Басов К. А.

# Графический интерфейс комплекса ANSYS




Москва, 2006

**УДК 004.4**
**ББК 32.973.26-018.2**
Б27

**Басов К. А.**
Б27 Графический интерфейс комплекса ANSYS. – М.: ДМК Пресс, 2006. – 248 с., ил.

**ISBN 5-94074-074-X**

В книге рассмотрен Графический интерфейс пользователя (GUI) комплекса метода конечных элементов (МКЭ) ANSYS. В книгу входят общее описание комплекса, сведения о графическом интерфейсе пользователя и типах применяемых конечных элементов.

Книга предназначена лицам, изучающим комплекс под руководством инструктора (преподавателя).

При написании книги автор опирался на собственный опыт преподавания на кафедре одного из московских технических университетов и учитывал опыт, накопленный учебным центром компании EMT.

Книга может быть использована студентами машиностроительных специальностей высших технических учебных заведений и инженерами-исследователями.

УДК **004.4**
ББК **32.973.26-018.2**

Все права защищены. Любая часть этой книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме и какими бы то ни было средствами без письменного разрешения владельцев авторских прав.

Материал, изложенный в данной книге, многократно проверен. Но, поскольку вероятность технических ошибок все равно существует, издательство не может гарантировать абсолютную точность и правильность приводимых сведений. В связи с этим издательство не несет ответственности за возможные ошибки, связанные с использованием книги.

ISBN 5-94074-074-X

© Басов К. А., 2006
© Оформление ДМК Пресс, 2006

# Содержание

**Введение** ..... 6

**Глава 1. Основные возможности комплекса МКЭ ANSYS** ..... 7

**Глава 2. Файлы комплекса МКЭ ANSYS** ..... 11

**Глава 3. Библиотека конечных элементов** ..... 15

3.1. Элемент сосредоточенной массы ..... 17
3.2. Стержневые элементы ..... 17
3.3. Балочные элементы ..... 18
3.4. Двухмерные элементы плоского деформированного, плоского напряженного и осесимметричного состояния ..... 21
3.5. Объемные элементы ..... 22
3.6. Элементы оболочек ..... 23
3.7. Элементы трубопроводов ..... 25
3.8. Контактные элементы ..... 26

**Глава 4. Графический интерфейс пользователя** ..... 29

**Глава 5. Препроцессор. Указание типов элементов, геометрических характеристик, поперечных сечений элементов и свойств материала** ..... 39

**Глава 6. Препроцессор. Создание геометрической модели снизу вверх** ..... 49

6.1. Создание точек ..... 50
6.2. Создание линий ..... 53
6.3. Создание поверхностей ..... 57
6.4. Создание объемов ..... 58

**Глава 7. Препроцессор. Создание геометрической модели сверху вниз** ..... 61
7.1. Создание поверхностей ..... 62
7.2. Создание объемов ..... 68

**Глава 8. Препроцессор. Создание геометрической модели. Копирование, масштабирование и иные операции создания геометрических объектов** ..... 77
8.1. Операции вытягивания и вращения объектов ..... 78
8.2. Операции масштабирования объектов ..... 82
8.3. Операции вычисления характеристик геометрических объектов ..... 84
8.4. Операции переноса геометрических объектов ..... 85
8.5. Операции копирования объектов ..... 87
8.6. Операции зеркального отражения объектов ..... 88
8.7. Операции проверки геометрических объектов ..... 90
8.8. Операции удаления геометрических объектов ..... 91

**Глава 9. Препроцессор. Создание геометрической модели. Логические (Булевы) операции** ..... 93
9.1. Операции построения пересечения объектов ..... 94
9.2. Операции объединения объектов ..... 95
9.3. Операции вычитания объектов ..... 95
9.4. Операции разделения объектов ..... 97
9.5. Операции создания общих границ у смежных объектов ..... 100
9.6. Операции создания объектов, имеющих общие границы, на основе частично перекрывавшихся объектов ..... 100

**Глава 10. Препроцессор. Импорт геометрических моделей** ..... 103
10.1. Импорт геометрических моделей в формате IGES и их дальнейшее использование ..... 105

10.2. Импорт геометрических моделей в форматах ACIS и Parasolid ..... 110

**Глава 11. Препроцессор. Создание сетки конечных элементов** ..... 113

**Глава 12. Препроцессор. Приложение нагрузок** ..... 129

12.1. Операции приложения, изменения и удаления нагрузок ..... 131
12.1.1. Операции приложения нагрузок ..... 135
12.1.2. Операции удаления нагрузок ..... 144
12.1.3. Операции изменения нагрузок ..... 147
12.2. Операции указания опций шага нагрузки ..... 148

**Глава 13. Использование активного набора** ..... 149

**Глава 14. Системы координат и рабочая плоскость** ..... 159

**Глава 15. Препроцессор. Дополнительные возможности** ..... 171

**Глава 16. Модуль проведения вычислений** ..... 183

**Глава 17. Общий постпроцессор POST1** ..... 203

**Глава 18. Общий постпроцессор POST1. Дополнительные возможности** ..... 215

**Глава 19. Постпроцессор обработки данных по времени POST26** ..... 231

**Глава 20. Операции настройки изображения** ..... 235

**Заключение** ..... 245

**Библиография** ..... 246

# Введение

Сложившаяся к настоящему времени практика обучения использования комплекса ANSYS для расчета задач механики деформируемого твердого тела (МДТТ) включает в себя следующие формы обучения:

- самостоятельное освоение комплекса;
- изучение комплекса при помощи специально приглашенного квалифицированного инструктора;
- изучение комплекса в виде учебного курса, читаемого студентам различных специальностей в ходе учебного процесса на различных кафедрах высших учебных заведений;
- изучение комплекса в учебных центрах, созданных при различных кафедрах высших учебных заведений;
- изучение комплекса в авторизованном учебном центре компании – дистрибьютора комплекса ANSYS.

