

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Московский авиационный институт  
(национальный исследовательский университет)»

Актуализировано 24 ДЕК 2018

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе

Проректор МАИ  Д.А.Козорез

Козорез Д.А.  
“ 30 ” “ 08 ” 2018

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (000093295)**

**Сопротивление материалов**

*(указывается наименование дисциплины по учебному плану)*

Специальность 24.05.03 Испытание летательных аппаратов

Квалификация выпускника Инженер

Специализация подготовки Летные испытания пилотируемых авиационных и воздушно-космических летательных аппаратов

Форма обучения очная  
(очно, очно-заочное, заочное)

Выпускающая кафедра A11

Обеспечивающая кафедра A11

Кафедра-разработчик рабочей программы A11

Семестр	З.Е.	Трудоемкость, час.	Лекций, час.	Практич. занятий, час.	Лаборат. работ, час.	КСР, час.	СРС, час.	Экзаменов, час.	Форма промежуточного контроля
4	3	108	24	16	8	0	60	0	Зо
5	3	108	22	16	8	0	62	0	Зо

Москва  
2018

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### Разделы рабочей программы

1. Цели освоения дисциплины. Перечень планируемых результатов обучения.
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.
3. Структура и содержание дисциплины.
4. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.
5. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.
6. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.
8. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.
9. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.
10. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

### Приложения к рабочей программе дисциплины

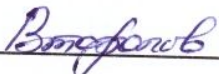
Приложение 1. Аннотация рабочей программы

Приложение 2. Прикрепленные файлы


Программа составлена в соответствии с требованиями СУОС НИУ МАИ, разработанного на основе ФГОС ВО по специальности 24.05.03 Испытание летательных аппаратов

Авторы программы:

Торопов В.А.

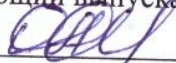
  
\_\_\_\_\_

Заведующий обеспечивающей кафедрой А11


  
\_\_\_\_\_ Балык О.А.

Программа одобрена:

Заведующий выпускающей кафедрой А11

  
\_\_\_\_\_ Балык О.А.

Директор выпускающего филиала «Взлет»

  
\_\_\_\_\_ Жиделев А.В.

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ И РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ.

Целью освоения дисциплины Соппротивление материалов является достижение следующих результатов освоения(РО):

№	Шифр	Результат освоения
1	В-1 (ОПК-4)	Владеть методами построения эпюр напряжений при различных условиях нагружения, а также методами решения простейших задач расчёта стержневых систем.
2	3-1 (ОПК-4)	Знать и уметь выбирать расчетные методы для рассматриваемых конструкций;
3	У-7 (ОПК-4)	Уметь проводить расчёты при сложном напряжённом состоянии и динамическом нагружении
4	В-3 (ОПК-5)	Владеть основными алгоритмами и методами решения типовых задач исследования физических и математических моделей
5	3-3 (ОПК-5)	Знать методы оценки структуры и свойств материалов
6	У-3 (ОПК-7)	Уметь ориентироваться в многообразии и грамотно подходить к выбору конструкционного материала, обеспечивающего надёжную и долговечную работу изделия в условиях его эксплуатации
7	У-4 (ОПК-7)	Уметь целенаправленно изменять структуру и свойства материалов
8	У-9 (ОПК-7)	Уметь технически сформулированную задачу представить в виде упрощенной модели так, чтобы для ее решения можно было применять законы механики и строгие математические методы

Перечисленные РО являются основой для формирования следующих компетенций:

№	Шифр	Компетенция
1	ОПК-4	Готовность использовать основные положения, законы и методы естественных наук и математики в профессиональной деятельности для решения инженерных задач проектирования (разработки, технологического обеспечения, обслуживания и т.п.)
2	ОПК-5	Готовность разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности для решения инженерных задач проектирования (разработки, технологического обеспечения, обслуживания и т.п.)
3	ОПК-7	Готовность разрабатывать физические и математические модели механических и технологических процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности для решения инженерных (проектных, проектно-конструкторских, конструкторско-технологических) задач с использованием методов теоретического и экспериментального исследования

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ.

Дисциплина Соппротивление материалов является предшествующей и последующей для следующих дисциплин:

№	Предшествующие дисциплины	Последующие дисциплины
1	Математический анализ	Моделирование систем и процессов
2	Физика	Термодинамика и теплопередача
3	Дифференциальные уравнения	Итоговая гос. аттестация
4	Линейная алгебра и аналитическая геометрия	Теория планирования летных испытаний
5	Вычислительная математика	Гидродинамика (Прикладная газодинамика)
6	Теория вероятностей и математическая статистика	Материаловедение
7		Технология конструкционных материалов
8		Теория функций комплексного переменного и операционное исчисление

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных(ые) единиц(ы), 216 часа(ов).

Модуль	Раздел	Лекции	Практич. занятия	Лаборат. работы	КСР	СРС	Всего часов	Всего с экзаменами и курсовыми
Сопротивление материалов 1	Статически определимые стержневые системы	8	8	0	0	8	24	108
	Плоские статически неопределимые стержневые системы	6	8	8	0	16	38	
	Критерии прочности	2	0	0	0	8	10	
	Расчет прочности	6	0	0	0	20	26	
	Изгиб продольно сжатых стержней	2	0	0	0	8	10	
Сопротивление материалов 2	Внутренние силы в поперечных сечениях бруса	8	0	0	0	16	24	108
	Напряжения и деформации	8	16	0	0	34	58	
	Механические свойства конструкционных материалов	2	0	8	0	6	16	
	Геометрические характеристики поперечных сечений	4	0	0	0	6	10	
<b>Всего</b>		<b>46</b>	<b>32</b>	<b>16</b>	<b>0</b>	<b>122</b>	<b>216</b>	<b>216</b>

#### 3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

*В разделе приводится полный перечень дидактических единиц, подлежащих усвоению при изучении данной дисциплины.*

