

# ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ

## ЛЕКЦИЯ 2

### РАБОТА САД-СИСТЕМ. ПРИМЕР SW

Кузнецова Лариса Викторовна

к.т.н., доцент, [larisakuz@bk.ru](mailto:larisakuz@bk.ru)

Кафедра «Управление и информатика в  
технических системах»

СТАНКИН

# ПОНЯТИЕ МОДЕЛЕЙ

Под моделью понимается некоторое приближение, описывающее с той или иной точностью реальные свойства заданного объекта или процесса. Например, модели технических объектов, к которым следует отнести разнообразные механизмы, приборы и системы, их узлы и детали. Под 3D моделью объекта понимают его пространственную (трехмерную) компьютерную геометрическую модель, которая может включать в себя также набор атрибутов, описывающих объект.

Модели технологических и производственных процессов будут в основном рассматриваться как процессы смены состояний объектов – например, изменение состояния операционной заготовки при ее обработке, или изменение состояния изделия при сборке.

Модели могут быть классифицированы по двум критериям:

1. Принадлежность модели к классу физических или аналитических. Физические модели изготавливаются из реальных материалов, тогда как аналитические представляют собой расчетные или геометрические компьютерные модели.

2. Класс локальных или полных моделей. Полная модель отражает большинство свойств объекта или процесса, тогда как локальная обеспечивает моделирование одного или малого числа свойств. Например, полная физическая модель (прототип) изделия может быть передана потребителям в целях тестирования основных проектных решений (концепции изделия), тогда как локальные модели используются для анализа и отработки отдельных проектных решений.

# РОЛЬ 3D МОДЕЛЕЙ НА ЭТАПАХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ИЗДЕЛИЙ

3D модели могут создаваться на различных этапах жизненного цикла изделия (ЖЦИ), упрощенная схема которого включает в себя следующие этапы: Маркетинг; Проектирование; Технологическая подготовка производства; Производство; Реализация; Эксплуатация; Ремонт и обслуживание; Утилизация. Исключая маркетинг, рассмотрим роль 3D моделей, начиная с этапа проектирования.

1. Проектирование. Этот этап обычно разделяют на концептуальное проектирование и рабочее (детальное) проектирование. При концептуальном проектировании формируются и уточняются технические требования к изделию, выбираются принципиальные решения, обеспечивающие требуемую функциональность. При рабочем проектировании выбранные концептуальные решения конкретизируются, определяются состав узлов и деталей, точные геометрические размеры изделия, а также используемые материалы, формируется конструкторская документация.

На этапе концептуального проектирования 3D модели используются для представления концептуальных решений (например, принципа функционирования механического устройства), их анализа и последующего отбора. На этапе рабочего проектирования 3D модели служат основной формой представления геометрической информации об изделии, позволяют проводить компьютерные инженерные расчеты на прочность, долговечность и др., анализировать собираемость деталей и узлов, получать чертежно-конструкторскую документацию.

# РОЛЬ 3D МОДЕЛЕЙ НА ЭТАПАХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ИЗДЕЛИЙ (2)

Преимущества 3D моделирования для конструктора:

1. Мысленные “образы чертежей” заменяются “образами моделей”, что закрепощает пространственное мышление и способствует более быстрому принятию решений.
2. Свобода в создании сложных геометрических форм и понимание того, что эти формы могут быть легко реализованы “в металле” с помощью интегрированных технологий.
3. Используя при проектировании созданную ранее модель похожего изделия (изделия-аналога), конструктор может иногда в десятки раз сократить общее время работы над проектом. Этот фактор способствует упорядочению информации о выполненных разработках, приводит к большей систематизации мышления.
4. При 3D проектировании резко уменьшается число ошибок в проекте

Локальные или полные 3D модели используются как при концептуальном, так и при рабочем проектировании для компьютерного инженерного анализа принимаемых конструкторских решений. При необходимости для анализа конструкторских решений на основании 3D модели может быть создан физический прототип с помощью методов быстрого прототипирования. Существует целый спектр таких методов, реализуемых в установках быстрого прототипирования, например, 3D принтерах.

# РОЛЬ 3D МОДЕЛЕЙ НА ЭТАПАХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ИЗДЕЛИЙ (3)

**2. Технологическая подготовка производства (ТПП).** Раньше исходной информацией для этапа ТПП служила чертежно-конструкторская документация. Теперь 3D модели рассматриваются как составная часть конструкторской документации на изделие. При этом появляется возможность непосредственного использования геометрии 3D моделей в задачах ТПП. К таким задачам можно отнести:

- Проектирование сложной формообразующей оснастки и инструмента – пресс-форм, штампов и электродов;
- Моделирование процессов формообразования (литья, штамповки,ковки и др.) с целью выявления возможных дефектов и их последующего устранения, а также с целью экономии материала;
- Формирование управляющих программ обработки деталей сложных форм на станках с ЧПУ;
- Построение операционных эскизов при разработке технологических процессов.

