

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ
ANSYS WORKBENCH
ДЛЯ РАБОТЫ С
ГЕОМЕТРИЧЕСКИМИ
МОДЕЛЯМИ**

Барулина М.А.

УДК 004.92
ББК 32.973.26-018.2
Б26

Барулина М.А.

Использование ANSYS WORKBENCH для работы с геометрическими моделями – М.: Эдитус, 2012. – 316 с.

Рецензенты:

*Доктор технических наук,
заслуженный профессор Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета “ЛЭТИ”*

Д.П. Лукьянов;

*Доктор технических наук, профессор,
Заведующий лабораторией анализа и синтеза возмущенных динамических систем в прецизионной механике*

В.Э. Джашитов

Рекомендуется к изданию

Институтом проблем точной механики и управления РАН

В книге рассматриваются основные возможности платформы ANSYS Workbench 12.1 и 13.0 по работе с геометрическими моделями. Подробно рассмотрены как инструменты создания геометрических элементов, так и инструменты обработки импортированных из других CAD систем геометрических моделей.

Книга предназначена для инженеров-конструкторов и исследователей, занимающихся проектированием и расчетом датчиков, приборов и систем авиакосмического и морского приборостроения. Книга также может быть полезна студентам и преподавателям технических специальностей ВУЗов.

ISBN 978-5-905173-83-7

© Барулина М.А.

Оглавление

ПРЕДИСЛОВИЕ 6

ГЛАВА 1..... 13

ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ ПЛАТФОРМЫ ANSYS WORKBENCH 12

1.1 Описание Workbench 12.....	13
1.2 Интерфейс Workbench 12.....	17
1.3 Рабочая Область Управления Проектом.....	28
1.4 Принципы организации проекта.....	39
1.5 Параметризация проекта. DesignXplorer.....	47
1.6 Основные способы создания геометрической модели ..	62
1.7 Пример: организация проекта расчета НДС датчика, находящегося под действием тепловых возмущений.....	64

ГЛАВА 2..... 69

РЕДАКТОР ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ DESIGNMODELER

2.1 Интерфейс Design Modeler	69
2.2 Представление модели.....	77
2.3 Инструменты выбора элементов модели	86
2.4 Манипулирование отображением модели	94
2.5 Координатные плоскости	101
2.6 Параметры геометрической модели	107

ГЛАВА 3..... 116

ДВУМЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ – 2D SKETCHING

3.1 Создание двумерной схемы.....	116
3.2 Создание элементов схемы. Draw Toolbox	122

3.3 Изменение элементов схемы. Modify Toolbox.....	126
3.4 Задание размеров. Dimensions Toolbox	136
3.5 Наложение связей. Constraints Toolbox	140
3.6 Настройка отображения. Settings Toolbox.....	145
3.7 Пример: Схема чувствительного элемента микромеханического акселерометра	146

ГЛАВА 4.....159

ТРЕХМЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

4.1 Основные понятия и термины	159
4.2 Примитивы	168
4.3 Создание трехмерных объектов на основе двумерных схем	174
4.4 Создание стречней, пространственных кривых и поверхностей.....	188
4.5. Пример: Создание модели подвижного элемента микромеханического акселерометра на основе двумерной схемы	202
4.6. Пример: Использование примитивов для создания модели подвижного элемента микромеханического акселерометра	206
4.7 Пример: Создание тел вращения на примере модели резонатора волнового твердотельного гироскопа	216

ГЛАВА 5.....221

ИЗМЕНЕНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

5.1 Манипулирование трехмерными объектами	221
5.2 Дополнительные инструменты для изменения модели	238
5.3 Анализ элементов модели.....	276

5.4 Инструменты для исправления модели.....282

ПРИЛОЖЕНИЕ А.....294

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕРМОУПРУГОГО НАПРЯЖЕННО-
ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ РЕЗОНАТОРА ВОЛНОВОГО
ТВЕРДОТЕЛЬНОГО ГИРОСКОПА

ЗАКЛЮЧЕНИЕ309

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ312

Предисловие

Широкое распространение современной и мощной вычислительной техники и появление программ и комплексов для автоматизации процесса исследования и проектирования деталей и конструкций существенно повлияло на инженерный процесс. Сложно представить современного инженера или конструктора не использующих в своей работе системы автоматизации проектных работ.