- 1. Общие принципы расчета на прочность. Основные понятия и допущения, принятые в сопротивлении материалов
- 2. Внутренние силы в поперечных сечениях бруса при центральном растяжении-сжатии, кручении и плоском поперечном изгибе
- 3. Напряженное и деформированное состояние в точке. Потенциальная энергия деформации
- 4. Напряжения и перемещения при центральном растяжении-сжатии бруса

- 5. Напряжения и деформации при сдвиге и срезе
- 6. Напряжения и углы поворота сечений при кручении бруса
- 7. Напряжения и перемещения сечений при плоском прямом изгибе балки
- 8. Несимметричный изгиб прямого бруса
- 9. Концентрация напряжений. Коэффициент интенсивности напряжений
- 10. Механические свойства конструкционных материалов
- 11. Геометрические характеристики плоских сечений
- 12. Изгиб продольно сжатых стержней
- 13. Внутренние силовые факторы и перемещения сечений статически определимой стержневой системы
- 14. Метод сил для раскрытия статической неопределимости стержневых систем
- 15. Критерии прочности
- 16. Расчеты на прочность

### 3.2. Лекции

№ п/п	Раздел дисциплины	Объем, часов	Тема лекции	Дидакт. единицы
1	1.1. Статически определимые стержневые системы	4	Внутренние силовые факторы и напряжения в сечениях пространственного бруса, плоской рамы и стержнях фермы	13
2	1.1. Статически определимые стержневые системы	4	Перемещения сечений пространственного бруса	13
3	1.2. Плоские статически неопределимые стержневые системы	4	Метод сил. Канонические уравнения	14
4	1.2. Плоские статически неопределимые стержневые системы	2	Перемещения сечений статически неопределимых рам	14
5	1.3. Критерии прочности	2	Критерии статической прочности.	15
6	1.4. Расчет прочности	2	Расчет статической прочности по допускаемым напряжениям	16
7	1.4. Расчет прочности	2	Расчет устойчивости продольно сжатого стержня	16
8	1.4. Расчет прочности	2	Расчет сопротивления усталости	16
9	1.5. Изгиб продольно сжатых стержней	2	Упругая потеря устойчивости длинных стержней	12
10	2.1. Внутренние силы в поперечных сечениях бруса	2	Основные определения и допущения. Метод сечений. Внутренние силовые факторы	1
11	2.1. Внутренние	2	Центральное растяжение-сжатие	2

	силы в поперечных сечениях бруса			
12	2.1.Внутренние силы в поперечных сечениях бруса	2	Кручение	2
13	2.1.Внутренние силы в поперечных сечениях бруса	2	Плоский поперечный изгиб балок	2
14	2.2.Напряжения и деформации	2	Напряженное состояние в точке. Центральное растяжение-сжатие	3, 4
15	2.2.Напряжения и деформации	2	Кручение	6, 5
16	2.2.Напряжения и деформации	2	Плоский прямой изгиб бруса. Несимметричный изгиб прямого бруса.	7, 8
17	2.2.Напряжения и деформации	2	Внецентренное растяжение-сжатие бруса.	8, 11
18	2.3.Механические свойства конструкционных материалов	2	Характеристики статической прочности и сопротивления усталости	9, 10
19	2.4.Геометрические характеристики поперечных сечений	2	Статические, осевые, центробежный и полярный моменты инерции плоских сечений	11
20	2.4.Геометрические характеристики поперечных сечений	2	Моменты инерции простейших и составных сечений	11
<b>Итого:</b>		<b>46</b>		

### 3.3.Содержание лекций.

#### 1.1.1. Внутренние силовые факторы и напряжения в сечениях пространственного бруса, плоской рамы и стержнях фермы (АЗ: 4, СРС: 2)

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция, мастер-класс

**Описание:** Типы стержневых систем.

Внутренние силовые факторы в сечениях пространственного бруса.

Внутренние силовые факторы в сечениях плоской рамы.

Внутренние силовые факторы в стержнях фермы.

Напряжения в сечениях бруса малой кривизны.

#### 1.1.2. Перемещения сечений пространственного бруса (АЗ: 4, СРС: 2)

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция, мастер-класс

**Описание:** Потенциальная энергия бруса в общем случае нагружения.

Энергетический метод определения перемещений сечений пространственного бруса. Интеграл Мора.

Перемещения сечений плоской рамы.

#### **1.2.1. Метод сил. Канонические уравнения (АЗ: 4, СРС: 4)**

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция, мастер-класс

**Описание:** Кинематический анализ плоских систем.

Внешне статически неопределимые рамы.

Внутренне статически неопределимые рамы.

Вычисление коэффициентов канонических уравнений.

Рациональный выбор основной системы. Использование свойств симметрии при раскрытии статической неопределимости.

Последовательность решения статически неопределимых задач.

#### **1.2.2. Перемещения сечений статически неопределимых рам (АЗ: 2, СРС: 6)**

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция, мастер-класс

**Описание:** Перемещения сечений статически неопределимых рам.

#### **1.3.1. Критерии статической прочности. (АЗ: 2, СРС: 8)**

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция, мастер-класс

**Описание:** Критерии статической прочности. Допускаемые напряжения. Предельные напряжения.

#### **1.4.1. Расчет статической прочности по допускаемым напряжениям (АЗ: 2, СРС: 8)**

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция, мастер-класс

**Описание:** Расчеты при растяжении и сжатии стержневой системы или ступенчатого бруса.

Расчет на срез и смятие.

Расчет на прочность и жесткость при кручении.

Расчет на прочность и жесткость при изгибе.

#### **1.4.2. Расчет устойчивости продольно сжатого стержня (АЗ: 2, СРС: 6)**

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция, мастер-класс

**Описание:** Расчет устойчивости по аналитическим зависимостям.

Расчет устойчивости по коэффициентам уменьшения основного допускаемого напряжения.

### 1.4.3. Расчет сопротивления усталости (АЗ: 2, СРС: 6)

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция, мастер-класс

**Описание:** Расчет усталостной долговечности.

Расчет рейтингов усталости конструктивных элементов.

