

Создание учебного практикума на базе конечно-элементного пакета ANSYS

О.А. Лонцаков, Ф.М. Гумеров

Казанский государственный технологический университет

E-mail: gum@kstu.ru

Abstract

Use of a software product ANSYS is considered at carrying out of a practical work on the thermal analysis with the students of technical and technological specialties. It is shown, that the performance of operations of a practical work harmoniously supplements lecture and laboratory courses, promoting more to their severe understanding by the students.

1. Введение

При создании новых учебных курсов и модернизации уже существующих, в частности для дисциплин технического и технологического профиля, возникает потребность в обеспечении соответствующего лабораторного практикума. Однако это бывает не всегда выполнимо ввиду большого количества необходимых лабораторных работ, времени выполнения работы, а также с финансовой точки зрения. В то же время некоторые требуемые эксперименты просто невозможно выполнить в условиях студенческой лабораторной работы, так как исследуемый процесс может, например, протекать много часов или иметь параметры, которые трудно реализовать в эксперименте.

В такой ситуации очень удобно выполнять лабораторные работы на компьютере с использованием соответствующих авторских разработок. Для дисциплин технического профиля наиболее приемлемым представляется использование в качестве инструмента инженерного анализа универсального конечно-элементного пакета ANSYS, который находит все большее применение как в российских так и в зарубежных учебных заведениях.

2. Основное назначение ANSYS

ANSYS - (ANSYS, Inc., <http://www.ansys.com>) - универсальный тяжелый конечно-элементный пакет, на протяжении 30 лет являющийся одним из мировых лидеров в своей области. Данное программное

обеспечение, которое используется большинством ведущих мировых корпораций специализирующихся во всех областях техники, позволяет решать следующие задачи [1, 2]:

1. Построение модели конструкции (геометрия, реологические свойства, краевые условия) или импорт их из CAD* систем;
2. Изучение реакции конструкции на различные физические воздействия, такие, как воздействие различных нагрузок, температурных и электромагнитных полей, решение задач механики жидкости и газа;
3. Оптимизация геометрии конструкции.

Многоцелевая направленность программы (т. е. реализация в ней средств для расчета отклика системы на воздействия различной физической природы) позволяет использовать одну и ту же модель для решения таких связанных задач, как прочность при тепловом нагружении, влияние магнитных полей на прочность конструкции, теплоперенос в электромагнитном поле, взаимодействие потока с конструкцией и др. Это обеспечивает всем пользователям программы удобные возможности для решения широкого круга инженерных задач.

Программа предлагает широкий перечень расчетных средств, которые учитывают разнообразные конструктивные нелинейности; дают возможность решить самый общий случай контактной задачи для поверхностей; допускают наличие больших (конечных) деформаций и углов поворота; позволяют выполнить интерактивную оптимизацию и анализ влияния электромагнитных полей, получить решение стационарных и нестационарных задач теплофизики с учетом фазового перехода (конвекция, радиация, теплопроводность), гидрогазодинамики и многое другое - включая параметрическое моделирование, адаптивную перестройку сетки и т. д.

Несмотря на то, что программа ANSYS располагает богатыми и сложными возможностями, ее организационная структура и «дружественный»

* CAD (Computer Aided Design) системы – программное обеспечение, позволяющее получить геометрическую модель, а также оформить чертежи конструкции.

графический интерфейс пользователя (GUI) делают изучение и применение программы очень удобным. Используется отвечающий современным требованиям интерфейс, созданный на основе Motif Standard.

С помощью этого интерфейса обеспечивается интерактивный доступ к функциям, командам, документации и справочным материалам программы, создан своего рода путеводитель, обучающий пользованию программой шаг за шагом при проведении анализа.

Средства твердотельного моделирования включают в себя представление геометрии, основанное на использовании сплайновой технологии, геометрических примитивов и булевых операций (выполняемых встроенным в программу ANSYS модулем).

ANSYS имеет средства связи со всеми CAD-системами с помощью импорта файлов как их собственных форматов, так и стандартных графических форматов и имеет возможность проведения графических преобразований модели параллельно с другими операциями, включая средства анимации.