Система автоматизированного проектирования **САПР** представляет собой программный пакет, предназначенный для автоматизированного проектирования, разработки и производства конечного продукта, а также оформления конструкторской и/или технологической документации (**PDM**).

Система автоматизированного проектирования включает в себя следующие технологии (рис. П1):

- ✓ **CAD** (англ. Computer-aided design) — технология автоматизированного проектирования, предназначенная для создания геометрической модели изделия (двумерной или трёхмерной, твердотельной) и генерации на основе этой модели конструкторской документации (чертежей изделия, спецификаций).
- ✓ **CAE** (англ. Computer-aided engineering) — технология автоматизированной разработки, позволяющая проведение инженерных расчётов, анализа и симуляции физических процессов. Расчётная часть пакетов, реализующих эту технологию, чаще всего основана на численных методах решения дифференциальных уравне-

ний, например, на методе конечных элементов, методе конечных объёмов, методе конечных разностей.

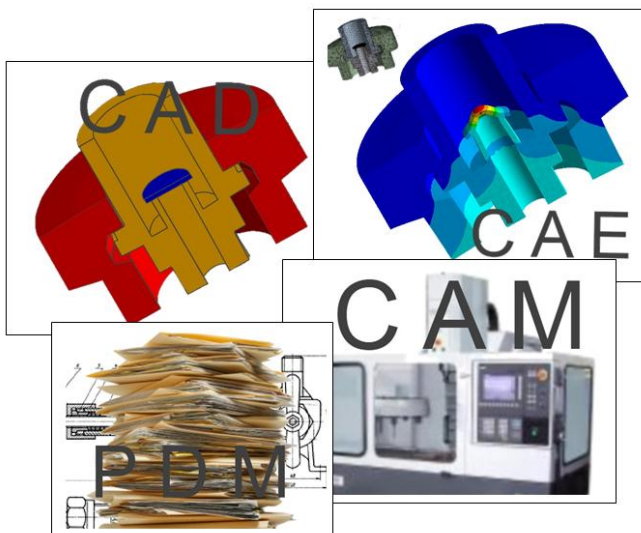


Рис. П1 Составные части САПР

✓ **CAM** (англ. Computer-aided manufacturing) — технология автоматизированного производства - подготовка технологического процесса производства изделий, ориентированная на использование ЭВМ. Под термином понимаются как сам процесс компьютеризированной подготовки производства, так и программно-вычислительные комплексы, используемые инженерами-технологами. Фактически же технологическая подготовка сводится к автоматизации программирования оборудования с ЧПУ (числовым программным управлением). Примером такого оборудования могут служить 2-осевые лазерные станки, 3- и 5-осевые фрезерные станки с ЧПУ, токарные станки, обрабатывающие

центры, автоматы продольного точения и токарно-фрезерной обработки, ювелирной и объёмной гравировки.

✓ **CALS** (англ. Continuous Acquisition and Life cycle Support) – непрерывная информационная поддержка поставок и жизненного цикла, выражающая современный подход к проектированию и производству высокотехнологичной и наукоёмкой продукции. Этот подход заключается в использовании компьютерной техники и современных информационных технологий на всех стадиях жизненного цикла изделия, обеспечивая единообразные способы управления процессами и взаимодействия всех участников этого цикла (заказчиков продукции, поставщиков/производителей продукции, эксплуатационного и ремонтного персонала) в соответствии с требованиями системы международных стандартов.

Применение CALS-технологий позволяет существенно сократить объёмы и стоимость проектных работ, так как описания многих составных частей оборудования, машин и систем, проектировавшихся ранее, хранятся в унифицированных форматах данных сетевых серверов, доступных любому пользователю технологий CALS. Также с помощью CALS облегчается решение проблем ремонтпригодности, интеграции продукции в различного рода системы и среды, адаптации к меняющимся условиям эксплуатации, специализации проектных организаций и т.д.

Одними из самых распространённых в России CAD систем являются **Unigraphics, CATIA, Pro/ENGINEER, SolidEdge, SolidWorks, Autodesk Inventor.**

Примерами CAE систем могут служить **ANSYS, T-FLEX Анализ, APM WinMachine, APM Civil Engineering, MSC.Nastran, SAMCEF, OpenFOAM.**

Комплекс **ANSYS** является одним из наиболее распространённых и мощных CAE систем - комплексов для автоматизированной разработки [1,2]. Лидирующие позиции **ANSYS** обусловлены широкими возможностями комплекса для решения сложных проблем механики деформированного твёрдого тела, задач гидродинамики, теплообмена, электромагнетизма, а так же связанных задач.

