

2. Глухов В.В., Медников М.Д., Коробко С.Б. Математические методы и модели для менеджмента. – СПб.: Издательство «Лань», 2000. – 480 с.

3. Кузнецов Ю.Н., Кузубов В.И., Волощенко А.Б. Математическое программирование: Учеб. пособие. – М.: Высш. школа, 1980. – 300 с., ил.

4. Фомин Г.П. Математические методы и модели в коммерческой деятельности: Учебник. – М.: Финансы и статистика, 2001. – 544 с.: ил.

5. Шелобаев С.И. Математические методы и модели в экономике, финансах, бизнесе: Учеб. пособие для вузов. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2000. – 367 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНЫХ ПАКЕТОВ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

*Кусяков Альфред Шамильевич (kusyakov@psu.ru)
Пермский государственный университет (ПермГУ)*

Аннотация

Дана краткая характеристика конечно-элементного пакета ANSYS. Приведены программа учебного курса «Программный комплекс ANSYS» (базовая и специальная части), а также примеры заданий для практических занятий.

Одним из наиболее распространенных методов решения задач прикладной механики является метод конечных элементов (МКЭ). Примером системы, построенной на основе МКЭ, является пакет ANSYS. Этот пакет позволяет решать задачи механики твердого деформируемого тела, теплообмена, гидродинамики, электромагнетизма, а также связанные задачи механики сплошных сред и задачи оптимизации.

Процесс решения задачи в среде ANSYS можно разделить на три основных этапа:

- построение модели;
- получение решения;
- просмотр и анализ результатов.

Первый этап включает в себя следующие шаги: определение типа конечных элементов, задание констант конечного элемента, задание свойств материала и создание конечно-элементной модели. Тип конечного элемента определяется, в основном, областью расчета (МТДТ, теплообмен, гидродинамика, электромагнетизм) и размерностью ис-

следуемого объекта. Константы элемента – это параметры, задаваемые для тех элементов, свойства которых невозможно описать только указанием координат узлов. Например, для стержневого элемента константами являются площадь поперечного сечения и начальная деформация. Свойства материала – это физические характеристики, зависящие от области расчета (модули упругости и коэффициенты Пуассона в МТДТ, удельные теплоемкости и коэффициенты теплопроводности в задачах теплообмена и т. д.). При построении конечно-элементной модели используется два метода: твердотельное моделирование и прямая генерация сетки. В первом случае сначала создается геометрическая модель, а затем производится автоматическая разбивка на конечные элементы. Во втором случае сначала «вручную» задается положение каждого узла, а затем осуществляется «соединение» узлов в конечные элементы.

На втором этапе сначала выбирается тип анализа:

- статический;
- динамический;
- модальный;
- гармонический;
- спектральный;
- исследование устойчивости;
- метод подконструкций.

После выбора типа анализа задаются нагрузки, и осуществляется запуск на выполнение.

Для просмотра и анализа результатов расчета (третий этап) можно использовать два постпроцессора программы: главный и динамический. Главный постпроцессор используется для анализа результатов для одного шага решения и обеспечивает, среди прочего, получение линий уровня, листинг результатов и оценку погрешности. Динамический постпроцессор используется для просмотра и анализа результатов расчета в указанных точках модели на нескольких последовательных шагах решения.

Учебная версия пакета ANSYS была установлена в компьютерном классе вычислительного центра Пермского госуниверситета в 2000 году. Ниже приведена программа базовой части учебного курса «Программный комплекс ANSYS», читаемого на старших курсах механико-математического факультета Пермского госуниверситета. Программа рассчитана на 36 часов (18 часов – лекции, 18 часов – практические занятия).

ПРОГРАММА УЧЕБНОГО КУРСА
«ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ANSYS»
(БАЗОВАЯ ЧАСТЬ)

1. Назначение и состав пакета. Общая характеристика метода конечных элементов. Режимы работы системы: интерактивный и пакетный (лекции – 2 часа, практика – 2 часа).

2. Основные этапы расчета в среде ANSYS на примере простейших механических систем (лекции – 2 часа, практика – 2 часа).

3. Типы конечных элементов. Ключевые опции и константы конечных элементов. Задание свойств материала (лекции – 2 часа, практика – 2 часа).

4. Прямая генерация конечно-элементной модели. Команды создания узлов и элементов (лекции – 2 часа, практика – 2 часа).

5. Типы анализа. Нагрузки, прикладываемые к узлам и элементам (лекции – 2 часа, практика – 2 часа).

6. Постпроцессорная обработка результатов. Основные и производные результаты расчетов. Табличное и графическое представление результатов расчета (лекции – 2 часа, практика – 2 часа).

7. Геометрическое моделирование. Способы создания геометрических моделей. Команды создания ключевых точек, линий, поверхностей и объемных тел. Использование примитивов. Операции над геометрическими моделями (лекции – 2 часа, практика – 2 часа).