3. Основы теплофизического анализа в ANSYS

В современных энергетических устройствах и технологической аппаратуре, применяющейся в авиации, металлургии, ракетной технике, энергетике, химической и пищевой технологии и других отраслях, все большую (в ряде случаев определяющую) роль играют нестационарные процессы. Знание механизма протекания этих процессов и умение, в частности, надежно рассчитывать теплообмен и гидравлические потери в них необходимо как для проектирования энергетических устройств и технологической аппаратуры, так и для разработки надежной системы автоматического управления. Поэтому исследование нестационарного теплообмена, в частности, при течении одно- и двухфазных теплоносителей в каналах и разработка методики их расчета представляют чрезвычайно актуальную для инженерной практики задачу [3].

На кафедре «Теоретические основы теплотехники» Казанского государственного технологического университета, в рамках дисциплины «Теплообмен», разработан цикл работ на базе пакета ANSYS, позволяющий проводить со студентами технических и технологических специальностей практикум по теплофизическому анализу. Время выполнения студентами каждой из этих работ составляет от 60 до 90 минут.

В общем случае цель расчетов данного практикума – определение нестационарных полей температур и скоростей в потоке теплоносителей и полей температур и термических напряжений в материале конструкции, окружающей поток (рис. 1). Эти поля могут быть определены из решения так называемых сопряженных задач, когда математическая модель для описания теплообмена и гидродинамики в теплоносителе дополняется уравнением энергии для материала конструкции и условиями сопряжения на границе между теплоносителем и стенкой, а граничные условия задаются на внешней границе стенок каналов.

Решение указанных выше инженерных задач требует больших и сложных расчетов. Поэтому раньше при проведении практикума приходилось ограничиваться, как правило, решением одномерной задачи нестационарного теплообмена. Использование мощного встроенного решающего модуля пакета ANSYS позволяет легко обойти указанные трудности и существенно расширить круг решаемых задач до двух- и трехмерных моделей.

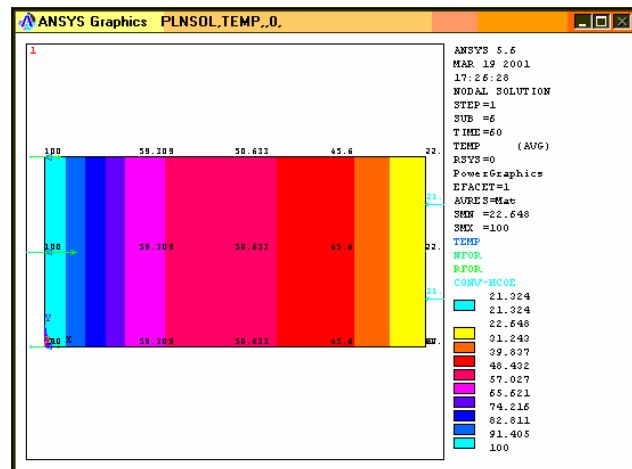


Рис.1. Поле температур в пластине. Пример решения двумерной нестационарной задачи в пакете ANSYS при табличном задании переменных во времени граничных условий.

В процессе выполнения заданий на компьютере студенты получают основные навыки работы в интерактивном режиме в системе ANSYS, которая на сегодняшний день является одной из самых распространенных в мире. Поэтапное выполнение специально разработанных для данного практикума программ позволяет студентам глубже понимать физическую сущность исследуемых процессов и явлений. Этому в немалой степени способствует помимо мощных вычислительных, также и богатые графические возможности пакета ANSYS. Выполняя теплофизический анализ на модели объекта, студенты

имеют возможность легко и быстро изменять интересующие величины, наблюдая на мониторе их влияние на конечный результат, который наглядно отображается в виде двух- или трехмерной модели (рис.2, рис.3 и рис.4).

Помимо определения нестационарных полей температур и скоростей, важным и интересным, в рамках изучаемой дисциплины, представляется возможность наблюдения и анализа пограничных слоев (теплового и гидродинамического), возникающих вблизи стенок объекта. Здесь нужно отметить, что студенты выполняющие аналогичные работы на классической лабораторной установке лишены такой возможности.

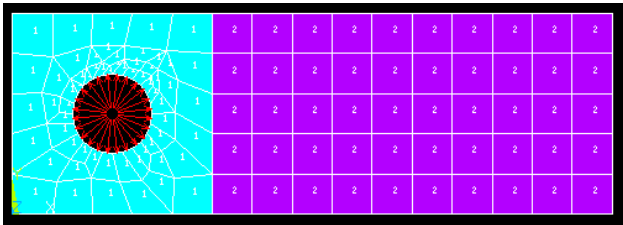


Рис.2. Построение конечно-разностной сетки для модели исследуемого явления.

