

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ

Направление/специальность подготовки	24.03.05 Двигатели летательных аппаратов
Специализация/профиль/программа подготовки	Цифровые технологии создания двигателей и энергетических установок
Уровень высшего образования	Бакалавриат
Форма обучения	Очная
Факультет	А Ракетно-космическая техника
Выпускающая кафедра	А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА
Кафедра-разработчик рабочей программы	НЗ 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)**

**24.03.05 Двигатели летательных аппаратов**

год набора группы: 2026

Программу составил:

Кафедра НЗ Механика деформируемого твердого тела  
Харитонов Александр Валерьевич, старший преподаватель

\_\_\_\_\_

Программа рассмотрена  
на заседании кафедры-разработчика  
рабочей программы **НЗ Механика деформируемого твердого тела**

Заведующий кафедрой Крутова В.А., д.т.н., доц.

\_\_\_\_\_

Программа рассмотрена  
на заседании выпускающей кафедры

**А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА**

Заведующий кафедрой Тетерина И.В., 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:

ОПК-1 — Способен 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:*

1. Основные гипотезы и допущения о свойствах материалов и характере деформаций.
2. Классификацию видов нагружения.
3. Понятия напряжений, деформаций, перемещений, внутренних силовых факторов.
4. Условия прочности, жёсткости и устойчивости.
5. Закон Гука и связь между напряжениями и деформациями.
6. Методы определения перемещений в балках и рамах.;

*умения:*

1. Строить эпюры продольных сил, крутящих и изгибающих моментов, поперечных сил.
2. Определять напряжения и деформации в стержнях и простых системах.
3. Проверять прочность и жёсткость элемента конструкции по заданным нагрузкам.
4. Выявлять опасные сечения и оценивать запас прочности.
5. Использовать метод сечений для определения внутренних усилий.
6. Применять формулы для расчёта напряжений при сложном сопротивлении.;

*навыки:*

1. Расчёта статически определимых и простейших статически неопределимых систем.
2. Подбора поперечного сечения балки или стержня из условия прочности.
3. Использования расчётных формул для типовых соединений.
4. Работы с нормативной и справочной литературой.
5. Построения расчётных схем для реальных элементов конструкций.
6. Проведения проверочного и проектировочного расчётов..

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *24.03.05 Двигатели летательных аппаратов*.

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

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ДЕТАЛИ МАШИН**.

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
- ОПК-3 — Способен участвовать в разработке технической документации, связанной с профессиональной деятельностью с использованием стандартов, норм и правил

