

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»**

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»

по научной работе

Драгунов В.К.

« ____ » _____ 2022 г.

**ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ
ПО СПЕЦИАЛЬНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ ПРИ ПОСТУПЛЕНИИ В
АСПИРАНТУРУ**

Группа научных специальностей – 1.1. Математика и механика

Научная специальность – 1.1.8. Механика деформируемого твердого тела

Москва, 2022

1. ТЕНЗОРЫ В ПРЯМОЛИНЕЙНЫХ ДЕКАРТОВЫХ КООРДИНАТАХ

[1-4]

Определение тензоров в прямолинейных декартовых координатах. Ранг тензора. Умножение тензора на вектор. Алгебра тензоров. Правило суммирования по неммым индексам. Главные оси тензора. Инварианты тензоров. Тензоры второго ранга и квадратичные формы. Ротор как антисимметричный тензор второго ранга. Понятие о тензорном поле.

2. ТЕНЗОР НАПРЯЖЕНИЙ [4,5,11]

Равновесие элементарного тетраэдра. Главные направления и главные площадки. Инварианты тензора напряжений. Разложение тензора напряжений на девиатор и шаровой тензор. Круги Мора. Главные касательные напряжения. Дифференциальные уравнения равновесия.

3. ТЕНЗОР ДЕФОРМАЦИЙ [4,5,11]

Тензор деформаций. Относительные удлинения и сдвиги. Главные оси деформаций и главные деформации. Инварианты тензора деформаций. Определение перемещений по деформациям. Уравнения совместности деформаций.

4. СВЯЗЬ МЕЖДУ НАПРЯЖЕНИЯМИ И ДЕФОРМАЦИЯМИ [4,5,11]

Обобщенный закон Гука. Потенциальная энергия деформации. Тензор упругих постоянных. Закон Гука для анизотропного тела. Постоянные Ламе. Связь их с техническими постоянными. Частные случаи анизотропии.

5. КРАЕВЫЕ ЗАДАЧИ ТЕОРИИ УПРУГОСТИ [4,5]

Полная система уравнений теории упругости в напряжениях. Уравнения Бельтрами-Митчела. Уравнения теории упругости в перемещениях. Теорема о существовании единственного решения (о существовании и единственности решения). Некоторые общие решения уравнений теории упругости. Первая основная, вторая основная и смешанные задачи теории упругости. Прямой, обратный и полуобратный методы решения задач теории упругости. Принцип Сен-Венана.

6. ВАРИАЦИОННЫЕ ПРИНЦИПЫ ТЕОРИИ УПРУГОСТИ [5,6]

Принцип Лагранжа. Теорема Клапейрона. Теорема Бетти. Принцип Кастильяно. Вариационные методы решения задач теории упругости. Метод Ритца, метод Галеркина, метод Трещца.

7. КРУЧЕНИЕ [4,5]

Кручение стержня произвольного профиля. Функция напряжений. Жесткость при кручении. Мембранная аналогия. Кручение стержней эллиптического и прямоугольного сечения. Понятие о кручении валов переменного сечения.

8. ПЛОСКАЯ ЗАДАЧА ТЕОРИИ УПРУГОСТИ [4,5,6]

Плоская деформация и плоское напряженное состояние. Функция напряжений. Дифференциальные уравнения и краевые условия для функций напряжений. Теорема Мориса Леви. Решение в полиномах. Решение в тригонометрических рядах. Применение преобразования Фурье.

9. ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ ФУНКЦИЙ КОМПЛЕКСНОГО ПЕРЕМЕННОГО К ПЛОСКОЙ ЗАДАЧЕ ТЕОРИИ УПРУГОСТИ [4,5,6]

Формулы Колосова – Мухелишвили. Постановка краевых задач. Применение конформного отображения. Решение первой основной задачи для круга. Напряжения в диске, сжатом сосредоточенными силами.

10. ОСНОВЫ КЛАССИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ ИЗГИБА УПРУГИХ ПЛАСТИН [7]

Допущения классической теории изгиба пластин. Гипотезы Кирхгоффа – Лява и связанная с ними погрешность. Внутренние усилия и моменты. Напряжения и деформации. Основное уравнение изгиба пластин. Вывод основного уравнения из вариационного принципа. Граничные условия Кирхгоффа.

11. НЕКОТОРЫЕ ЗАДАЧИ ТЕОРИИ ИЗГИБА ПЛАСТИН [7]

Прямоугольная пластина, опертая по контуру. Решение в рядах Фурье. Пластина, опертая по двум противоположным сторонам. Основное уравнение изгиба пластин и граничные условия в полярных координатах. Осесимметричный изгиб круговых и кольцевых пластин. Применение вариационных методов к задачам изгиба пластин. Пластина переменной толщины. Примеры.