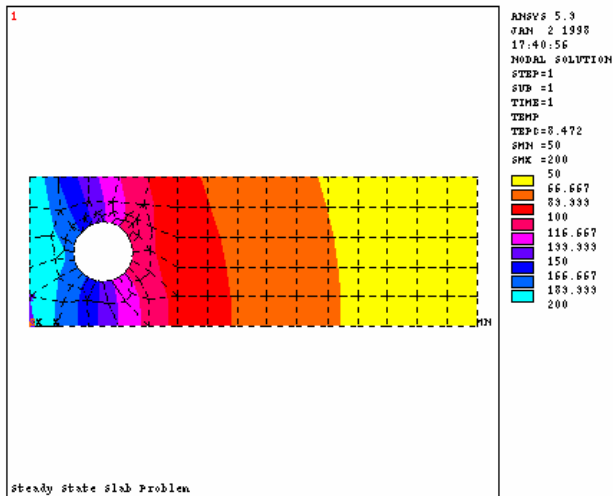


Рис.3. Температурное поле в теле состоящим из двух частей, имеющих различные коэффициенты теплопроводности и с отверстием в одной из частей.

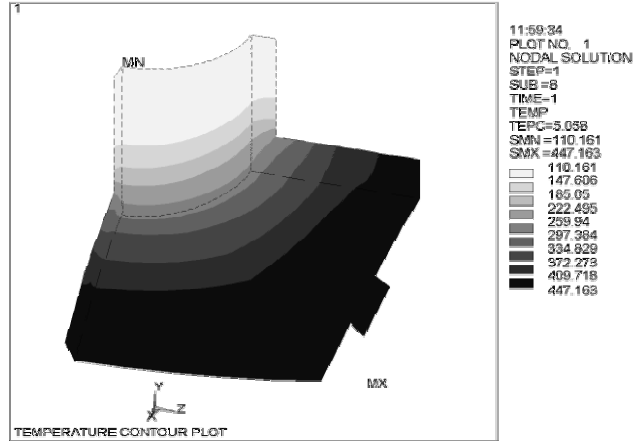


Рис.4. Распределение температур в исследуемом фрагменте тела. Пример решения трехмерной нестационарной задачи.

Круг решаемых задач данного практикума может быть легко расширен или изменен по усмотрению преподавателя, органично дополняя уже существующие работы.

В настоящее время для решения специальных задач используется ряд программных продуктов аналогичных пакету ANSYS. Например, для решения задач гидро- и газодинамики широко применяется пакет STAR-CD, для конструкторского анализа – пакеты LS-DYNA, ADAMS и другие.

Использование указанных программных продуктов в учебном процессе при изучении соответствующих дисциплин является, на наш взгляд, весьма перспективным и здесь также имеется большой нераскрытый потенциал.

4. Заключение

1. Выполнение работ практикума с использованием пакета ANSYS гармонично дополняет лекционный курс, читаемый по соответствующим дисциплинам, способствуя и облегчая его более глубокое понимание студентами;
2. Многие вопросы, которые остаются нераскрытыми при выполнении студентами классических лабораторных работ на лабораторных стендах, в силу тех или иных технических или технологических ограничений, находят свое воплощение при выполнении указанных работ практикума;
3. Применение пакета ANSYS позволяет использовать в учебном процессе принципиально новый класс решаемых задач и поднять на новый качественный уровень технологию обучения студентов;

4. Использование студентами в качестве инструмента инженерного анализа универсального конечно-элементного пакета ANSYS помогает формированию у них современного подхода при решении возникающих технических задач и окажется весьма полезным при изучении других технических дисциплин, а также в будущей инженерной практике.

5. Литература

[1] Электронная версия руководства к ANSYS: ANSYS - Core, 001252 , Fifth Edition, ANSYS Release 5.6, Published November 1999, ANSYS, Inc., ANSYS, Inc. is a UL registered ISO 9001: 1994 Company.

[2] Конюхов А.В. Основы анализа конструкций в ANSYS. Учебное пособие. Казань, Изд-во КГУ, 2001, 100 с.

[3] Кошкин В.К., Калинин Э.К., Дрейцер Г.А. и др. Нестационарный теплообмен. М., Машиностроение, 1973, 328 с.