### 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. Введение в курс сопротивления материалов. Геометрические характеристики поперечных сечений стержня.</b> Предмет и задачи сопротивления материалов. Основные гипотезы. Внешние и внутренние силы. Метод сечений. Напряжения и деформации. Статические моменты и центр тяжести. Осевые, полярный и центробежный моменты инерции. Зависимости при параллельном переносе осей. 9. Поворот осей. Главные оси и главные моменты инерции. Моменты сопротивления.	15	8	4	0	4	7	12
2	3	<b>Раздел 2. Растяжение и сжатие стержней.</b> Продольная сила и нормальные напряжения. Эпюры N и $\sigma$ . Закон Гука. Абсолютное и относительное удлинение. Расчёт на прочность (проверочный и проектировочный).	35	14	4	6	4	21	13
2	3	<b>Раздел 3. Кручение стержней.</b> Чистый сдвиг. Закон Гука при сдвиге. Модуль сдвига G. Кручение стержня круглого сечения: касательные напряжения, угол закручивания, полярный момент инерции и момент сопротивления.	29	14	4	6	4	15	12
2	3	<b>Раздел 4. Плоский поперечный изгиб стержней.</b> Виды изгиба. Поперечная сила и изгибающий момент. Правила знаков. Дифференциальные зависимости. Построение эпюр Q и M для двухопорной балки. Нормальные напряжения при изгибе. Касательные напряжения. Условие прочности по нормальным и касательным напряжениям. Подбор сечения балки.	29	15	5	5	5	14	13
<b>Всего за 3 семестр</b>			108	51	17	17	17	57	50
2	4	<b>Раздел 5. Сложное сопротивление.</b> Косой изгиб. Внецентренное сжатие. Ядро сечения. Изгиб с кручением. Понятие об эквивалентном напряжении.	55	20	4	12	4	35	12
2	4	<b>Раздел 6. Основы теории напряжённо-деформированного состояния.</b> Напряжения в точке. Главные напряжения и главные площадки. Круги Мора для плоского напряжённого состояния. Обобщённый закон Гука. Объёмная деформация. Потенциальная энергия деформации. Теории прочности.	12	8	4	0	4	4	12
2	4	<b>Раздел 7. Энергетические методы расчета упругих систем. Раскрытие статической неопределённости методом сил.</b> Потенциальная энергия деформации при изгибе, растяжении, кручении. Теорема Кастильяно. Интеграл Мора. Статически неопределимые системы. Канонические уравнения метода сил. Выбор основной системы. Построение эпюр в статически неопределимых рамах.	12	8	4	0	4	4	13
2	4	<b>Раздел 8. Устойчивость и колебания. Основные понятия.</b> Устойчивость сжатых стержней. Формула Эйлера. Гибкость. Пределы применимости формулы Эйлера. Практические методы расчёта, коэффициент снижения допускаемых напряжений. Продольно-поперечный изгиб. Элементы теории колебаний. Свободные и вынужденные колебания систем с одной степенью свободы. Расчёт на резонанс. Определение критической частоты вращения вала.	29	15	5	5	5	14	13
<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. Введение в курс сопротивления материалов. Геометрические характеристики поперечных сечений стержня.	Определение статических моментов и центра тяжести сложного составного сечения (прокатные профили).	2
2		Вычисление моментов инерции относительно главных центральных осей. Подбор сечения по моменту сопротивления (работа с сортаментом).	2
3	Раздел 2. Растяжение и сжатие стержней.	Построение эпюр N, $\sigma$ , $\Delta l$ для ступенчатого стержня. Подбор площади сечения.	2
4		Расчёт статически неопределимого стержня с двумя заделками. Силовая и температурная задачи.	2
5	Раздел 3. Кручение стержней.	Построение эпюр крутящих моментов. Подбор диаметра сплошного вала.	2
6		Построение эпюр крутящих моментов. Подбор диаметра полого вала. Сравнение по массе со	2

		сплошным валом. Определение напряжений и углов закручивания.	
7	Раздел 4. Плоский поперечный изгиб стержней.	Определение опорных реакций. Построение эпюр Q и M для балок с сосредоточенными силами, распределённой нагрузкой и моментом.	2
8		Подбор двутаврового, прямоугольного или круглого сечения балки из условия прочности. Проверка по касательным напряжениям.	3
Всего за 3 семестр			17
9	Раздел 5. Сложное сопротивление.	Определение напряжений при косом изгибе. Построение нейтральной линии.	2
10		Расчёт вала в случае изгиба с кручением.	2
11	Раздел 6. Основы теории напряжённо-деформированного состояния.	Определение главных напряжений и положения главных площадок аналитически и с помощью круга Мора.	2
12		Расчёт эквивалентных напряжений по различным теориям прочности для заданного напряжённого состояния.	2
13	Раздел 7. Энергетические методы расчета упругих систем. Раскрытие статической неопределимости методом сил.	Определение перемещений в балках и рамах методом Мора.	2
14		Раскрытие статической неопределимости для один раз статически неопределимой рамы. Построение эпюр M,Q,N. Проверка.	2
15	Раздел 8. Устойчивость и колебания. Основные понятия.	Определение собственной частоты колебаний балки с сосредоточенной массой.	3
16		Определение критической силы для сжатого стержня при разных способах закрепления. Расчёт гибкости и подбор сечения стойки.	2
Всего за 4 семестр			17