Расчет коэффициентов запаса к пределу усталости.

### 1.5.1. Упругая потеря устойчивости длинных стержней (АЗ: 2, СРС: 8)

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция, мастер-класс

**Описание:** Внецентренное сжатие силой, приложенной на одной из главных осей инерции сечения стержня.

Внецентренное сжатие силой, которая не находится ни на одной из главных осей инерции сечения стержня.

Упругая потеря устойчивости прямого стержня, нагруженного осевой нагрузкой. Формула Эйлера

Упругая потеря устойчивости стержня, нагруженного осевой нагрузкой с эксцентриситетом

Упругая потеря устойчивости стержня с первоначальной кривизной

Упругая потеря устойчивости стержня, нагруженного осевой и поперечной нагрузками

Приближенная формула определения прогиба балки при продольно-поперечном изгибе

Дифференциальное уравнение изгибающих моментов при продольно поперечном изгибе балки

Энергетический метод определения критической нагрузки

Большие перемещения гибкого стержня

### 2.1.1. Основные определения и допущения. Метод сечений. Внутренние силовые факторы (АЗ: 2, СРС: 4)

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция, мастер-класс

**Описание:** Сопротивление материалов-наука о прочности.

Общие принципы расчета на прочность.

Понятие о расчетной схеме.

Формы тел, рассматриваемые в сопротивлении материалов.

Классификация внешних сил.

Опорные устройства и их реакции.

Основные допущения о свойствах материалов и допущения, связанные с характером деформаций.

### 2.1.2. Центральное растяжение-сжатие (АЗ: 2, СРС: 4)



**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция, мастер-класс

**Описание:** Центральное растяжение-сжатие.

Нормальные усилия в стержнях стержневой системы. Нормальные усилия в стержнях статически определимой системы. Нормальные усилия в стержнях статически неопределимой стержневой системы. Температурные усилия в стержнях статически неопределимой стержневой системы.

Центральное растяжение и сжатие ступенчатого бруса. Нормальные усилия возникающие при растяжении и сжатии статически определимого ступенчатого бруса. Нормальные усилия, возникающие при растяжении и сжатии статически неопределимого ступенчатого бруса.

Эпюры нормальных сил при растяжении и сжатии ступенчатого бруса.

### 2.1.3. Кручение (АЗ: 2, СРС: 4)

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция, мастер-класс

**Описание:** Крутящие моменты, возникающие при кручении статически определимого бруса

Крутящие моменты, возникающие при кручении статически неопределимого бруса

Построение эпюр крутящих моментов

### 2.1.4. Плоский поперечный изгиб балок (АЗ: 2, СРС: 4)

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция, мастер-класс

**Описание:** Перерезывающие силы и изгибающие моменты

Дифференциальные зависимости при изгибе бруса

Построение эпюр изгибающих моментов и перерезывающих сил

### 2.2.1. Напряженное состояние в точке. Центральное растяжение-сжатие (АЗ: 2, СРС: 2)

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция, мастер-класс

**Описание:** Закон парности касательных напряжений.

Обобщенный закон Гука.

Главные напряжения и главные площадки.

Определение компонент напряжений на наклонной площадке. Круговая диаграмма Мора.

Определение главных напряжений и угла наклона главных площадок.

Определение компонент напряжений на площадке общего положения.

Потенциальная энергия деформации.

### 2.2.3. Кручение (АЗ: 2, СРС: 2)

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция, мастер-класс

**Описание:** Чистый сдвиг

Связь между упругими константами материала  $E$ ,  $G$ , и  $\mu$  при чистом сдвиге.

Касательные напряжения при срезе. Кручение бруса круглого и кольцевого поперечных сечений.

Касательные напряжения в поперечных сечениях бруса.

Угол поворота поперечного сечения бруса.

Напряжения в различно ориентированных сечениях и характер разрушения при кручении бруса круглого сечения.

Кручение бруса замкнутого тонкостенного сечения.

Касательные напряжения в поперечных сечениях бруса.

Угол поворота поперечного сечения бруса.

Кручение бруса многосвязного тонкостенного профиля.

Кручение бруса прямоугольного сечения.

Кручение бруса тонкостенного открытого профиля.

Кручение бруса незамкнутого криволинейного профиля переменной толщины.

Кручение бруса незамкнутого тонкостенного поперечного сечения, состоящего из нескольких участков различной толщины.

Эпюры касательных напряжений, относительных и абсолютных углов закручивания.

### 2.2.4. Плоский прямой изгиб бруса. Несимметричный изгиб прямого бруса. (АЗ: 2, СРС: 4)

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция, мастер-класс

**Описание:** Нормальные напряжения при чистом изгибе бруса.

Нормальные и касательные напряжения при поперечном изгибе бруса. Формула Журавского.

Анализ напряженного состояния при поперечном изгибе бруса.

Нормальные и касательные напряжения при поперечном изгибе балок тонкостенного профиля.

Центр изгиба балки несимметричного тонкостенного профиля.

Дифференциальное уравнение упругой линии при поперечном изгибе.

Энергетический метод определения перемещений Максвелла Мора.

Графоаналитический метод определения прогиба балки методом Верещагина.

Расслоение эпюр.

### 2.2.6. Внецентренное растяжение-сжатие бруса. (АЗ: 2, СРС: 2)

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция, мастер-класс

### 2.3.1. Характеристики статической прочности и сопротивления усталости (АЗ: 2, СРС: 2)

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция, мастер-класс

**Описание:** Диаграммы деформирования. Характеристики материала.

Пластические и хрупкие материалы.

Закон разгрузки. Явление наклепа.

Закон Гука при одноосном растяжении и сжатии.

Поперечная деформация. Коэффициент Пуассона.

Характеристики цикла нагружения.

Базовая кривая усталости.

