



**ТОМСКИЙ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

**НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**Институт природных ресурсов
Кафедра теоретической и прикладной механики**

Компьютерные методы анализа и оптимизации конструкций нефтегазового оборудования

Лекция №3 Анализ и оптимизация конструкций нефтегазового оборудования с применением прикладных пакетов программ на основе метода конечных элементов

Составитель: доцент каф. ТПМ ИПР ТПУ, к.т.н., Зиякаев Г.Р.

Томск 2016

План лекции

1. Программный комплекс ANSYS. Интерфейс ПО (10 мин.)
2. Модуль ANSYS Mechanical APDL (15 мин.)
3. Модуль ANSYS Workbench (15 мин.)
4. Особенности оптимизации в ANSYS (15 мин.)
5. Прочностные расчеты в ANSYS. Пример (10 мин.)
6. Усталостные расчеты в ANSYS. Пример (10 мин.)
7. Тепловые расчеты в ANSYS. Пример (15 мин.)

Программный комплекс ANSYS.

Программный комплекс ANSYS, использующий метод конечных элементов является одной из наиболее распространенных CAE-систем (CAE – Computer Aids Engineering). Многоцелевая направленность программы, независимость от аппаратных средств (от персональных компьютеров до рабочих станций и суперкомпьютеров), средства геометрического моделирования на базе B-сплайнов (технология NURBS), полная совместимость с CAD/CAM/CAE системами ведущих производителей и «дружеский» интерфейс привели к тому, что именно ANSYS в настоящее время используется во многих университетах для обучения студентов и выполнения научно-исследовательских работ.

Программный комплекс ANSYS.

В настоящее время программа ANSYS представляет собой многоцелевой пакет проектирования и анализа.

Каждая последующая версия включает новые и расширяет прежние возможности пакета, что делает программу быстродействующей, более гибкой и удобной. Эти ее качества помогают пользователям справиться с непрерывно возрастающими запросами современного промышленного производства.

Особенностью программы является файловая совместимость всех членов семейства ANSYS для всех используемых платформ.

Программный комплекс ANSYS.

ANSYS представляет собой целое семейство прикладных специализированных модулей - удобных, многоцелевых расчетных кодов, призванных удовлетворять потребности пользователя в решении обширного круга инженерных задач.

Программный комплекс ANSYS.

ANSYS/Multiphysics – самый мощный, многоцелевой продукт компании, представляющий собой программное средство анализа для широкого круга инженерных дисциплин, которое позволяет проводить расчетные исследования в таких областях знания, как прочность, распространение тепла, механика жидкостей и газов или электромагнетизм. Эта программа обеспечивает оптимизацию проектных разработок на уровне, позволяющим моделировать инженерные проблемы в наиболее полной постановке.

ANSYS/Mechanical предоставляет широкие возможности для выполнения проектных разработок, анализа и оптимизации: решение сложных задач прочности конструкций, теплопередачи и акустики. Эта программа является мощным инструментом для определения перемещений, напряжений, усилий, температур и давлений, а также других важных параметров.

ANSYS/Structural выполняет сложный прочностной анализ конструкций с учетом разнообразных нелинейностей, среди которых геометрическая и физическая нелинейности, нелинейное поведение конечных элементов и потеря устойчивости. Используется для точного моделирования поведения больших и сложных расчетных моделей.

Программный комплекс ANSYS.

ANSYS/LinearPlus представляет собой более дешевый вариант пакета ANSYS/Mechanical для решения задач линейной статики (с нелинейными элементами зазора и большими прогибами балок и оболочек), динамики и устойчивости.

ANSYS/Thermal – это самодостаточная, отдельная программа, тоже отпочковавшаяся от пакета ANSYS/Mechanical, для решения тепловых стационарных и нестационарных задач.

ANSYS/PrepPost является программой, которая обеспечивает быстрое и удобное построение конечно-элементных моделей.

Интерфейс комплекса ANSYS

Демонстрация особенностей интерфейса
комплекса ANSYS

Модуль ANSYS Mechanical APDL

APDL (ANSYS Parametric Design Language) — язык параметрического программирования ANSYS. Интерпретатор языка APDL полностью интегрирован в ANSYS и может быть использован для автоматизации решения многих задач в программе ANSYS. Например, построения геометрических моделей, отличающихся друг от друга значениями одного или нескольких параметров (переменных). Следует заметить, что команды программы ANSYS могут рассматриваться как составная часть языка APDL. Поэтому APDL является основой для решения большинства общих и частных задач автоматизированного инженерного анализа, например, оптимизационных задач или использований адаптивных сеток.