### 3.3. Лабораторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного практикума	Объем, ауд. часов
1	Раздел 2. Растяжение и сжатие стержней.	Определение упругих характеристик малоуглеродистой стали.	3
2		Диаграмма деформирования малоуглеродистой стали при одноосном растяжении.	3
3	Раздел 3. Кручение стержней.	Определение модуля сдвига малоуглеродистой стали.	3
4		Диаграмма деформирования малоуглеродистой стали при кручении.	3
5	Раздел 4. Плоский поперечный изгиб стержней.	Определение напряжений при чистом изгибе.	5
<b>Всего за 3 семестр</b>			17
6	Раздел 5. Сложное сопротивление.	Работа стальной колонны при внецентренном сжатии.	4
7		Определение перемещений в консольной балке при косом изгибе.	4
8		Определение напряженного состояния в балке при сложном нагружении (при действии изгиба с кручением).	4
9	Раздел 8. Устойчивость и колебания. Основные понятия.	Устойчивость сжатого стержня в пределах упругости.	5
<b>Всего за 4 семестр</b>			17

### 3.4. Самостоятельная работа студента (СРС)

№	Номер и наименование раздела	Содержание учебного задания	Объем,
---	------------------------------	-----------------------------	--------

п/п	дисциплины		часов
1	Раздел 1. Введение в курс сопротивления материалов. Геометрические характеристики поперечных сечений стержня.	Оформление расчетно-графической работы на тему "Определение геометрических характеристик сложного составного сечения"	7
2	Раздел 2. Растяжение и сжатие стержней.	Оформление расчетно-графической работы на тему "Расчет статически неопределимого стержня с двумя заделками."	7
3		Оформление лабораторной работы работы на тему "Определение упругих характеристик малоуглеродистой стали."	7
4		Оформление лабораторной работы работы на тему "Диаграмма деформирование малоуглеродистой стали при одноосном растяжении."	7
5	Раздел 3. Кручение стержней.	Оформление расчетно-графической работы на тему "Кручение полого вала."	5
6		Оформление лабораторной работы работы на тему "Определение модуля сдвига малоуглеродистой стали."	5
7		Оформление лабораторной работы работы на тему "Диаграмма деформирования малоуглеродистой стали при кручении."	5
8	Раздел 4. Плоский поперечный изгиб стержней.	Оформление лабораторной работы работы на тему "Определение напряжений при чистом изгибе."	7
9		Оформление расчетно-графической работы на тему "Изгиб двухопорной балки"	7
Всего за 3 семестр			57
10	Раздел 5. Сложное сопротивление.	Оформление расчетно-графической работы на тему "Определение напряжений при косом изгибе. Построение нейтральной линии."	7
11		Оформление расчетно-графической работы на тему "Расчёт вала в случае изгиба с кручением."	7
12		Оформление лабораторной работы работы на тему "Определение напряженного состояния в балке при сложном нагружении (при действии изгиба с кручением)."	7
13		Оформление лабораторной работы работы на тему "Определение перемещений в консольной балке при косом изгибе."	7
14		Оформление лабораторной работы работы на тему "Работа стальной колонны при внецентренном сжатии."	7
15	Раздел 6. Основы теории напряжённо-деформированного состояния.	Повторение материала с практических и лекционных занятий.	4
16	Раздел 7. Энергетические методы расчета упругих систем. Раскрытие статической неопределимости методом сил.	Повторение материала с практических и лекционных занятий.	4
17	Раздел 8. Устойчивость и колебания. Основные понятия.	Оформление лабораторной работы работы на тему "Устойчивость сжатого стержня в пределах упругости."	7
18		Оформление расчетно-графической работы на тему "Определение собственной частоты колебаний балки с сосредоточенной массой."	7
Всего за 4 семестр			57



#### 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, ЛР	ДР			РГР, ЛР	ДР			РГР, ЛР		РГР, ЛР	ДР	Вопр.Диф.Зач, диф. зач.
4					РГР, ЛР	ДР			РГР, ЛР	ДР			ЛР, РГР		ЛР, РГР	ДР	Вопр. Экз

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- РГР – расчетно-графическая работа;
- ЛР – лабораторная работа;
- Вопр. Диф. Зач – вопросы к дифференцированному зачету;
- 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;
- лабораторная работа;
- вопросы к дифференцированному зачету;
- 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. А. Санников, Т. В. Расчупкина, А. С. Воронов. . Математические методы в механике. СПб.: Изд-во БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2023, 47 экз.
3. В. Г. Атапин. . Сопротивление материалов. Москва: Юрайт, 2022, эл. рес.
4. В. И. Феодосьев. . Сопротивление материалов. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2018, эл. рес.