### 2.4.1. Статические, осевые, центробежный и полярный моменты инерции плоских сечений (АЗ: 2, СРС: 2)

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция, мастер-класс

**Описание:** Статические моменты плоских сечений.

Определение координат центра тяжести сечения.

Осевые, центробежный и полярный моменты инерции плоских сечений.

Изменение моментов инерции при параллельном переносе осей.

Изменение моментов инерции при повороте осей координат.

Главные оси и главные моменты инерции. Круг инерции Мора

### 2.4.2. Моменты инерции простейших и составных сечений (АЗ: 2, СРС: 4)

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция, мастер-класс

**Описание:** Моменты инерции простейших фигур

Моменты инерции составных сечений

### 3.4. Практические занятия

№ п/п	Раздел дисциплины	Объем, часов	Тема практического занятия	Дидакт. единицы
1	1.1. Статически определимые стержневые системы	4	Определение нормальных усилий в стержнях фермы	13
2	1.1. Статически определимые стержневые системы	4	Определения перемещений сечений стержневых систем энергетическим методом	13
3	1.2. Плоские статически неопределимые	4	Раскрытие статической неопределимости и построение эпюр силовых факторов в элементах статически неопределимых плоских рам	14

	стержневые системы			
4	1.2.Плоские статически неопределимые стержневые системы	4	Определение перемещений сечений статически неопределимых рам	14
5	2.2.Напряжения и деформации	4	Определение нормальных и касательных напряжений	7
6	2.2.Напряжения и деформации	4	Определение нормальных напряжений при центральном растяжении-сжатии бруса.	2, 4
7	2.2.Напряжения и деформации	4	Определение напряжений и деформаций при кручении	2, 6
8	2.2.Напряжения и деформации	2	Определение напряжений при прямом поперечном изгибе балки.	2, 7
9	2.2.Напряжения и деформации	2	Косой изгиб прямого бруса.	2, 8
<b>Итого:</b>		<b>32</b>		

### 3.5.Содержание практических занятий

### **1.1.3. Определение нормальных усилий в стержнях фермы (А3: 4, СРС: 2)**

**Форма организации:** Практическое занятие

### **1.1.4. Определения перемещений сечений стержневых систем энергетическим методом (А3: 4, СРС: 2)**

**Форма организации:** Практическое занятие

**Описание:** Определение перемещений сечений пространственного бруса

Определение перемещений сечений плоской рамы

Определение перемещений узлов фермы

Определение относительных перемещений сечений стержневой системы

### **1.2.1. Раскрытие статической неопределимости и построение эпюр силовых факторов в элементах статически неопределимых плоских рам (А3: 4, СРС: 2)**

**Форма организации:** Практическое занятие

**Описание:** Кинематический анализ плоских систем

Раскрытие статической неопределимости внешне статически неопределимой рамы

Раскрытие статической неопределимости внутренне статически неопределимой рамы

Вычисление коэффициентов канонических уравнений

### **1.2.2. Определение перемещений сечений статически неопределимых рам (А3: 4, СРС: 2)**

**Форма организации:** Практическое занятие

### **2.2.1. Определение нормальных и касательных напряжений (А3: 4, СРС: 6)**

**Форма организации:** Практическое занятие

### **2.2.2. Определение нормальных напряжений при центральном растяжении-сжатии бруса. (А3: 4, СРС: 6)**

**Форма организации:** Практическое занятие

**Описание:** Построение эпюр напряжений и перемещений в сечениях прямого бруса.

Опасное сечение. Расчет на прочность и жесткость.

### **2.2.3. Определение напряжений и деформаций при кручении (А3: 4, СРС: 6)**

**Форма организации:** Практическое занятие

**Описание:** Построение эпюр касательных напряжений и углов поворота сечений.

### **2.2.4. Определение напряжений при прямом поперечном изгибе балки. (А3: 2, СРС: 4)**

**Форма организации:** Практическое занятие

**Описание:** Построение эпюр нормальных напряжений по высоте сечения. Определение касательных напряжений от поперечных сил по формуле Журавского.

### **2.2.5. Косой изгиб прямого бруса. (А3: 2, СРС: 2)**

**Форма организации:** Практическое занятие

**Описание:** Определение опасной точки опасного сечения бруса при косом изгибе. Определение уравнения нейтральной оси бруса. Построение эпюры нормальных напряжений в сечении бруса.

### 3.6.Лабораторные работы

№ п/п	Раздел дисциплины	Наименование лабораторной работы	Наименование лаборатории	Объем, часов	Дидакт. единицы
1	1.2.Плоские статически неопределимые стержневые системы	Определение перемещений и напряжений в статически неопределимых рамах	Лаборатория сопротивления материалов и прочности филиала "Взлет" МАИ	8	14
2	2.3.Механические свойства конструкционных материалов	Определение механических характеристик материалов при растяжении	Лаборатория прочности филиала "Стрела" МАИ на базе ЦАГИ	8	4
<b>Итого:</b>				16	

### 3.7.Содержание лабораторных работ

**1.2.1. Определение перемещений и напряжений в статически неопределимых рамах (А3: 8, СРС: 2)**

**Форма организации:** Лабораторная работа

**Описание:** Ознакомление с методом расчета статически неопределимых рам и проведение теоретического расчета напряжений и перемещений в кольцевой раме. Определение опытным путем нормальных напряжений и перемещений одного из сечений рамы. Сравнение величин напряжений и перемещений  $\square$  полученных опытным путем с вычисленными по теоретическим формулам. Моделирование и расчет рамы в среде Structure 3D APM WinMachine.

**2.3.1. Определение механических характеристик материалов при растяжении (А3: 8, СРС: 4)**

**Форма организации:** Лабораторная работа

**Описание:** По результатам испытаний стандартных образцов на универсальной испытательной машине ЦДМ-5/91 определяются следующие механические характеристики:

- а) для пластичного материала: предела прочности, предела текучести, предела пропорциональности, модуля упругости, коэффициента Пуассона, относительного удлинения и относительного сужения в шейке образца после разрыва;
- б) для хрупкого материала: предел прочности.