12. СВЕДЕНИЯ ИЗ ТЕОРИИ ПОВЕРХНОСТЕЙ [1,2,3]

Криволинейные координаты на поверхности. Первый, второй и третий фундаментальные тензоры поверхности. Линии кривизны и асимптотические линии.

Главные кривизны. Средняя и гауссова кривизны. Тождества Гаусса – Кодацци. Геометрия Евклидова пространства, окружающего поверхность. Метрический тензор, площади и объемы. Символы Кристоффеля для пространства. Ортогональные криволинейные координаты на поверхности. Переход от тензорных составляющих к физическим составляющим.

13. ОСНОВЫ КЛАССИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ ТОНКИХ УПРУГИХ ОБОЛОЧЕК [8]

Допущения классической теории оболочек. Деформации в произвольной точке. Деформации срединной поверхности. Внутренние усилия и моменты. Соотношения упругости. Потенциальная энергия деформации. Полная система уравнений теории оболочек. Граничные условия. Вывод уравнений теории оболочек из вариационного принципа.

14. БЕЗМОМЕНТНАЯ ТЕОРИЯ ОБОЛОЧЕК [8]

Уравнения безмоментной теории. Область применения. Определение перемещений в безмоментной теории. Элементарные задачи безмоментной теории. Применение теории функции комплексного переменного.

15. ОСЕСИММЕТРИЧНЫЙ ИЗГИБ ОБОЛОЧЕК ВРАЩЕНИЯ [8]

Уравнения осесимметричного изгиба оболочек вращения. Понижение их порядка. Частные случаи. Краевой эффект в круговой цилиндрической оболочке. Примеры. Краевой эффект в сферической и конической оболочках. Асимптотическое интегрирование уравнений.

16. ТЕОРИЯ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ОБОЛОЧЕК [8]

Упрощенные варианты уравнений теории цилиндрических оболочек. Уравнения Лява. Уравнения Доннела – Власова. Уравнения Новожилова. Уравнения полубезмоментной теории. Область приложения уравнений. Интегрирование уравнений в одинарных рядах. Применение метода расчленения напряженного состояния к расчету оболочек.

17. ТЕОРИЯ ПОЛОГИХ ОБОЛОЧЕК [8]

Уравнения теории пологих оболочек (для состояний с большим показателем изменчивости) и область их применения. Решение в рядах. Учет усилий в срединной поверхности. Простейшие задачи устойчивости оболочек.

18. ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТЕОРИИ ПЛАСТИЧНОСТИ [8]

Понятие об упругой и пластической деформации. Понятие о дислокациях. Типичные кривые деформирования. Эффект Баушингера. Модели упругопластического тела. Место теории пластичности в механике твердого тела.

19. РАЗЛИЧНЫЕ ВАРИАНТЫ ТЕОРИИ ПЛАСТИЧНОСТИ [9,10,11]

Критерии текучести. Поверхности текучести. Постулат Драккера и его следствия. Ассоциированный закон течения. Уравнения Прандтля-Райса. Сводка основных уравнений теории течения. Теория идеально упругопластического тела. Общие требования к критерию текучести. Ассоциированный закон течения для сингулярной теории текучести. Теория упругопластического тела с упрочнением. Мера пластической деформации. Теория упрочнения, учитывающая эффект Баушингера. Деформационная теория Генки-Ильюшина. Сравнение различных теорий пластичности. Обзор экспериментальных данных.

20. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ В ТЕОРИИ ПЛАСТИЧНОСТИ [9,10,11]

Постановка задач в теории пластичности идеально-упруго-пластического тела. Остаточные напряжения. Условия непрерывности на границе упругой и пластической области. Поверхности сильного разрыва. Вариационные принципы в теории упругопластического тела. Кинематически возможные вариации состояния. Статически возможные вариации состояния. Теоремы единственности скоростей изменения деформаций и напряжений. Единственность тензорного поля напряжений. Предельное состояние и предельная нагрузка. Вариационные

принципы предельного состояния. Определение верхней и нижней границ для предельной нагрузки.

21. ПРЕДЕЛЬНЫЕ СОСТОЯНИЯ СТЕРЖНЕВЫХ СИСТЕМ [9,10,11]

Методы нахождения предельной нагрузки. Применение вариационных принципов. Рассмотрение различных механизмов предельного состояния. Применение к неразрезным балкам.

22. ПЛОСКАЯ ЗАДАЧА ТЕОРИИ ПЛАСТИЧНОСТИ [9,10,11]

Уравнения плоской задачи. Характеристики и линии скольжения. Теорема Генки. Простейшие поля линий скольжения.

