навыками применения полученных знаний и умений при решении задач в рамках учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов.

3. Шкала оценивания: «удовлетворительно». Критерии оценивания: Обучающийся с существенными неточностями ответил на теоретические вопросы. Показал удовлетворительные знания в рамках



учебного материала. Показал удовлетворительные умения и владения навыками применения полученных знаний и умений при решении задач в рамках учебного материала.

4. Шкала оценивания: «неудовлетворительно». Критерии оценивания: Обучающийся при ответе на теоретические вопросы продемонстрировал недостаточный уровень знаний и умений при решении задач в рамках учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неправильных ответов.

Оценка может быть выставлена по 100-балльной системе в соответствии с технологической картой курса.

Оценка «отлично», если набрано 85-100 баллов;

Оценка «хорошо», если набрано 75-84 баллов;

Оценка «удовлетворительно», если набран 51-74 баллов;

Оценка «не сдано», если набрано менее 51 балла;

#### **Экзамен**

Выставляется по 100-балльной системе в соответствии с технологической картой курса.

Оценка «зачтено», если набрано 60 и более баллов;

Оценка «не зачтено», если набрано менее 60 баллов

Паспорт фонда оценочных средств

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		ПСК-5.3	
2	3	Раздел 1. Основные понятия о прочности, жесткости и устойчивости элементов конструкций.	23	11	4	4	3	12	10	Лабораторная работа
2	3	Раздел 2. Механические свойства материалов.	24	12	4	4	4	12	10	Лабораторная работа
2	3	Раздел 3. Анализ напряженного и деформированного состояния стержней на основе гипотезы плоских сечений.	26	13	4	4	5	13	10	Лабораторная работа
2	3	Раздел 4. Понятия о тензорах напряжений и деформаций. Главные напряжения.	20	10	4	4	2	10	10	Лабораторная работа
2	3	Раздел 5. Теории прочности. Сложное сопротивление.	15	5	1	1	3	10	10	Вопросы к зачету
Всего за 3 семестр			108	51	17	17	17	57	50	
2	4	Раздел 6. Теоретические основы расчета упругих систем.	43	10	5	5	0	33	10	Лабораторная работа, Курсовая работа
2	4	Раздел 7. Устойчивость. Основные понятия. Продольный изгиб стержня.	21	14	4	4	6	7	10	Лабораторная работа, Курсовая работа
2	4	Раздел 8. Колебания упругих систем. Виды динамического воздействия.	23	14	4	4	6	9	15	Лабораторная работа, Курсовая работа
2	4	Раздел 9. Усталостное разрушение.	21	13	4	4	5	8	15	Вопросы к экзамену, Курсовая работа
Всего за 4 семестр			108	51	17	17	17	57	50	
Всего по дисциплине			216	102	34	34	34	114	100	

## Критерии оценивания

### ПСК-5.3

#### *Вопросы открытого типа:*

- |      |   |
|------|---|
| № 1  | - Что такое сила  |
| № 2  | - Что такое момент  |
| № 3  | - Что такое напряжение  |
| № 4  | - Что такое продольная деформация                                       |
| № 5  | - Что такое угловая деформация  |
| № 6  | - Что такое механическая работа   |
| № 7  | - На каком перемещении сила совершает работу                            |
| № 8  | - На каком перемещении момент совершает работу                          |
| № 9  | - На каком перемещении совершает работу линейно распределённая нагрузка |
| № 10 | - На каком перемещении совершает работу давление                        |

#### *Вопросы закрытого типа:*

- |      |  |
|------|--|
| № 1  | 01 Опора в виде плоского неподвижного шарнира эквивалентна   |
| № 2  | 02 Для записи уравнений равновесия с участием внутренних сил в стержне                                       |
| № 3  | 03 Производная от внутреннего поперечного момента $M_z$ по продольной оси стержня равна                      |
| № 4  | 04 Тангенс угла наклона эпюры внутренней продольной силы в стержне равен                                     |
| № 5  | 05 Жёсткость конструкции   |
| № 6  | 06 В стержневых конструкциях количество необходимых для построения эпюр внутренних сил сечений определяется  |
| № 7  | 07 Плечом силы называется  |
| № 8  | 08 Сосредоточенным внешним моментом называется   |
| № 9  | 09 Определение неизвестных внешних сил, действующих на неподвижную жёсткую конструкцию, предполагает решение |
| № 10 | 10 Прочность конструкции   |