

Спецкурс по основам метода конечных элементов (МКЭ) был нацелен на ознакомление студентов с пакетом ANSYS на уровне мехмата. Приведенная ниже программа была разработана в 90-е годы, когда коммерческие конечно-элементные программы только охватывали массы. Идея состояла в том, чтобы использовать большой, накопленный опыт в численном решении задач МДТТ, для качественного изучения вычислительных процедур, используемых в этом коммерческом продукте. Уже после организации этого курса я нашел книгу Moaveni "Finite element analysis with ANSYS", в которой выражена та же идея сочетания теории МКЭ с ее демонстрацией с помощью ANSYS.

Знакомство с коммерческими конечно-элементными пакетами очень полезно студентам, которые будут работать в области вычислительной механики или просто в инженерной сфере.

Метод конечных элементов: программная реализация ANSYS.

Лектор - проф. С. В. Шешенин

Введение. История метода и роль в инженерных расчетах.
МКЭ в одномерном случае.

МКЭ в одномерном случае на примере задачи теории упругости. Вариационная постановка. Методы Рунге и Галеркина. Вариационно-сеточные методы. Примеры базисных функций. Исследование сходимости метода. Задача на собственные значения одномерного разностного уравнения второго порядка. Обусловленность дискретных аналогов краевых задач второго порядка. Одномерная задача теплопроводности. Явная и неявная разностные схемы. Спектральный признак устойчивости. Одномерное волновое уравнение. Устойчивость и аппроксимационная вязкость. Дисперсия волн.

МКЭ в общем случае.

Конформный метод МКЭ.

Ассемблирование локальных матриц жесткости в глобальную

Исследование сходимости приближенного решения к точному.

Матрица жесткости для треугольных элементов

Билинейные элементы. Элементы высших порядков: лагранжевы и серендиповы элементы.

Изопараметрические элементы.

Примеры конкретных элементов.

Вычисление напряжений по полю деформаций.
Численное интегрирование.
Кусочное тестирование. Упрощенное интегрирование.
Некомфортные элементы.
Локинг на примере задачи несжимаемой теории упругости.
Множители Лагранжа и смешанные постановки.
Смешанная постановка для задачи несжимаемой теории упругости
Задача фильтрации в рамках модели Био.
Использование апостериорной информации для оценки точности: уточнение сетки, h и p методы.
Нелинейные задачи: пластичность, конечные деформации.

Динамические задачи. Собственные и вынужденные колебания.
Элементы для задач о балках, пластинках и оболочках.
МКЭ для задачи теплопроводности.
МКЭ для задачи гидромеханики. Сравнение с методом конечных объемов.

Введение в программный комплекс ANSYS

Первое знакомство с ANSYS.
Экскурсия по меню.
Препроцессор: задание геометрии.
Выбор конечных элементов.
Задание материальных свойств. Модели деформируемого твердого тела, присутствующие в ANSYS. Задание нагрузок и других условий.
Запуск задания на счет. Контроль хода вычислений.
Типы анализа. Статический анализ, Динамический анализ, модальный анализ.
Постпроцессор, вывод и визуализация результатов.
Более сложные элементы работы с ANSYS, Описание баз данных ANSYS.
Пример статического анализа - вычисление эффективных свойств железобетона.
Пример динамического анализа - ударная нагрузка на железобетонную плиту.
Выбор способа решения уравнений. Прямой метод. Итерационные методы. Параллельные возможности ANSYS.
Уточнение сетки и сравнение вариантов.

Пример температурной задачи.
Контактные задачи: задача о контакте шины с дорогой
Задачи гидромеханики: FLOTRAN.

Литература.

Зенкевич О. С., Тейлор Р. Л. Метод конечных элементов. (Издания 5 на англ. языке).
Зенкевич О. С. Метод конечных элементов в технике, Мир, 1975.
Зенкевич О. С., Морган К. Конечные элементы и аппроксимация, Мир, 1986.
Стренг Г., Фикс Дж. Теория метода конечных элементов, Мир, 1977