Модуль ANSYS Mechanical APDL

С помощью APDL можно, например, выполнить следующие действия:

- Задать геометрические размеры, свойства материалов, нагрузки и т. д. в параметрическом виде, в том числе, считать эти данные из файла или ввести в диалоговом режиме.
- Построить модель и произвести расчет.
- Извлечь информацию из базы данных ANSYS, например, координаты узлов или максимальное напряжение и т. п.
- Произвести математическую обработку данных, используя встроенные функции, в том числе, векторные и матричные операции.
- Произвести логическую обработку данных, используя ветвление IF - THEN-ELSE, DO-циклы и т. д.
- Сохранить модифицированные результаты в базе данных или в текстовых файлах.

Средства языка APDL можно использовать в любой момент работы в любом процессоре программы ANSYS.

Модуль ANSYS Mechanical APDL

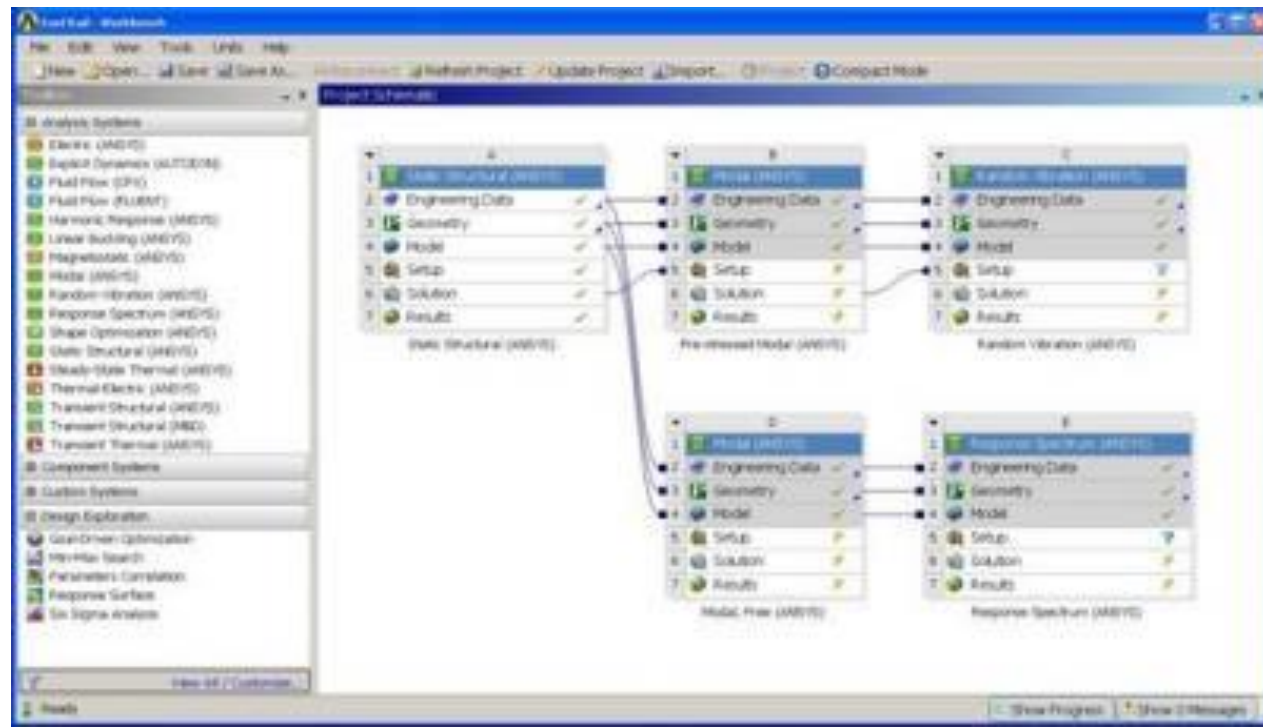
Демонстрация интерфейса и особенностей
работы в модуле ANSYS Mechanical APDL

Модуль ANSYS Workbench

Среда ANSYS Workbench является основным инструментом, на котором базируется концепция «Проектирование изделий на основании результатов инженерных расчетов». Тесная интеграция между компонентами приложений дает беспрецедентную легкость использования при подготовке и проведении расчетов, а также при решении сложных междисциплинарных задач.