### 5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

не требуется.

### 5.3. Периодические издания:

не требуются.

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

1. <https://e.lanbook.com/> — ЭБС Лань;
2. <http://library.voenmeh.ru> — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова;
3. <https://urait.ru/> — Образовательная платформа «Юрайт». Для вузов и ссузов..

### 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. Ansys Multiphysics 2019 Teaching Advanced;
2. Mathcad Education - University Edition Term.

### 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. Проектор;
2. Ansys Multiphysics 2019 Teaching Advanced;
3. Mathcad Education - University Edition Term.

### **6.3. Лабораторные занятия:**

1. Проектор;
2. Ansys Multiphysics 2019 Teaching Advanced;
3. Mathcad Education - University Edition Term.

### **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 *24.03.05 Двигатели летательных аппаратов*. Дисциплина реализуется на факультете *Н Робототехника и инновационная инженерия* БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой *НЗ Механика деформируемого твердого тела*.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

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

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с расчетом элементов конструкций на прочность, жесткость и устойчивость при различных видах нагружения. В рамках курса изучаются методы определения внутренних усилий, напряжений и деформаций в стержнях и простейших системах.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

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

- диагностическая работа;
- расчетно-графическая работа;
- лабораторная работа;
- вопросы к дифференцированному зачету;
- 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.
Раздел 1. Введение в курс сопротивления материалов. Геометрические характеристики поперечных сечений стержня.		
Оформление расчетно-графической работы на тему "Определение геометрических характеристик сложного составного сечения"	В. И. Феодосьев. . Сопротивление материалов: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2018 (1) В. А. Санников. . Сопротивление материалов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2021 (1) В. А. Санников, Т. В. Расчупкина, А. С. Воронов. . Математические методы в механике: СПб.: Изд-во БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2023 (1)	7
Итого по разделу 1		7
Раздел 2. Растяжение и сжатие стержней.		
Оформление расчетно-графической работы на тему "Расчет статически неопределимого стержня с двумя заделками."	В. Г. Атапин. . Сопротивление материалов: Москва: Юрайт, 2022 (2) В. А. Санников, Т. В. Расчупкина, А. С. Воронов. . Математические методы в механике: СПб.: Изд-во БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2023 (3)	7
Оформление лабораторной работы на тему "Определение упругих характеристик малоуглеродистой стали."		7
Оформление лабораторной работы на тему "Диаграмма деформирование малоуглеродистой стали при одноосном растяжении."		7
Итого по разделу 2		21
Раздел 3. Кручение стержней.		
Оформление расчетно-графической работы на тему "Кручение полого вала."	В. И. Феодосьев. . Сопротивление материалов: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2018 (4)	5
Оформление лабораторной работы на тему "Определение модуля сдвига малоуглеродистой стали."		5
Оформление лабораторной работы на тему "Диаграмма деформирования малоуглеродистой стали при кручении."		5
Итого по разделу 3		15
Раздел 4. Плоский поперечный изгиб стержней.		
Оформление лабораторной работы на тему "Определение напряжений при чистом изгибе."	В. И. Феодосьев. . Сопротивление материалов: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2018 (6)	7
Оформление расчетно-графической работы		7

на тему "Изгиб двухопорной балки"		
Итого по разделу 4		14
Раздел 5. Сложное сопротивление.		
Оформление расчетно-графической работы на тему "Определение напряжений при косом изгибе. Построение нейтральной линии."	В. И. Феодосьев. . Сопротивление материалов: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2018 (6)	7
Оформление расчетно-графической работы на тему "Расчёт вала в случае изгиба с кручением."		7
Оформление лабораторной работы на тему "Определение напряженного состояния в балке при сложном нагружении (при действии изгиба с кручением)."		7
Оформление лабораторной работы на тему "Определение перемещений в консольной балке при косом изгибе."		7
Оформление лабораторной работы на тему "Работа стальной колонны при внецентренном сжатии."		7
Итого по разделу 5		35
Раздел 6. Основы теории напряжённо-деформированного состояния.		
Повторение материала с практических и лекционных занятий.	В. И. Феодосьев. . Сопротивление материалов: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2018 (7)	4
Итого по разделу 6		4
Раздел 7. Энергетические методы расчета упругих систем. Раскрытие статической неопределимости методом сил.		
Повторение материала с практических и лекционных занятий.	В. И. Феодосьев. . Сопротивление материалов: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2018 (8)	4
Итого по разделу 7		4
Раздел 8. Устойчивость и колебания. Основные понятия.		
Оформление лабораторной работы на тему "Устойчивость сжатого стержня в пределах упругости."	В. И. Феодосьев. . Сопротивление материалов: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2018 (8)	7
Оформление расчетно-графической работы на тему "Определение собственной частоты колебаний балки с сосредоточенной массой."		7
Итого по разделу 8		14