### 3.6.Промежуточная аттестация

#### 1. Зачет с оценкой (4 семестр)

Вопросы к зачету (4 семестр) приведены в прил. 2.1.

#### 2. Зачет с оценкой (5 семестр)

Вопросы к зачету (5 семестр) приведены в прил. 2.1

### 4. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. Основная и дополнительная литература по дисциплине

2. Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет».
3. Ресурсы научно-технической библиотеки МАИ.
4. Информационные стенды кафедры.

## **5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Раздел формируется на основании Положения о фонде оценочных средств в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», утвержденном приказом ректора № 334 от 24.04.2018 г. (п. 5.4.1) и включает:

- 1) перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы;
- 2) описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания;
- 3) типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы;
- 4) методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

**5.1 Перечень компетенций и этапы их формирования приведены в следующей таблице:**

N	Шифр	Компетенция	Этапы формирования компетенции
1	ОПК-4	Готовность использовать основные положения, законы и методы естественных наук и математики в профессиональной деятельности для решения инженерных задач проектирования (разработки, технологического обеспечения, обслуживания и т.п.)	Лекции, практические занятия, лабораторные работы, курсовая работа и самостоятельная работа по разделам РПД, в соответствующем семестре
2	ОПК-5	Готовность разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности для решения инженерных задач проектирования (разработки, технологического обеспечения, обслуживания и т.п.)	Лекции, практические занятия, лабораторные работы, курсовая работа и самостоятельная работа по разделам РПД, в соответствующем семестре
	ОПК-7	Готовность разрабатывать физические и математические модели механических и технологических процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности для решения инженерных (проектных, проектно-конструкторских, конструкторско-технологических) задач с использованием методов теоретического и экспериментального исследования	Лекции, практические занятия, лабораторные работы, курсовая работа и самостоятельная работа по разделам РПД, в соответствующем семестре

ОПК-4	Готовность использовать основные положения, законы и методы естественных наук и математики в профессиональной деятельности для решения инженерных задач проектирования (разработки, технологического обеспечения, обслуживания и т.п.)	Лекции, практические занятия, лабораторные работы, курсовая работа и самостоятельная работа по разделам РПД, в соответствующем семестре
-------	--	---

## 5.2 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания:

Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, а также описание шкал оценивания, в соответствии с видом контроля успеваемости обучающегося, сформулировано в п.п. 7.3...7.5.3 Положения о фонде оценочных средств в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», утвержденном приказом ректора № 334 от 24.04.2018 г.

## 5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы:

Формы оценочных средств текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

№ п/п	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
<i>Текущий контроль успеваемости</i>			
1.	Текущее тестирование	Средство контроля усвоения учебного материала темы, раздела или модуля дисциплины, организованное в виде письменного либо автоматизированного выполнения заданий, содержащих теоретические вопросы либо практические задания (задачи). Рекомендуются для оценки знаний и умений студентов.	Комплект контрольных тестов, заданий (прил. 2.2)
2.	Выполнение лабораторных работ	Средство контроля усвоения учебного материала темы, раздела или модуля дисциплины, организованное в виде проверки текущих результатов при выполнении лабораторной работы. Организуется в виде собеседования преподавателя с обучающимися. Рекомендуются для оценки умений и навыков студентов.	Перечень лабораторных работ (раздел 3)
3.	Защита лабораторных (с отчетом)	Средство, позволяющее оценить умение и владение обучающегося понимать суть поставленной задачи, самостоятельно выбирать методы анализа, применять стандартные методы достижения поставленной задачи, проводить критический анализ полученных результатов, технически грамотно излагать результаты работы. Рекомендуются для оценки умений и владений студентов.	Перечень лабораторных работ. (раздел 3)
4.	Практическое задание	Средство проверки умений применять полученные знания с использованием определенных методик для	Перечень практических



№ п/п	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
		решения задач или заданий по учебному модулю или дисциплине в целом. Рекомендуются для оценки умений студентов.	заданий (раздел 3)
<b>Промежуточная аттестация</b>			
5.	Дифференц. Зачет	Средство, позволяющее оценить знания, умения и владения обучающегося по учебной дисциплине. Рекомендуются для оценки знаний, умений и владений студентов.	Комплект теоретических вопросов и практических заданий (билетов) к зачету (прил. 2.1)

#### **5.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.**

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций, в соответствии с видом контроля успеваемости обучающегося, могут быть выбраны из:

- п. 7.5 Положения о фонде оценочных средств в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», утвержденного приказом ректора № 334 от 24.04.2018 г.

- п. 2 Положения о балльно-рейтинговой системе оценки результатов обучения по дисциплине, утвержденного приказом ректора № 42 от 04.02.2014 г.

### **6. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

а) основная литература:

1. Заславский Б.В., Краткий курс сопротивления материалов, Москва, Машиностроение, 1986
2. Беляев Н.М., Сопротивление материалов, Москва, Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1953
3. Феодосьев В.И., Сопротивление материалов, Москва, Наука, 1974
4. Биргер И.А., Мавлютов Р.В., Сопротивление материалов, Москва, Наука, 1986
5. Винокуров А.И., Сборник задач по сопротивлению материалов, Москва, Высшая школа, 1980
6. Писаренко Г.С., Яковлев А.П., Метвеев В.В., Справочник по сопротивлению материалов, Киев, Наукова думка, 1975
7. Сборник задач по сопротивлению материалов, под редакцией Уманского А.А., Москва, Наука, 1975
8. Биргер И.А., Шорр Б.Ф., Иосилевич Г.Б., Расчет на прочность деталей машин, Москва, Машиностроение, 1979
9. А.З. Воробьев, Б.И. Олькин, В.Н. Стебеньев, Т.С. Родченко. Сопротивление усталости элементов конструкций, Машиностроение, 1990, МАИ, 1989

б) дополнительная литература:

