

## Программа общего курса МКЭ программ (COMSOL, ABAQUS, ADINA, Nastran, ANSYS)

1. Основные понятия метода конечных элементов (МКЭ).
2. Введение в программу.
  - 2.1. Стартовые настройки программы. Сессия работы. Параметры памяти и их связь с размерностью задачи.
  - 2.2. Запуск программы и выход из нее. Структура интерфейса программы. Окна. Процессоры.
  - 2.3. Файловая структура. Типы файлов. Файл базы данных.
  - 2.4. Поисковая система подсказки.
  - 2.5. Опции отображения. Масштабирование, перемещение, вращение. Меню утилит. Рабочая плоскость и системы координат.
  - 2.6. Панель инструментов и ее настройка.
  - 2.7. Фильтры Главного меню.
3. Препроцессинг.
  - 3.1. Библиотека элементов. Порядок элементов. Опции элементов. Степени свободы элементов. Константы элементов. Библиотека сечений балок.
    - 3.1.1. Структурные элементы: точечные, одномерные (стержни, балки), двумерные и трехмерные элементы твердого тела и оболочек. Пружины и шарниры. Контактные и специальные элементы. Элементы с поддержкой гиперупругости, вязкопластичности и др.
    - 3.1.2. Тепловые элементы: точечные, одномерные, двумерные и трехмерные элементы твердого тела и оболочек.
    - 3.1.3. Элементы поверхностного эффекта.
    - 3.1.4. Элементы связанных полей.
    - 3.1.5. Акустические элементы. Элементы жидкости.
    - 3.1.6. Суперэлементы.
    - 3.1.7. Элементы с полиномом переменной степени (p-элементы).
  - 3.2. Задание свойств материала.
    - 3.2.1. Изотропный и ортотропный материал.
    - 3.2.2. Температурно-зависимые свойства.
    - 3.2.3. Модели нелинейного поведения: кинематическое/изотропное упрочнение, анизотропия, модель Друкера-Прагера, модель Ананда, нелинейно упругий материал, ползучесть, распухание, гиперупругость, армированный железобетон, чугун, вязкоупругость.
    - 3.2.4. Пользовательская библиотека материалов.
  - 3.3. Основы построения/импорта геометрических моделей.
    - 3.3.1. Примитивы. Твердотельное моделирование. Импорт из CAD-систем.
    - 3.3.2. Команды создания примитивов. Построение точек, линий, поверхностей, объемов, узлов, элементов.
    - 3.3.3. Генерация контактных пар. Мастер Kontakта. Опции.
    - 3.3.4. Выдавливание и вращение. Булевы операции.
    - 3.3.5. Аффинные преобразования. Копирование. Отражение.
    - 3.3.6. Удаление объектов.
  - 3.4. Генерация сетки конечных элементов.
    - 3.4.1. Присвоение атрибутов.
    - 3.4.2. Параметры сетки: размер, сгущение, контроль. Настройка опций сеточного генератора.
    - 3.4.3. Генерация свободной и регулярной сетки. Конкатенация.
    - 3.4.4. Измельчение сетки.

- 3.4.5. Прямая генерация.
- 3.4.6. Адаптивная сетка.
- 3.5. Архивация и комбинирование моделей.
- 3.6. Связывание степеней свободы. Уравнения связей.
- 3.7. Задание циклической симметрии.
- 4. Решение.
  - 4.1. Нагружение. Виды нагрузок. Приложение нагрузок. Табличные нагрузки. Шаги нагружения. Случаи нагружения.
  - 4.2. Типы анализа: Механика деформируемого твердого тела.
    - 4.2.1. Статика. Оценка качества сетки. Конечно-элементная сходимость.
    - 4.2.2. Собственные частоты и формы. Солверы. Конденсация матриц.
    - 4.2.3. Гармонический анализ.
    - 4.2.4. Нестационарные процессы. Критерий Куранта. Разностные схемы.
    - 4.2.5. Спектральный анализ.
    - 4.2.6. Потеря устойчивости. Линейная/нелинейная постановки.
    - 4.2.7. Подконструкции.
    - 4.2.8. Нелинейности: геометрическая, физическая, элементная. Метод Ньютона-Рафсона. Метод ограничивающих дуг.
    - 4.2.9. Механика разрушения и усталость.
  - 4.3. Типы анализа: Теплообмен.
    - 4.3.1. Виды теплообмена.
    - 4.3.2. Стационарный анализ.
    - 4.3.3. Нестационарный анализ. Фазовый переход.
    - 4.3.4. Лучистый теплообмен.
  - 4.4. Типы анализа: Механика жидкости и газа.
  - 4.5. Типы анализа: Связанные задачи. Последовательный метод. Прямой метод.
  - 4.6. Настройка опций решения. Краткая характеристика солверов.
  - 4.7. Запуск на счет. Рестарт. Файлы, необходимые для рестарта.
- 5. Постпроцессинг.
  - 5.1. Постпроцессор общего назначения.
    - 5.1.1. Файлы результатов. Считывание нужного шага.
    - 5.1.2. Визуализация результатов. Типы осреднения результатов и погрешность. Заливка. Изолинии. Векторное представление. Сечения. Эпюры. Динамический запрос. Анимация.
    - 5.1.3. Листинг результатов. Сортировка.
    - 5.1.4. Комбинирование расчетных случаев.
  - 5.2. Постпроцессор истории нагружения/времени.
    - 5.2.1. Задание переменных.
    - 5.2.2. Просмотр переменных. Графики и листинг. Операции над графиками.
- 6. Пользовательское программирование.
  - 6.1. Скалярные параметры, их типы. Параметрические выражения.
  - 6.2. Массивы, их типы. Операции над массивами.
  - 6.3. Элементы программирования: условный оператор, операторы цикла, математические операторы, стандартные функции.
  - 6.4. Специфические команды и функции. Опрос базы данных.
  - 6.5. Создание и выполнение макросов. Использование протокольного файла.
  - 6.6. Работа с файлами данных. Форматы ввода/вывода.