

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ
«ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ АВИАЦИОННОГО
МОТОРОСТРОЕНИЯ ИМ. П.И. БАРАНОВА»**

УТВЕРЖДАЮ:

Заместитель генерального директора

по науке, д.т.н., с.н.с.

ФГУП «ЦИАМ им. П.И. Баранова»



А.И. Ланшин

» апреля 2018 г.

**ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ЭКЗАМЕНА В
АСПИРАНТУРУ ПО НАПРАВЛЕНИЮ ПОДГОТОВКИ
24.06.01 «Авиационная и ракетно-космическая техника»
(по направленности 01.02.06 «Динамика, прочность машин, приборов и
аппаратуры»)**

Москва, 2018

1. Центральное растяжение - сжатие

Основные гипотезы теории упругости. Напряжения и деформации. Обобщённый закон Гука, постоянные упругости и постоянные податливости. Потенциальная энергия деформации. Диаграммы растяжения конструкционных материалов, их характерные параметры. Условия прочности. Статически неопределимые задачи на растяжение – сжатие. Испытание материалов на растяжение (сжатие). Сравнение механических свойств пластичных и хрупких материалов при растяжении и сжатии. Напряжения и условия прочности.

2. Деформация сдвига

Чистый сдвиг. Напряжения и деформации. Закон парности касательных напряжений. Закон Гука при сдвиге. Потенциальная энергия деформации сдвига. Зависимость между модулями упругости при растяжении и сдвиге. Условие прочности.

3. Геометрические характеристики плоских сечений

Статические моменты сечения. Осевые, полярные, центробежные моменты инерции сечения. Изменение моментов инерции сечения при параллельном переносе и повороте осей. Главные оси и главные моменты инерции. Рациональные сечения стержней из пластичных и хрупких материалов.

4. Кручение стержней

Кручение бруса круглого поперечного сечения. Напряжения и деформации при кручении. Гипотезы плоских сечений. Потенциальная энергия деформации кручения. Расчеты на прочность и жесткость при кручении. Статически неопределимые задачи на кручение. Кручение бруса с прямоугольным поперечным сечением. Расчет винтовых пружин.

5. Изгиб стержней

Внутренние силовые факторы при поперечном и чистом изгибе. Построение эпюр. Дифференциальные зависимости между изгибающим моментом, поперечной силой и интенсивностью нагрузки. Гипотезы плоских сечений. Деформации и нормальные напряжения при чистом изгибе бруса. Поперечный изгиб. Касательные напряжения при поперечном изгибе. Условие прочности. Рациональные сечения балок из пластичных и хрупких материалов. Энергетические теоремы. Интеграл Мора. Дифференциальное уравнение изогнутой оси балки. Определение перемещений при поперечном изгибе балки. Расчет простейших плоских рам, статически неопределимых балок. Изгиб тонкостенных балок.

6. Расчет пластинок и оболочек

Изгиб пластинок по цилиндрической поверхности. Дифференциальное уравнение изгиба пластины. Граничные условия. Чистый изгиб. Расчет

осесимметрично нагруженных оболочек вращения по безмоментной теории. Формулы Лапласа.

7. Расчет статически неопределимых стержневых систем методом сил

Структура и классификация стержневых систем. Статически неопределимые стержневые системы. Теоремы о взаимности работ и перемещений. Степени свободы и внешние связи. Метод сил. Канонические уравнения. Примеры расчетов.

8. Сложное сопротивление. Основы напряженного состояния.

Критерии прочности

Косой изгиб. Внецентренное растяжение (сжатие). Совместное действие изгиба и кручения. Общий случай нагружения стержня. Напряженное состояние в точке. Напряжение на произвольных площадках. Главные площадки и главные напряжения. Максимальные касательные напряжения. Потенциальная энергия деформации. Плоское напряженное состояние. Теории начала текучести. Теории начала разрушения материала. Гипотеза наибольших касательных напряжений. Гипотеза потенциальной энергии деформации.

9. Конструкционная прочность материалов

Физические основы прочности материалов. Диаграмма растяжения и её характерные точки. Вязкий и хрупкий типы разрушения. Прочность при сложном напряжённом состоянии. Длительная прочность и ползучесть. Усталостное разрушение, его физическая природа. Характеристики циклов переменных напряжений. Малоцикловая (МЦУ) и многоцикловая (МнЦУ) усталость. Кривые усталости конструкционного материала. Пределы МЦУ и МнЦУ. Эмпирические формулы для кривых МЦУ и МнЦУ. Факторы, влияющие на сопротивление ползучести, длительной прочности и усталости деталей. Коэффициент запаса сопротивления усталости. Сопротивление усталости при сложном напряженном состоянии. Статистические аспекты разрушения и масштабный эффект. Статистические законы распределения характеристик статической и циклической прочности и пластичности, ползучести, длительной прочности, МЦУ и МнЦУ. Влияние концентрации напряжений на сопротивление МЦУ и МнЦУ. Конструктивные и технологические меры повышения предела МЦУ и МнЦУ деталей машин.