1. Щербань К.С.  
1. Сопротивление материалов авиационных конструкций : учеб. пособие / К.С. Щербань; МАИ (Нац. исслед. ун-т). - М. : МАИ, 2018. - 275 с. : ил. - (Учебное пособие). - Библиогр.: с.272 (11

- назв.). - ISBN 978-5-4316-0536-9. Ссылка на ресурс:  
<http://elibrary.mai.ru/MegaPro/Download/ToView/10569?idb=NewMAI2014>.
2. Сопротивление материалов : Учеб.пособие для высш.техн.учеб.заведений, обуч.по машиностроит.направлениям / А.Г. Горшков, В.Н. Трошин, В.И. Шалашилин. - 2-е изд.,испр. - М. : Физматлит, 2005. - 543 с. : ил. - Библиогр.:с.542-543. - ISBN 5-9221-0181-1. Ссылка на ресурс: <http://elibrary.mai.ru/MegaPro/Download/ToView/8914>.
  3. Сборник задач по сопротивлению материалов с теорией и примерами : Учеб.пособие для вузов / Б.А. Антуфьев [и др.]; Под ред.А.Г.Горшкова,Д.В.Тарлаковского. - Изд. 2-е перераб.и доп. - М. : Физматлит, 2003. - 626 с. : ил. - Библиогр.:с.623-626(36 назв.). - ISBN 5-9221-0199-4. Ссылка на ресурс: <http://elibrary.mai.ru/MegaPro/Download>.

## 7. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Для обеспечения образовательного процесса по дисциплине обучающимся предоставляется возможность круглосуточного дистанционного индивидуального доступа к электронным библиотечным системам из любой точки, в которой имеется доступ к сети «Интернет».

№№	Наименование ресурса	Интернет-ссылка на ресурс
1	Электронная библиотека МАИ (собственность МАИ)	<a href="http://elibrary.mai.ru/MegaPro2/Web">http://elibrary.mai.ru/MegaPro2/Web</a>
2	Электронная библиотечная система ЮРАЙТ ЭБС «Легендарные книги» ООО «Электронное издательство ЮРАЙТ»	<a href="http://biblio-online.ru">http://biblio-online.ru</a> , <a href="https://biblio-online.ru/catalog/legendary">https://biblio-online.ru/catalog/legendary</a>
3	Электронная библиотечная система «Лань» ООО «Издательство Лань»	<a href="http://e.lanbook.com">e.lanbook.com</a>
4	Электронная библиотечная система «ZNIANIUM.COM» ООО «Научно-издательского центра ИНФРА-М»	<a href="http://znanium.com">http://znanium.com</a>
5	Электронная библиотечная система eLIBRARY ООО «РУНЭБ»	<a href="http://elibrary.ru">http://elibrary.ru</a>
6	Библиотека РФФИ	<a href="http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library">http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library</a>
7	Единое окно доступа к образовательным ресурсам	<a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>
8	Система проверки на заимствования «РУКОНТ» ООО «Национальный цифровой ресурс «Руконт»	<a href="http://text.rucont.ru">http://text.rucont.ru</a>
9	НП НЭИКОН Некоммерческое партнерство «Национальный Электронно-Информационный Консорциум»	<a href="http://archive.neicon.ru">http://archive.neicon.ru</a>
10	Научные полнотекстовые ресурсы издательства Springer (архив) Springer Customer Service Center GmbH, обеспечение доступа ФГБУ «ГПНТБ России»	<a href="http://link.springer.com/">http://link.springer.com/</a>
11	Международная система цитирования Web Of Science Правообладатель - Thomson Reuters, с 03.10.2016 г. - Clarivate Analytics, обеспечение доступа ФГБУ «ГПНТБ России»	<a href="http://www.webofscience.com">www.webofscience.com</a>
12	Международная система цитирования Scopus Издательство Elsevier, обеспечение доступа ФГБУ «ГПНТБ России»	<a href="http://scopus.com">http://scopus.com</a>

## 8.МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Обучение дисциплине проводится в форме аудиторных (лекции, практические занятия) и самостоятельных занятий. Цель аудиторных занятий – дать систематические знания по дисциплине и закрепить их с помощью и под контролем преподавателя во время практических

занятий и лабораторных работ. Цель самостоятельной работы – получить более глубокие знания в ходе изучения литературы и других материалов по дисциплине, при выполнении домашних заданий и в процессе подготовки и оформления лабораторных работ.

**Лекции.** Опыт показывает, что студенты, слабо посещающие лекции, гораздо хуже разбираются в материале, испытывают затруднения при необходимости применить лекционный материал на практике, а на подготовку к экзаменам тратят гораздо больше времени. Следовательно, посещать лекции – в интересах студентов. Во время лекций полезно вести краткий конспект: во-первых, в работу включается моторная память, во-вторых, конспект даёт возможность быстро освежить материал, в-третьих, навык выбора и фиксации наиболее важных элементов лекции полезен, если профессия студента будет связана с созданием программных систем.

Лекция знакомит студента с новым учебным материалом, структурирует его представление о предмете, тем самым давая возможность эффективнее обогащать свои знания при самостоятельной работе. Лектор получает возможность поделиться опытом работы, который нередко невозможно получить другим путём: далеко не всё, что знает специалист, можно найти в литературе.

**Практические занятия.** Работа на практических занятиях проводится в достаточно свободной обстановке, когда студенты имеют возможность выбирать разные пути решения задачи. Прежде чем воспользоваться помощью преподавателя, студенты обсуждают задачу между собой, используя при этом имеющийся теоретический материал. Нужно иметь в виду, что, пропуская занятия, студент ставит себя в сложное положение, вплоть до срыва сессии.

**Подготовка к лекции.** В силу специфики дисциплины темы лекций редко бывают изолированными или короткими, объёмом в одно занятие. Обычно текущая лекция в значительной мере опирается на предыдущий материал, особенно на последнюю лекцию. Так что знакомство с нею даст возможность гораздо эффективнее работать на занятиях.