## 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;
- лабораторная работа;
- 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

Варианты заданий для РГР размещены в УМК дисциплины.

Распределение баллов за выполнение РГР производится согласно балльно-рейтинговой системе и представлено в технологической карте.

#### Вопросы к дифференцированному зачету

Что изучает сопротивление материалов? Каковы основные цели расчёта (прочность, жёсткость, устойчивость)?

Перечислите основные гипотезы и допущения, принимаемые в сопротивлении материалов.

Что такое метод сечений? Для чего он используется?

Дайте определение напряжения. Чем отличаются нормальные и касательные напряжения?

Что такое деформация? Чем отличаются упругие и пластические деформации?

Что называется статическим моментом площади? Как найти центр тяжести сложного сечения?

Дайте определение осевого, полярного и центробежного моментов инерции сечения.

Сформулируйте теорему о параллельном переносе осей (формулы переноса моментов инерции).

Что такое главные оси и главные моменты инерции? Как их определить?

Что называется моментом сопротивления сечения? Для чего он нужен?

Какие виды нагружения стержня называются растяжением и сжатием? Приведите примеры.

Как определяется продольная сила в сечении? Как строят эпюру N?

Запишите закон Гука при растяжении (сжатии). Что такое модуль упругости E?

Как определяется абсолютное и относительное удлинение стержня?

Сформулируйте условие прочности при растяжении (сжатии). Что такое допускаемое напряжение?

Что такое статически неопределимая система? Как её отличить от статически определимой?

Как раскрывают статическую неопределимость при растяжении-сжатии (алгоритм)?

Что такое чистый сдвиг? Приведите примеры нагружения, вызывающих сдвиг.

Запишите закон Гука при сдвиге. Что такое модуль сдвига  $G$ ?

Какие напряжения возникают при кручении круглого стержня? Как они распределены по сечению?

Что такое полярный момент инерции и полярный момент сопротивления для круга и кольца?

Запишите формулы для касательного напряжения и угла закручивания при кручении круглого стержня.

Чем отличается кручение тонкостенных стержней открытого и замкнутого профилей?

Какие внутренние усилия возникают при изгибе балки? Как их обозначают?

Сформулируйте правила знаков для поперечной силы  $Q$  и изгибающего момента  $M$ .

Запишите дифференциальные зависимости между  $q, Q, M$  и объясните их геометрический смысл.

Как строят эпюры  $Q$  и  $M$  для двухопорной балки с сосредоточенной силой? Что такое «скачок» на эпюре?

Выведите формулу нормальных напряжений при чистом изгибе (формула Навье). Что такое нейтральная линия?

Запишите формулу Журавского для касательных напряжений при поперечном изгибе. Что такое статический момент отсечённой части?

Как подбирают сечение балки из условия прочности по нормальным напряжениям? Что такое момент сопротивления  $W_x$ ?

### **Лабораторная работа**

Требования по оформлению отчетов по ЛР :

Нумерация страниц обязательна, четкое соблюдение структуры и наличие грамотно оформленного титульного листа.

Процедура защиты ЛР:

На защиту допускают работу, в которой нет никаких ошибок и неточностей. На самой защите нужно представить небольшую презентацию - от 2 до 3 минут, а при этом необходимости ответить на вопросы.

В случае положительной защиты работа засчитывается, при отрицательной - назначается пересдача.

### **Вопросы к экзамену**

Что такое косой изгиб? Приведите пример. Как определяют напряжения при косом изгибе?