Механика разрушения. Основные гипотезы механики разрушения. Устойчивая и неустойчивая трещины. Вязкость разрушения и критический коэффициент интенсивности напряжений. Кинетическая диаграмма трещиностойкости. Уравнение Пэриса-Эрдогана, определение параметров этого уравнения.

Расчётные значения характеристик конструкционной прочности материала детали, методы их экспериментального определения и методики обработки экспериментальных данных.

Расчет вала на прочность с учетом переменных напряжений.

11. Устойчивость сжатых стержней. Расчеты на устойчивость

Критическая нагрузка. Формула Эйлера для критической силы сжатого стержня. Пределы применимости формулы Эйлера. Понятие о потере устойчивости при напряжениях, превышающих предел пропорциональности. Рациональные формы поперечных сечений. Расчет продольно сжатых стержней по коэффициенту понижения допускаемых напряжений.

12. Продольно – поперечный изгиб

Дифференциальное уравнение продольно-поперечного изгиба. Общее и частные решения. Приближенное интегрирование.

13. Изгиб бруса большой кривизны

Внутренние силовые факторы. Чистый изгиб. Распределение нормальных напряжений по сечению. Радиус нейтрального слоя. Различные формы поперечных сечений.

14. Расчет толстостенных труб и составных цилиндров

Задача Ляме. Напряжения и радиальные перемещения. Частные случаи нагружения. Автофретирование труб.

15. Контактные напряжения

Понятие о контактных напряжениях. Формула Герца для общего случая контактируемых тел. Контакт двух шаров.

16. Колебания упругих систем. Динамическое нагружение

Уравнения колебаний систем с одной степенью свободы. Свободные и вынужденные колебания. Резонанс. Системы уравнений для колебаний конструкций с несколькими степенями свободы. «Вековое» уравнение. Резонанс в много массовых системах. Динамические нагрузки. Учет сил инерции. Напряжения и перемещения в упругих системах при ударах падающим грузом. Учет массы упругой системы. Коэффициент динамичности. Приближенные расчеты стержней при ударном нагружении.

Основная литература

1. Феодосьев В.И. Сопротивление материалов. Изд. 15-е. М.: Изд-во МГТУ, 2010.
2. С.П. Тимошенко и Дж. Гудьер Теория упругости, М., Наука – ФИЗМАТЛИТ, 1979г.
3. Малинин Н.Н. Прикладная теория пластичности и ползучести, М., Машиностроение, 1968г.
4. Р.В. Херцберг Деформация и механика разрушения конструкционных материалов (пер. с англ. под ред. Бернштейна М.Л.), М. Металлургия, 1989г.

5. Конструкционная прочность материалов и деталей газотурбинных двигателей (под ред. И.А. Биргера и Б.Ф. Балашова), М. Машиностроение, 1981г.
6. Пестриков В.Н., Морозов Е.М. Механика разрушения твердых тел: курс лекций. СПб.: Профессия, 2012.
7. Новожилов В.В. Теория тонких оболочек. СПб.: ГУ, 2010.
8. Коллинз Дж. Повреждения материалов в конструкциях. М. «Мир», 1984.
9. Бидерман В.Л. Прикладная теория механических колебаний. М. Высшая школа, 1972.

Дополнительная литература

1. Петухов А.Н., Смыслов А.М., Селиванов К.С. Фреттинг и фреттинг-усталость высоконагруженных малоподвижных соединений газотурбинных двигателей и энергетических установок. М.: Машиностроение, 2012.
2. Терентьев В.Ф. Усталость металлических материалов, М., Наука, 2003г.
3. Каблов Е.Н., Голубовский Е.Р. Жаропрочность никелевых сплавов, М., Машиностроение, 1998г.
4. Современные методы обеспечения прочностной надежности деталей авиационных двигателей. / Сб. статей под редакцией Ю.А. Ножницкого, Б.Ф. Шорра, И.Н. Долгополова. – М.: ТОРУС ПРЕСС, 2010.
5. Скибин В.А., Солонин В.И., Темис Ю.М. и др. Авиационные двигатели. /Энциклопедия «Машиностроение», Том IV-21, книга 3, М.: Машиностроение, 2010.
6. Марчуков Е.Ю. и др. Испытания, обеспечение надежности и ремонт авиационных двигателей и энергетических установок. М.: МАИ, 2004.
7. Александров А.В. Сопротивление материалов. Учеб. для Вузов М., Высшая школа, 2004.
8. Ландау Л.Д. и Лифшиц Е.М. Теория упругости (Теоретическая физика, т.VII), М., Наука – ФИЗМАТЛИТ, 1965г.
9. Степнов М.Н., Чернышев С.Л., Ковалёв И.Е., Зинин А.В. Характеристики сопротивления усталости. Расчётные методы оценки., М., Изд. центр «Технология машиностроения», 2010г.
10. Биргер И.А., Мавлюков Р.Р. Сопротивление материалов. URSS, М., 2015.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании научно-методического совета ФГУП «ЦИАМ им. П.И. Баранова».

Протокол № 11 от « 16 » апреля 2018 г.

Секретарь Научно-методического совета по аспирантуре ФГУП «ЦИАМ им. П.И. Баранова»,
к.т.н., доцент



А.С. Дрыгин