**Подготовка к практическим занятиям.** На практических занятиях от студента требуется активная работа, которая без подготовки практически невозможна. Нужно, помимо знакомства с теоретическим материалом, выполнить работы, заданные на дом, уточнить методы решения рассматриваемых задач.

**Подготовка к зачётам и экзаменам.** Если студент в течение семестра посещал лекции, работал на практических занятиях, правильно готовился к занятиям дома, зачёт или экзамен становится для него технической процедурой, в ходе которой он сможет показать свой уровень. В противном случае ему придётся поработать достаточно серьёзно. Допуск к экзаменам получают лишь те студенты, которые полностью выполнили все задания. Поэтому, если нет уверенности, что все задания будут сданы в срок, лучше обратить на это внимание заранее.

### ***Методические рекомендации к заданиям***

При выполнении заданий необходимо определить: какими методами они решаются наиболее рациональным способом, просмотреть не только теоретический материал, но как решались аналогичные задания в ходе аудиторных занятий.

## 9. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Дисциплина ориентирована на применение компьютерной техники, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», электронной библиотеки МАИ для поиска, сбора, хранения, обработки и представления [информации](#). Для осуществления образовательного процесса по дисциплине применяются:

*Программное обеспечение:*

1. Пакет офисных приложений Microsoft Office.
2. PTC MathCAD Education - University Edition
3. Система автоматизированного расчета и проектирования механического оборудования и конструкций APM WinMachine 12

*Интернет-ресурсы:*

1. Единое окно доступа к образовательным ресурсам (поддерживается Минобрнауки) (<http://window.edu.ru/>).
2. Электронная библиотека МАИ (<http://elibrary.mai.ru/MegaPro/>)
3. <http://www.cwa.ru/tsaginfo.htm> - Сайт Центрального Аэрогидродинамического

## 10. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Для обеспечения чтения лекций используется:

- аудитория, укомплектованная учебной мебелью, доской с мелом (маркером).

Для проведения практических (лабораторных) занятий используется:

- аудитория, укомплектованная учебной мебелью, доской с мелом (маркером) и оснащённая презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук).

### Аннотация рабочей программы

Дисциплина Сопротивление материалов является частью Блока 1 Дисциплины дисциплин подготовки студентов по направлению подготовки 24.05.03 Испытание летательных аппаратов. Дисциплина реализуется на «Взлет» факультете «Московский авиационного института (национального исследовательского университета)» кафедрой (кафедрами) А11.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций: ОПК-4 ,ОПК-5 ,ОПК-7.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с: основными разделами курса сопротивления материалов в виде пригодном для анализа прочности авиационных конструкций, включая:

- методы определения силовых факторов, а также напряжений и перемещений стержней и балок сплошных и тонкостенных сечений для основных видов деформирования (растяжения-сжатия, кручения, изгиба, сдвига);

- методы определения силовых факторов и перемещений сечений статически определимых и статически неопределимых стержневых систем;

- методы анализа устойчивости продольно-сжатых стержней в пределах и за пределами упругого деформирования;

- механические свойства конструкционных материалов (характеристики статической прочности, сопротивления усталости, сопротивления развитию трещины при циклическом нагружении, статической трещиностойкости);

- геометрические характеристики плоских сечений;

- критерии статической прочности, сопротивления усталости и статической трещиностойкости;

- методы расчета статической прочности, устойчивости, усталостной долговечности, длительности развития усталостной трещины и остаточной прочности.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: Лекция, мастер-класс, Практическое занятие, Лабораторная работа.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: промежуточная аттестация в форме Зачет с оценкой (4 семестр) ,Зачет с оценкой (5 семестр).

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 часов. Программой дисциплины предусмотрены лекционные (46 часов), практические (32 часов), лабораторные (16 часов) занятия и (122 часов) самостоятельной работы студента.

**Вопросы к зачету с оценкой  
(4 семестр)**

1. Понятие о расчетной схеме. Формы тел, рассматриваемые в сопротивлении материалов. Классификация внешних сил. Опорные устройства и их реакции. Основные допущения о свойствах материалов и допущения, связанные с характером деформаций.
2. Внутренние силы в поперечных сечениях бруса. Метод сечений. Внутренние силовые факторы.
3. Нормальные усилия в стержнях статически определимой и статически неопределимой системы. Температурные усилия в стержнях статически неопределимой стержневой системы.
4. Нормальные усилия возникающие при растяжении и сжатии статически определимого и статически неопределимого ступенчатого бруса.
5. Крутящие моменты, возникающие при кручении статически определимого и статически неопределимого бруса.
6. Плоский поперечный изгиб балок. Перерезывающие силы и изгибающие моменты.
7. Дифференциальные зависимости при изгибе бруса.
8. Напряженное состояние в точке. Закон парности касательных напряжений. Обобщенный закон Гука.
9. Главные напряжения и главные площадки. Определение компонент напряжений на наклонной площадке. Круговая диаграмма Мора. Определение главных напряжений и угла наклона главных площадок.
10. Определение компонент напряжений на площадке общего положения.
11. Потенциальная энергия деформации
12. Напряжения и перемещения сечений бруса при центральном растяжении и сжатии.
13. Чистый сдвиг. Связь между упругими константами материала  $E$ ,  $G$ , и  $\mu$  при чистом сдвиге. Касательные напряжения при срезе.
14. Касательные напряжения и угол поворота при кручении бруса круглого и кольцевого поперечных сечений.
15. Касательные напряжения и угол поворота при кручении бруса замкнутого тонкостенного сечения.
16. Касательные напряжения и угол поворота при кручении бруса многосвязного тонкостенного профиля.
17. Касательные напряжения и угол поворота при кручении бруса прямоугольного сечения и бруса тонкостенного открытого профиля.
18. Касательные напряжения и угол поворота при кручении бруса незамкнутого криволинейного профиля переменной толщины и бруса незамкнутого тонкостенного поперечного сечения, состоящего из нескольких участков различной толщины.
19. Нормальные напряжения при чистом изгибе бруса.
20. Нормальные и касательные напряжения при поперечном изгибе бруса. Формула Журавского.
21. Нормальные и касательные напряжения при поперечном изгибе балок тонкостенного профиля
22. Центр изгиба балки несимметричного тонкостенного профиля
23. Дифференциальное уравнение упругой линии при поперечном изгибе
24. Энергетический метод определения перемещений Максвелла Мора
25. Графоаналитический метод определения прогиба балки методом Верещагина. Расслоение эпюр
26. Напряжения относительно главных центральных осей при несимметричном изгибе прямого бруса