Последняя форма обучения предполагает использование специальных учебных материалов, созданных компанией-разработчиком комплекса ANSYS, переведенных на русский язык опытными преподавателями.

Обучение в авторизованном учебном центре компании-дистрибьютора также гарантирует получение специального сертификата установленного образца.

На основе своего педагогического опыта автор данной книги может утверждать, что при обучении применению комплекса ANSYS инструктор (преподаватель кафедры) основное внимание обращает на освоение группой слушателей (или студентов) принципов использования комплекса, понимание правильной последовательности действий и созданию адекватных расчетных моделей (сеток конечных элементов). В то же время замечено, что достаточно часто лица, изучающие применение комплекса, неправильно используют имеющиеся средства Графического интерфейса пользователя или недостаточно ориентируются в нем.

Поэтому данная книга адресована прежде всего лицам, изучающим комплекс под руководством инструктора (преподавателя).

Книга написана на основе опыта преподавания на кафедре одного из московских технических университетов и с учетом опыта, накопленного учебным центром компании ЕМТ.

Книга может использоваться в качестве одного из учебных пособий, используемых при чтении учебного курса.

Автор выражает благодарность своим коллегам Г. В. Мельниковой, Б. С. Блинникову, В. В. Голованову, В. К. Куевде, Ю. А. Ножницкому и Б. Ф. Шорру, за помощь при создании данной книги.

Автор выражает благодарность Генеральному директору компании ЕМТ В. Д. Локтеву и менеджеру В. С. Савушкину за предоставленную возможность использования свежей лицензионной версии комплекса ANSYS.

Автор также выражает благодарность д.т.н., профессору А. Н. Петухову и д.т.н., профессору В. Г. Попову за предоставленную возможность проведения учебного курса в том виде, в котором он был задуман автором.

# Глава 1

# Основные возможности комплекса МКЭ ANSYS

Комплекс МКЭ ANSYS предназначен для расчета задач механики деформируемого твердого тела (МДТТ), температурных задач, задач механики жидкости и газа, а также расчета электромагнитных полей. Кроме того, комплекс обладает возможностью расчета связанных задач, в которых результаты расчета для одной среды (например, поля температур) могут быть использованы в качестве исходных нагрузок для расчета других сред (например, для вычисления распределения напряжений в нагретой детали).

Применительно к механике деформируемого твердого тела (МДТТ) комплекс ANSYS позволяет решать следующие задачи:

- линейные и нелинейные статические задачи (нелинейности могут быть геометрические и физические);
- задачи расчета собственных форм и частот колебаний;
- задачи расчета вынужденных колебаний;
- задачи определения собственных форм потери устойчивости;
- задачи исследования динамических переходных процессов (в том числе ударного взаимодействия);
- спектральные задачи.

Кроме того, комплекс ANSYS позволяет проводить оптимизацию конструкций, допускает применение суперэлементов (подконструкций), и имеет целый ряд дополнительных возможностей. К таким возможностям относятся следующие:

- уточненный расчет НДС в локальных зонах;
- построение адаптивных сеток;
- расчет циклически симметричных конструкций;
- расчет задач механики разрушения;
- определение характеристик выносливости;
- применение p-элементов.

Для выполнения различных этапов создания сетки конечных элементов и проведения расчетов комплекс разделен на ряд модулей. Модули имеют свои названия и выполняют следующие функции:

- препроцессор PREP7 – предназначен для создания геометрической и расчетной моделей и приложения нагрузок;
- модуль проведения вычислений SOLUTION – предназначен для указания опций расчета и проведения вычислений;
- постпроцессор POST1 – предназначен для просмотра результатов для определенного шага нагрузки на полной модели;
- постпроцессор POST26 – предназначен для просмотра результатов в определенном узле и (или) элементе для полной последовательности шагов нагрузки;
- модуль импорта геометрической информации AUX15 – предназначен для импорта файлов, содержащих геометрическую информацию, созданных иными комплексами (например, средствами CAD).

Помимо перечисленных, имеются и иные модули, имеющие свое назначение.

Комплекс ANSYS позволяет создавать непосредственно сетку конечных элементов (то есть узлы и элементы), а также геометрическую модель, на основе которой далее создается сетка конечных элементов.

Геометрическая модель или ранее созданная сетка также могут импортироваться в среду комплекса ANSYS из внешних файлов.

В связи с развитием и широким распространением средств CAD импорт ранее созданных файлов представляется наиболее удобным вариантом создания расчетных моделей, который может применяться в инженерной практике.

Общепринятая последовательность расчета конструкции в среде комплекса МКЭ ANSYS сводится к следующим шагам:

- Импорт или создание геометрической модели;
- Выбор применяемых типов конечных элементов, указание данных материалов, размеров и формы поперечных сечений, а также геометрических характеристик (толщины и прочих характерных размеров оболочек и иных элементов);
- Создание сетки конечных элементов;
- Приложение нагрузок (в комплексе ANSYS нагрузки могут прикладываться и к объектам геометрической модели, и к объектам расчетной модели);
- Указание опций проведения расчета и вывода расчетных данных;
- Проведение собственно расчета;
- Ознакомление с результатами.

В последующих главах приведено описание наиболее часто применяемых файлов, конечных элементов и средств Графического интерфейса пользователя комплекса ANSYS, используемых при расчете на прочность машиностроительных конструкций.

Глава 2

# Файлы комплекса МКЭ ANSYS