8. Разбивка геометрической модели на конечные элементы. Управление параметрами конечно-элементной сетки (лекции – 2 часа, практика – 2 часа).

9. Приложение нагрузок к геометрической модели (лекции – 2 часа, практика – 2 часа).

На практических занятиях студентам предлагается выполнить от двух до пяти заданий различного уровня сложности. При этом некоторые из заданий (обычно, первые две задачи) выполняются дважды: сначала в режиме ввода команд в окно INPUT, а затем путем выбора соответствующих пунктов меню. В качестве примера приведем задания, предлагаемые по теме «Постпроцессорная обработка».

Задание 1. Тонкая прямоугольная пластинка толщиной T , длиной L и высотой H находится под действием равномерно распределенной поверхностной нагрузки p . Левая кромка пластинки полностью закреплена от перемещений (рис. 1).

Тонкая пластинка под действием равномерно распределенной нагрузки (верхний узел левой кромки закреплён относительно перемещений UX , нижний – UX и UY).

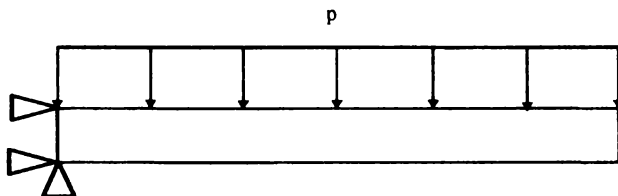


Рис. 1.

Требуется:

- нарисовать тело в деформированном состоянии (с сохранением контуров тела в исходном состоянии);
- построить контурный график распределения эквивалентных (по мизесу) напряжений;
- построить контурный график распределения эквивалентных (по мизесу) деформаций;
- построить контурный график распределения перемещений u_x ;
- построить векторный график распределения перемещений по длине пластины.
- вывести в текстовом виде значения эквивалентных (по мизесу) напряжений для всех элементов;
- вывести в текстовом виде значения главных компонент тензора деформаций для всех элементов;
- вывести в текстовом виде значения перемещений u_x в узлах конечно-элементной модели;
- вывести в текстовом виде значения эквивалентных напряжений в узлах конечно-элементной модели;
- вывести в текстовом виде значения главных компонент тензора деформаций в узлах конечно-элементной модели.

При построении конечно-элементной модели воспользоваться четырехугольным элементом PLANE82. Количество элементов вдоль большей стороны принять равным 10, вдоль меньшей – 1. Исходные данные: толщина пластинки $T=0.01$ м, длина пластинки $L=1$ м, высота $H=0.1$ м, модуль упругости $E=2 \cdot 10^{11}$ Па, коэффициент Пуассона $\nu=0.3$; нагрузка $p=10^4$ н/м².

Задание 2. Рассматривается система, состоящая из пружины с жесткостью k и сосредоточенной массы m (рис. 2). Система находится под действием нагрузки $F=F(t)$, меняющейся по линейному закону от 0 до F_0 за период времени T (F_0 – значение нагрузки в момент времени $t = T$). Перемещение и скорость в начальный момент времени равны

нулю. Требуется определить перемещения груза m в зависимости от времени t . Исходные данные: масса $m = 5$ кг; жесткость пружины $k = 80$ н/м; нагрузка $F_0 = 40$ н; длина пружины $L = 1$ м; время достижения конечного значения нагрузки $T = 1$ с.

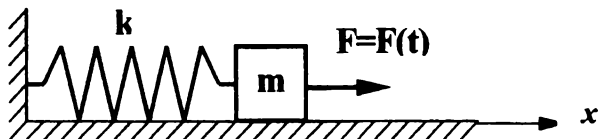


Рис. 2. Система масса–пружина под действием динамической нагрузки

Содержание специальной части курса зависит от области расчета. В качестве примера приведем программу специальной части учебного курса, ориентированного на решение задач прикладной теории упругости. Программа рассчитана на 32 часа (16 часов – лекции, 16 часов – практические занятия).

ПРОГРАММА УЧЕБНОГО КУРСА «ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ANSYS» (СПЕЦИАЛЬНАЯ ЧАСТЬ)

1. Стержневые и балочные конечные элементы. Расчет ферм и рам (лекции – 4 часа, практика – 4 часа).
2. Конечные элементы, используемые для расчета мембран и пластин (лекции – 4 часа, практика – 4 часа)
3. Расчет оболочек в среде ANSYS. (лекции – 4 часа, практика – 4 часа).
4. Параметрический анализ конструкций (лекции – 4 часа, практика – 4 часа).

В заключение отметим, что на кафедре механики сплошных сред и вычислительных технологий Пермского госуниверситета накоплен значительный опыт использования пакета ANSYS в учебном процессе. По всем основным разделам пакета имеются лабораторные работы и методические указания. Пакет ANSYS также активно используется студентами старших курсов механико-математического факультета при выполнении курсовых и дипломных работ.