27. Напряжения относительно произвольной взаимноперпендикулярной пары центральных осей сечения при несимметричном изгибе прямого бруса
28. Концентрация напряжений круглого отверстия, эллиптического отверстия и прямоугольного выреза со скругленными углами
29. Коэффициент интенсивности напряжений
30. Характеристики статической прочности материалов. Диаграммы деформирования. Пластические и хрупкие материалы. Закон разгрузки. Явление наклепа. Закон Гука при одноосном растяжении и сжатии. Поперечная деформация. Коэффициент Пуассона¶
31. Характеристики сопротивления усталости. Характеристики цикла нагружения. Базовая кривая усталости
32. Характеристики сопротивления развитию трещины при циклическом нагружении
33. Характеристики статической трещиностойкости в условиях плоской деформации и при плоском напряженном состоянии¶
34. Статические моменты плоских сечений. Осевые, центробежный и полярный моменты инерции плоских сечений¶
35. Изменение моментов инерции при параллельном переносе осей. Изменение моментов инерции при повороте осей координат¶
36. Главные оси и главные моменты инерции. Круг инерции Мора
37. 6. Моменты инерции простейших фигур. Моменты инерции составных сечений¶

**Вопросы к экзамену  
(5 семестр)**

1. Внецентренное сжатие короткого стержня силой, приложенной на одной из главных осей инерции сечения стержня
2. Внецентренное сжатие короткого стержня силой, которая не находится ни на одной из главных осей инерции сечения стержня
3. Упругая потеря устойчивости длинного прямого стержня, нагруженного осевой нагрузкой. Формула Эйлера
4. Упругая потеря устойчивости длинного стержня, нагруженного осевой нагрузкой с эксцентриситетом
5. Упругая потеря устойчивости длинного стержня с первоначальной кривизной
6. Упругая потеря устойчивости стержня, нагруженного осевой и поперечной нагрузками
7. Приближенная формула определения прогиба балки при продольно-поперечном изгибе
8. Дифференциальное уравнение изгибающих моментов при про-дольно поперечном изгибе балки
9. Энергетический метод определения критической нагрузки
10. Большие перемещения гибкого стержня
11. Потеря устойчивости за пределом упругости. Критические напряжения. Пределы применимости формулы Эйлера
12. Устойчивость стержней за пределом упругости. Модуль Кармана
13. Формула Ясинского-Тетмайера для определения критических напряжений
14. Статически определимые стержневые системы. Типы стержневых систем
15. Внутренние силовые факторы в сечениях пространственного бруса
16. Внутренние силовые факторы в сечениях плоской рамы
17. Внутренние силовые факторы в стержнях фермы
18. Напряжения в сечениях бруса малой кривизны
19. Потенциальная энергия бруса в общем случае нагружения
20. Энергетический метод определения перемещений сечений про-странственного бруса. Интеграл Мора
21. Перемещения сечений плоской рамы
22. Перемещения узлов фермы
23. Относительные перемещения сечений стержневой системы
24. Плоские статически неопределимые стержневые системы. Кинематический анализ плоских систем
25. Метод сил. Канонические уравнения для внешне статически неопределимой рамы. Вычисление коэффициентов канонических уравнений
26. Метод сил. Канонические уравнения для внутренне статически неопределимой рамы. Вычисление коэффициентов канонических уравнений
27. Рациональный выбор основной системы. Использование свойств симметрии при раскрытии статической неопределимости
28. Перемещения сечений статически неопределимых рам
29. Критерий максимального главного напряжения (Rankine)
30. Критерий максимальной главной деформации (St. Venant)
31. Критерий суммарной энергии деформации (Beltramy & Haigh)
32. Критерий максимальных касательных напряжений (Tresca)
33. Критерий энергии деформации сдвига (Hencky & VonMises)
34. Критерий интенсивности напряжений
35. Критерий Кулона-Мора
36. Условия текучести при двухосном напряженном состоянии



37. Приведенные напряжения для элементов с геометрическими концентраторами
38. Приведенное напряжение для продольных стыков крыла
39. Приведенное напряжение для поперечных стыков
40. Схематизация процесса переменного нагружения по методу «полных циклов»
41. Схематизация процесса переменного нагружения по методу «дождевого потока»
42. Приведение асимметричного цикла к эквивалентному по усталостной повреждаемости пульсирующему циклу
43. Закон линейного суммирования усталостной повреждаемости. Закон Пальмгрена-Майнера
44. Энергетический критерий Гриффитса
45. Критерий разрушения Орована-Ирвина
46. Расчет статической прочности по допускаемым напряжениям при растяжении и сжатии стержневой системы или ступенчатого бруса
47. Расчет статической прочности по допускаемым напряжениям при срезе и смятии
48. Расчет статической прочности по допускаемым напряжениям при кручении
49. Расчет статической прочности по допускаемым напряжениям при изгибе
50. Расчет статической прочности по предельному состоянию при растяжении сжатии
51. Расчет статической прочности по предельному состоянию при кручении
52. Расчет статической прочности по предельному состоянию при изгибе
53. Расчет на устойчивость по аналитическим зависимостям
54. Расчет на устойчивость по коэффициентам уменьшения основного допускаемого напряжения
55. Расчет на усталостную долговечность
56. Расчет длительности развития усталостной трещины
57. Расчет остаточной прочности