Что такое внецентренное растяжение (сжатие)? Как найти напряжение в любой точке сечения?

Что такое ядро сечения? Для каких материалов его определение особенно важно?

Как выполняют расчёт вала на совместное действие изгиба и кручения? Какую теорию прочности при этом используют?

Что такое напряжённое состояние в точке? Сколько компонентов его описывают?

Какие площадки называются главными? Что такое главные напряжения?

Как построить круг Мора для плоского напряжённого состояния? Что можно определить с его помощью?

Сформулируйте обобщённый закон Гука для изотропного тела.

Что такое объёмная деформация? Как она связана с суммой главных напряжений?



Что такое потенциальная энергия деформации? Как она выражается через силу и перемещение?

На какие две части разделяют потенциальную энергию при сложном напряжённом состоянии?

Перечислите основные теории прочности (кратко: критерий, для каких материалов применяется).

Сформулируйте III теорию прочности (наибольших касательных напряжений). Запишите формулу эквивалентного напряжения.

Сформулируйте IV теорию прочности (энергии формоизменения). Запишите формулу эквивалентного напряжения.

В чём отличие теории Мора от других теорий прочности?

Что такое потенциальная энергия деформации при изгибе? Запишите формулу.

Сформулируйте теорему Кастильяно. Как её используют для определения перемещений?

Что такое интеграл Мора (формула Максвелла-Мора)? Для чего он применяется?

В чём суть способа Верещагина (правила перемножения эпюр)?

Что такое статически неопределимая система? Приведите примеры.

В чём суть метода сил для раскрытия статической неопределимости? Что такое основная система?

Что такое канонические уравнения метода сил? Как определяют их коэффициенты?

Что такое устойчивость упругого равновесия? Приведите примеры потери устойчивости.

Что такое критическая сила? Как её определяют по формуле Эйлера для шарнирно закреплённого стержня?

Что такое коэффициент приведения длины  $\mu$ ? Как он зависит от условий закрепления концов стержня?

Что такое гибкость стержня? Как она влияет на критическое напряжение?

В каких пределах применима формула Эйлера? Что делают при малой гибкости?

Что такое продольно-поперечный изгиб? Как приближённо оценивают суммарный момент?

Что такое свободные колебания упругих систем? Что такое собственная частота?

Что такое вынужденные колебания? Что такое резонанс и как его избежать? Как определяют критическую частоту вращения вала?

### **Дифференцированный зачет (семестр 3)**

Обучающийся имеет право на получение оценки по дисциплине в соответствии с БРС без дополнительной сдачи дифференцированного зачета, а в случае несогласия с оценкой по БРС обучающийся имеет право сдать дифференцированный зачет в указанном ниже порядке.

Дифференцированный зачет проходит в тестовой форме и включает в себя ответы на теоретические вопросы. Каждый верный ответ оценивается в 4 балла. Оценка за зачет складывается по количеству баллов, полученных за ответы на тестовые вопросы.

Перевод балльной шкалы в традиционную систему оценивания:

Баллы Оценка по нормативной шкале

85 - 100 «зачтено-отлично»

75 – 84 «зачтено-хорошо»

60 - 74 «зачтено-удовлетворительно»

менее 60 «не зачтено»

### **Экзамен (семестр 4)**

Обучающийся имеет право на получение оценки по дисциплине в соответствии с БРС без дополнительной сдачи экзамена, а в случае несогласия с оценкой по БРС обучающийся имеет право сдать экзамен в указанном ниже порядке.

Экзамен проходит в тестовой форме и включает в себя ответы на теоретические вопросы. Каждый верный ответ оценивается в 4 балла. Оценка за экзамен складывается по количеству баллов, полученных за ответы на тестовые вопросы.

