

**Численные методы в механике деформируемого твердого тела
Филиппов А.С.**

№	Тема	Содержание
1	Механика деформируемого твёрдого тела (ДТТ)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Напряжённое состояние деформируемого твёрдого тела (ДТТ). 2. Деформация. 3. Упругость и определяющее соотношение. Уравнения МДТТ. 4. Способы упрощения уравнений и граничных условий. 5. Неупругость: пластичность. 6. Ползучесть. 7. Разрушение.
2	Метод конечных элементов (МКЭ)	<ol style="list-style-type: none"> 1. О численном решении задач механики. 2. Дискретизация пространственной области. 3. Линейные одномерные элементы. 4. Метод перемещений: двумерная плоская задача. 5. Общие формулировки МКЭ. 6. Нелинейные квазистатические задачи. 7. Неполноразмерные элементы. 8. Контактное взаимодействие.
3	Динамика деформируемого твёрдого тела	<ol style="list-style-type: none"> 1. Уравнения движения. Принцип д'Аламбера. Постановки задач динамики ДТТ. 2. Дискретизация МКЭ уравнений динамики. Интегрирование по времени. Матрица масс, её диагонализация. 3. Явные схемы интегрирования. Неустойчивости численного решения. Условие Куранта. Матрица вязкого демпфирования. 4. Колебания и волны. Скорость звука в твёрдом теле. Частотные формы.

Вопросы по курсу

1. Основные понятия : напряжение, момент сил, перемещение, деформация.
2. Внешние и внутренние силы. Формула Коши, тензор напряжений, его компоненты и инварианты. Уравнение равновесия.
3. Главные оси и главные значения тензора напряжений. Свойства главных значений
4. Тензор деформации, его компоненты и инварианты. Геометрическая нелинейность
5. Общее малое движение тела. Тензор вращений.
6. Определяющее соотношение. Физическая нелинейность. Закон Гука для изотропного материала. Упругие постоянные. Шаровая и девiatorная составляющие тензоров напряжений и деформаций. Закон Гука для них.
7. Постановка статической задачи теории упругости. Граничные условия по перемещениям.
8. Энергия упругой деформации. Принцип возможных работ
9. Принцип Сен–Венана. Задача о стержне: виды нагрузок. Оценки напряжений в сечении стержня при концевой нагрузке
10. Плоская задача: плоские напряжения и плоские деформации. Компоненты напряжений и деформаций.
11. Напряжение в тонкой трубе и тонкой сфере. Формула Лапласа.
12. Нормальные напряжения при изгибе, момент сопротивления при изгибе.
13. Термодеформации и термонапряжения.
14. Упруго–пластическое деформирование: диаграмма деформирования, предел текучести, критерии текучести, упрочнение, схематизация диаграммы.
15. Основные положения теории пластичности. Поверхность текучести.
16. Этапы численного решения задачи МДТТ.
17. Пространственная дискретизация области: элементы, узлы, модель конструкции
18. Общий вид интерполяции в конечном элементе. Локальные и глобальные координаты.

19. Основные типы конечных элементов. МКЭ–дискретизация для стержня и пружины.
20. 3–угольные и 4–угольные элементы 1–го порядка: коэффициенты функций формы
21. Пирамидальные базисные функции, общее представление численного решения в МКЭ. МКЭ как общий метод взвешенных невязок
22. Матричные обозначения. Представление тензоров деформаций и напряжений в элементе.
23. Узловые силы и перемещения; элементные и глобальные векторы и матрицы.
24. Построение уравнений МКЭ. Метод перемещений.
25. Учёт объёмных сил и поверхностных нагрузок в МКЭ.
26. Граничные условия по перемещениям: способы его численной реализации. Постановка г.у. в разных случаях (симметрия, частичное защемление).
27. Организация вычислительного цикла решения квазистатической задачи.
28. Моделирование конечных деформаций через тензор малых деформаций Коши. Малое вращение элемента и яуманова производная.
29. Постулаты теории пластичности и их следствия. Модель возврата на поверхность текучести.
30. Уравнение перемещений при изгибе. Построение изгибаемого конечного элемента.
31. Уравнения динамики и принцип Даламбера. Постановки динамических задач МДТТ.
32. Дискретизация МКЭ динамических задач. Матрица масс и матрица вязкого демпфирования.
33. Уравнение энергии в динамике ДТТ. Уравнение состояния.

Литература

1. Феодосьев В.И. Сопротивление материалов. М. 1986
2. Ландау Л.Д. Лифшиц Е.М. Теория упругости.
3. Н.Н.Малинин, Прикладная теория пластичности и ползучести, М. Машиностроение, 1975
4. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике. М.: "Мир", 1975.
5. Стрэнг Г. , Фикс Дж. Теория метода конечных элементов. М.: "Мир", 1977

Учебные пособия

Филиппов А.С. ЧММДТТ: электронный конспект лекций – текущая версия. ИБРАЭ РАН.