Модуль ANSYS Workbench

Схема проекта внутри платформы ANSYS Workbench меняет порядок проведения расчетов. Проекты представляются в виде взаимосвязанных систем в форме блок-схемы. С первого взгляда можно понять инженерный замысел, взаимосвязи между данными и состояние проекта расчета.



Модуль ANSYS Workbench

Демонстрация интерфейса и особенностей
работы в модуле ANSYS Workbench

Особенности оптимизации в ANSYS

В программе ANSYS оптимизация проектных разработок представляет собой компьютерную технологию, состоящую в выборе оптимального проекта из нескольких с помощью конечно-элементного анализа. Разработчик выбирает критерии и ограничения проекта и создает такую же параметрическую модель, как и при параметрическом проектировании. Процедура оптимизации управляет выполнением анализа на основе принятия решения о значениях параметров, используемых при пробных расчетах. Средства

оптимизации программы ANSYS позволяют оптимизировать фактически любой объект проекта: форму силового элемента, значения напряжений, собственных частоты и температур, потенциалы магнитного поля и другие дискретные величины, а не только стоимость проекта или вес конструкции, как в более ограниченном подходе. Технологию оптимизации, реализованную в программе ANSYS, можно использовать при любом виде анализа, и это единственная программа, с помощью которой возможна оптимизация для электромагнитного анализа и связанных физических полей.

Особенности оптимизации в ANSYS

Процесс оптимизации помогает пользователю оценивать и анализировать пространство переменных проекта. Инструменты оптимизации включают следующие программные средства: факторный анализ для отслеживания всех точек экстремума в пространстве переменных; градиентный метод, с помощью которого вычисляются градиенты целевой

функции и переменных состояния; дискретный метод, т.е. оценка влияния какой-либо одной из переменных проекта, меняющейся в некотором диапазоне. Эти средства дают возможность проводить исследование чувствительности проектного решения на основе информации о производных функций - градиентов зависимых переменных. Используются такие параметры проектной разработки, как переменные проекта, переменные состояния и целевая функции.

Особенности оптимизации в ANSYS

Эти параметры определяются следующим образом:

- Переменные проекта представляют собой те входные параметры проекта, значения которых предполагается менять. К ним обычно относятся такие геометрические параметры, как длина, радиус, радиус галтели и толщина, но это также могут быть дескрипторы (описатели) свойств материалов, местоположения нагрузок или сил связей. Пользователь должен указать минимальные и максимальные значения или величины отклонений для каждой переменной проекта.
- Переменные состояния - это характеристики отклика модели, которые используются для оценки проекта на основе установленных пользователем критериев. Типичными переменными состояниями являются напряжения, прогибы, температуры и собственные частоты. Для каждой переменной указываются верхние и/или нижние пределы, которые представляют собой инженерные критерии приемлемости проекта.

Особенности оптимизации в ANSYS

- Целевая функция - единственная переменная, характеризующая проект в целом; представляет собой функцию, минимум которой требуется найти. В качестве целевой функции может быть определена любая величина, которая выражается через параметр программы ANSYS, включая и введенные пользователем формулы. К целевым функциям могут относиться суммарный вес, стоимость, масса материала и любые другие подходящие параметры. Пользователь задает параметризованные исходные данные для начального варианта проекта, переменные проекта, переменные состояния вместе с их предельными значениями и целевую функцию. В процессе оптимизации выбираются новые значения переменных проекта, анализируется новый вариант проекта, оцениваются переменные состояния, а затем результаты используются для повторения всей последовательности действий в попытке минимизировать целевую функцию.

В программе ANSYS используются два метода оптимизации: метод аппроксимации и метод первого порядка.

Примеры практических расчетов в комплексе ANSYS

1. Пример расчета прочности фланцевого соединения НКТ (15 мин.);
2. Пример расчета быстровращающегося вала центробежного насоса на усталостную прочность (15 мин.);
3. Пример теплового стационарного расчета трубчатого теплообменника системы подготовки нефти (15 мин.).

Использованные источники:

1. Морозов Е.М., Муйземнек А.Ю., Щадский А.С. ANSYS в руках инженера: Механика разрушения. Изд. 2-е, испр. М.: ЛЕНАНД, 2010. — 456 с.
2. Жидков А.В. Применение системы ANSYS к решению задач геометрического и конечно-элементного моделирования. Учебно-методический материал по программе повышения квалификации «Информационные системы в математике и механике». Нижний Новгород, 2006, 115 с.
3. <http://cae-expert.ru/product/ansys-workbench>

Спасибо за внимание!

Вопросы?