В состав комплекса **ANSYS** входят инструменты для предварительной обработки геометрической модели (геометрический препроцессор) и генерации конечно-элементной сетки, модули для выполнения прочностных расчетов, анализа температурного состояния, низкочастотного электромагнитного анализа и для решения задач гидродинамики, различные средства обработки и вывода результатов моделирования. Вместе с тем, добиться интеграции на уровне графического интерфейса **ANSYS** с модулями сторонних разработчиков весьма сложно. Именно для осуществления подобной интеграции и была разработана платформа **Workbench** [13].

ANSYS Workbench - единственная в своем роде среда разработки новых CAD/CAE/PDM-модулей и платформа для интеграции уже существующих.

С появлением **Workbench** в составе **ANSYS** все этапы исследования, начиная от задания технико-физических характеристик материалов до конечно-элементного моделирования можно провести в рамках одной платформы - все модули, которые используются в рамках проекта **Workbench**, тесно взаимодействуют друг с другом (рис. П2)[13,17-20].

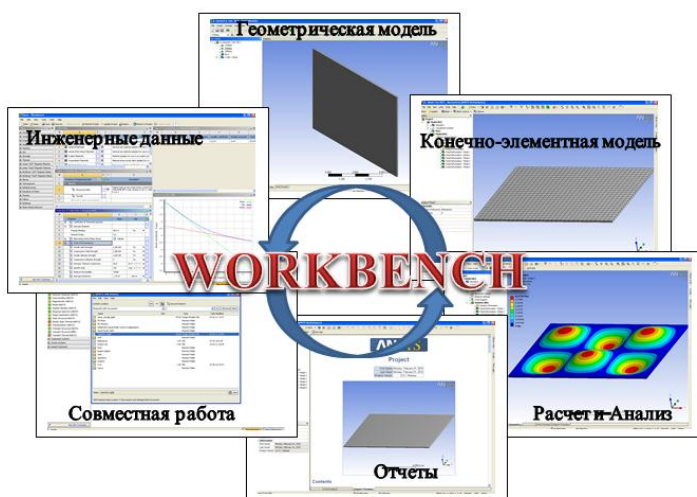


Рис. П2 Взаимодействие различных модулей в рамках платформы **Workbench**

Также на платформе **ANSYS Workbench** реализован интерфейс взаимодействия с **PDM**-системой **Teamcenter** компании **Siemens**, что позволяет включить проект **Workbench** в систему поддержки жизненного цикла изделий.

Workbench позволил создать дружественный пользователю интерфейс для подготовки геометрической модели, наложения конечно-элементной сетки, определения нагру-

зок и закреплений, запуск решателя и последующий анализ результатов.

К сожалению, в настоящее время наблюдается недостаток специальной литературы, несмотря на распространённость САПР систем и необходимости подготовки специалистов, владеющих технологиями проектирования, разработки и производства конечного продукта, а также оформления конструкторской и/или технологической документации.

В настоящей книге была сделана попытка хоть отчасти восполнить этот недостаток.

В книге рассматриваются основные принципы организации проекта в **Workbench**, построение и модификация модели в CAD-редакторе **DesignModeler**, и взаимодействие **Workbench** и **DesignModeler**.

Книга состоит из пяти глав. В первой главе описываются основные принципы организации проекта и взаимодействия между его этапами. Так же дается понятие об использовании параметров для проведения инженерного анализа модели

Вторая глава посвящена интерфейсу **DesignModeler** и принципам представления геометрической модели.

В третьей и четвертой главе рассказывается об основных инструментах для создания двумерных и трехмерных объектов, а так же их изменения.

В пятой, заключительной главе, дается обзор инструментов для анализа и исправления модели, а так же допол-

нительных инструментов для манипулирования элементами модели.

В книге много иллюстраций, демонстрирующих результат применения описываемых инструментов.

Для воспроизведения приведенных примеров, необходим комплекс **ANSYS** версии 12.1 или 13.0.