23. ОСНОВНЫЕ ПОЛЯ ТЕОРИИ ПОЛЗУЧЕСТИ [11]

Понятие о ползучести и релаксации. Физические теории ползучести. Температурные режимы и срок службы энергетических машин и установок. Результаты экспериментального изучения ползучести. Диаграмма ползучести при растяжении. Зависимость деформаций ползучести от напряжений и температуры. Зависимость для участка установившейся скорости ползучести. Ползучесть при разгрузке и повторном нагружении. Простая релаксация.

24. ГИПОТИЗЫ ПОЛЗУЧЕСТИ [11]

Назначение гипотез ползучести. Гипотезы старения, течения, упрочнения и пластической наследственности. Экспериментальная проверка гипотез.

25. УРАВНЕНИЯ ТЕОРИИ ПОЛЗУЧЕСТИ [11]

Ползучесть в общем случае объемного напряженного состояния изотропного тела. Связь между компонентами тензоров напряжений и деформаций ползучести по деформационной теории и теории пластического течения. Уравнения нелинейной теории ползучести и их варианты по различным гипотезам ползучести. Постановка задач ползучести в общем случае трехосного напряженного состояния.

26. ПРОСТЕЙШИЕ ЗАДАЧИ ТЕОРИИ ПОЛЗУЧЕСТИ [11]

Иллюстрация установившейся и неуставившейся ползучести на примере ползучести стержневой системы. Установившаяся ползучесть при кручении и при чистом изгибе стержня кругового сечения. Релаксация крутящего и изгибающего моментов.

27. ТЕОРИЯ ЛИНЕЙНОЙ ВЯЗКОУПРУГОСТИ [11]

Математическое описание вязкоупругих свойств полимеров. Исследование для этой цели механических моделей. Описание простейших экспериментов: ползучесть, релаксация напряжений, периодические или динамические режимы нагружения. Обобщенные модели. Дискретные и сплошные спектры времен релаксации.

Вязкоупругие функции (функция ползучести, релаксационный модуль, различные динамические функции), соотношения между неравновесными и динамическими функциями, соотношения между спектрами. Приближенные соотношения между вязкоупругими функциями. Аналогия с электрическими цепями. Постановка и методы решения задач теории вязкоупругости. Применение принципа соответствия Вольтерра. Приближенный метод преобразования Лапласа.

28. ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ И КОНТАКТНЫЕ ЗАДАЧИ [6]

Задача Буссинеска. Действие произвольной нагрузки на полупространство. Давление жесткого кругового штампа на полупространство. Задача Герца.

29. ЭЛЕМЕНТЫ НЕЛИНЕЙНОЙ ТЕОРИИ УПРУГОСТИ [12]

Метод Лагранжа и метод Эйлера для описания деформаций сплошной среды. Тензор конечных деформаций. Потенциальная энергия деформации. Различные способы описания напряженного состояния. Тензор напряжений Тревффа. Простейшие задачи нелинейной теории упругости.

30. ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ТЕОРИИ ИЗГИБА ПЛАСТИН [7]

Влияние начальных усилий в срединной поверхности на изгиб пластин. Простейшие задачи упругой устойчивости для пластин. Нелинейная теория изгиба пластин. Уравнения Кармана. Метод приближенного решения нелинейных задач.

ЛИТЕРАТУРА

1. Победря Б.Е. Лекции по тензорному анализу. М.: Изд.МГУ, 1979. 224 с.
2. Кильчевский Н.А. Основы тензорного исчисления с приложением к механике. Киев: Наукова думка, 1972. 148 с.
3. Сокольников И.С. Тензорный анализ. Теория и применение в геометрии и механике сплошных сред. М.: Наука, 1971.
4. Демидов С.П. Теория упругости. М.: Высшая школа, 1979. 432 с.
5. Амензаде Ю.А. Теория упругости. М.: Высшая школа, 1976. 272 с.
6. Партон В.З., Перлин П.И. Методы математической теории упругости. М.: Наука, 1981. 688 с.
7. Тимошенко С.П., Войновский-Кригер С. Пластинки и оболочки. М.: Наука, 1963. 636 с.
8. Бидерман В.Л. Механика тонкостенных конструкций. М.: Машиностроение, 1977. 488с.
9. Проценко А.М. Теория упруго-идеальнопластических систем. М.: Наука, 1982. 287с.

10. Ерхов М.И. Теория идеально пластических тел и конструкций. М.: Наука, 1978. 352с.
11. Работнов Ю.Н. Механика деформируемого твердого тела. М.: Наука, 1979. 744 с.
12. Новожилов В.В. Теория упругости. Л.: Судпромгиз, 1958. 372 с.

«Согласовано»
И.о. директора ЭнМИ
д.т.н., доцент

Меркурьев И.В.