Перевод балльной шкалы в традиционную систему оценивания:

Баллы Оценка по нормативной шкале

85 - 100 «отлично»

75 – 84 «хорошо»

60 - 74 «удовлетворительно»

менее 60 «неудовлетворительно»

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. Введение в курс сопротивления материалов. Геометрические характеристики поперечных сечений стержня.	15	8	4	0	4	7	12		Расчетно-графическая работа, Вопросы к дифференцированному зачету
2	3	Раздел 2. Растяжение и сжатие стержней.	35	14	4	6	4	21	13		Расчетно-графическая работа, Лабораторная работа, Вопросы к дифференцированному зачету
2	3	Раздел 3. Кручение стержней.	29	14	4	6	4	15	12		Расчетно-графическая работа, Лабораторная работа, Вопросы к дифференцированному зачету
2	3	Раздел 4. Плоский поперечный изгиб стержней.	29	15	5	5	5	14	13		Расчетно-графическая работа, Лабораторная работа, Вопросы к дифференцированному зачету
Всего за 3 семестр			108	51	17	17	17	57	50		
2	4	Раздел 5. Сложное сопротивление.	55	20	4	12	4	35	12		Лабораторная работа, Расчетно-графическая работа, Вопросы к экзамену
2	4	Раздел 6. Основы теории напряжённо-деформированного состояния.	12	8	4	0	4	4	12		Вопросы к экзамену
2	4	Раздел 7. Энергетические методы расчета упругих систем. Раскрытие статической неопределимости методом сил.	12	8	4	0	4	4	13		Вопросы к экзамену

2	4	<b>Раздел 8. Устойчивость и колебания. Основные понятия.</b>	29	15	5	5	5	14	13	Вопросы к экзамену, Лабораторная работа
<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	

## Оценочные материалы по дисциплине СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ

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

- № 1 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ  
Что называется напряжением? Чем отличается нормальное напряжение от касательного?  
Приведите примеры.
- № 2 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ  
Какие существуют виды деформаций? Кратко описать каждый.
- № 3 Прочитайте текст и установите соответствие  
Соотнесите название геометрической характеристики и её формулу.

Характеристика	Формула
А. Осевой момент инерции прямоугольника	1. $\frac{bh^3}{12}$
Б. Момент сопротивления круга	2. $\frac{\pi d^3}{32}$
В. Площадь круга	3. $\frac{\pi d^2}{4}$

- № 4 Прочитайте текст и установите соответствие  
Соотнесите вид нагружения и возникающие внутренние усилия

Нагружение	Внутренние усилия
А. Растяжение	1. Только изгибающий момент М
Б. Кручение	2. Только продольная сила N
В. Чистый изгиб	3. Только крутящий момент Mk

- № 5 Прочитайте текст и установите последовательность  
В какой последовательности следуют участки на диаграмме растяжения пластичного материала :
1. участок упругости
  2. участок общей текучести
  3. участок упрочнения
  4. участок местной текучести
- № 6 Прочитайте текст и установите последовательность  
Расположите в порядке увеличения жёсткости при изгибе балки (при одинаковом материале и одинаковой площади сечения):
1. Круглое сечение.
  2. Прямоугольное сечение с высотой, равной ширине.
  3. Двутавровое сечение.
  4. Прямоугольное сечение с высотой в 2 раза больше ширины.
- № 7 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа  
Формула Эйлера используется для расчёта:

- а) на прочность при растяжении;
  - б) на устойчивость сжатых стержней;
  - в) на кручение валов;
  - г) на изгиб балок.
- № 8 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
- Что такое предел текучести?
- а) напряжение, при котором образец разрушается;
  - б) напряжение, при котором начинаются заметные пластические деформации;
  - в) напряжение, до которого справедлив закон Гука;
  - г) модуль упругости.
- № 9 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
- Чему равна продольная сила в любом поперечном сечении растянутого стержня, без учёта собственного веса?
- а) нулю;
  - б) весу стержня;
  - в) внешней силе;
  - г) зависит от сечения.
- № 10 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
- Какие из перечисленных величин измеряются в паскалях?
- а) сила;
  - б) напряжение;
  - в) модуль упругости;
  - г) момент инерции;
  - д) деформация.
- № 11 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
- Какие внутренние силовые факторы возникают при поперечном изгибе балки?
- а) продольная сила  $N$ ;
  - б) поперечная сила  $Q$ ;
  - в) изгибающий момент  $M$ ;
  - г) крутящий момент  $M_k$ .
- № 12 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
- Какие методы используются для расчета прогибов прямого стержня ?
- 1. метод начальных параметров
  - 2. метод малого параметра
  - 3. метод Мора
  - 4. метод множителей Лагранжа