Роль 3D моделей в ТПП не ограничивается использованием модели изделия и его компонентов. Для изготовления сложных приборов и систем необходимо спроектировать и изготовить большое число приспособлений, пресс-форм, штампов, различные виды специального инструмента, а также нестандартное оборудование. При этом роль 3D моделей сходна с их ролью на этапе проектирования основного изделия.

Еще один аспект использования 3D моделей в сфере ТПП – это создание 3D моделей сложного технологического оборудования с целью виртуального моделирования процесса обработки. Такое моделирование позволяет выявить и устранить возможные коллизии (столкновения) в системе «станок – приспособление – инструмент – деталь».

# РОЛЬ 3D МОДЕЛЕЙ НА ЭТАПАХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ИЗДЕЛИЙ (4)

**3. Производство.** Здесь моделирование используется для анализа и оптимизации производственных процессов. Например, в роботизированной линии по сборке сложного изделия необходим не только контроль столкновений (кинематический анализ), но и временная синхронизация действий отдельных роботов и людей. Создав 3D модели технологического оборудования и используя систему виртуального моделирования производственных процессов, можно решать указанные выше задачи.

Так, в системе DELMIA содержится набор инструментов для цифрового описания, прогнозирования и моделирования производственных процессов изготовления изделий и необходимых для этого ресурсов. Предприятие получает возможность моделировать процессы изготовления изделия параллельно с его проектированием, оперативно учитывая возникающие конструктивные изменения, множественность версий и исполнений изделия, ограничения, налагаемые оборудованием и человеческим фактором. Это позволяет существенно сокращать сроки разработки и запуска в производства новых изделий, повышать их качество и технологичность.

**4. Реализация.** Здесь 3D модели могут использоваться для создания слайдов и анимационных фильмов, выгодно представляющих созданное изделие и поясняющих принципы его работы. Эти слайды и фильмы могут использоваться в коммерческих предложениях или для рекламных целей.

**5. Эксплуатация.** 3D модели могут, как и для этапа реализации, использоваться для создания слайдов и анимационных фильмов, которые, в свою очередь, используются в качестве элементов или составных частей эксплуатационной документации.

# РОЛЬ 3D МОДЕЛЕЙ НА ЭТАПАХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ИЗДЕЛИЙ (5)

**6. Ремонт и обслуживание.** Здесь 3D модели могут использоваться для создания так называемых интерактивных электронных технических руководств (ИЭТР), которые детально поясняют процессы ремонта и обслуживания изделия. ИЭТР наиболее востребованы применительно к сложным видам промышленной продукции. Невозможно представить себе ремонт и обслуживание самолета или корабля без технической документации. ИЭТР предназначены для решения следующих задач:

- обеспечение пользователя справочными материалами об устройстве и принципах работы изделия;
- обеспечение пользователя справочными материалами, необходимыми для эксплуатации изделия, выполнения регламентных работ и ремонта изделия;
- обеспечение пользователя информацией о технологии выполнения операций с изделием, о потребности в необходимых инструментах и материалах, о количестве и квалификации персонала;
- подготовка и реализация автоматизированного заказа материалов и запасных частей;
- планирование и учет проведения регламентных работ;
- обмен данными между потребителем и поставщиком.

В качестве приложений к ИЭТР разрабатываются вопросы организации эксплуатации сложных технических объектов штатным обслуживающим персоналом, иллюстрируются алгоритмы действий конкретных операторов (в том числе при аварийных ситуациях и при ликвидации аварий).

**7. Утилизация.** Когда срок службы сложного изделия окончен, наступает этап утилизации. Это регламентированный процесс, который может быть обеспечен инструктивными материалами в форме ИЭТР, разработанными на основе 3D моделей.

Роль 3D моделей наиболее велика на этапах проектирования и технологической подготовки производства изделий, которые можно объединить в этап конструкторско-технологической подготовки производства (КТПП).

# СПОСОБЫ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ МОДЕЛЕЙ.

Твердотельное моделирование. Твердотельная модель представляет собой целостный объект, занимающий замкнутую часть пространства. Всегда можно точно сказать, находится ли точка внутри твердого тела, или вне тела.

При изменении в модели любого элемента будут изменяться все другие элементы, которые связаны с ним. В результате изменится форма твердого тела, но сохранится его целостность.

Элементами, из которых строится твердое тело, могут быть: элементы вытягивания (полученные вытягиванием плоского контура перпендикулярно его плоскости); элементы вращения (полученные вращением плоского контура вокруг заданной оси); фаски; скругления; оболочки; ребра жесткости и др.

Твердотельный объект строится путем последовательного “добавления” или “вычитания” элементов. Если при построениях доступны одновременно несколько твердотельных объектов, то над любыми двумя твердотельными объектами, пересекающимися в пространстве, можно выполнять булевы операции объединения, вычитания и пересечения.

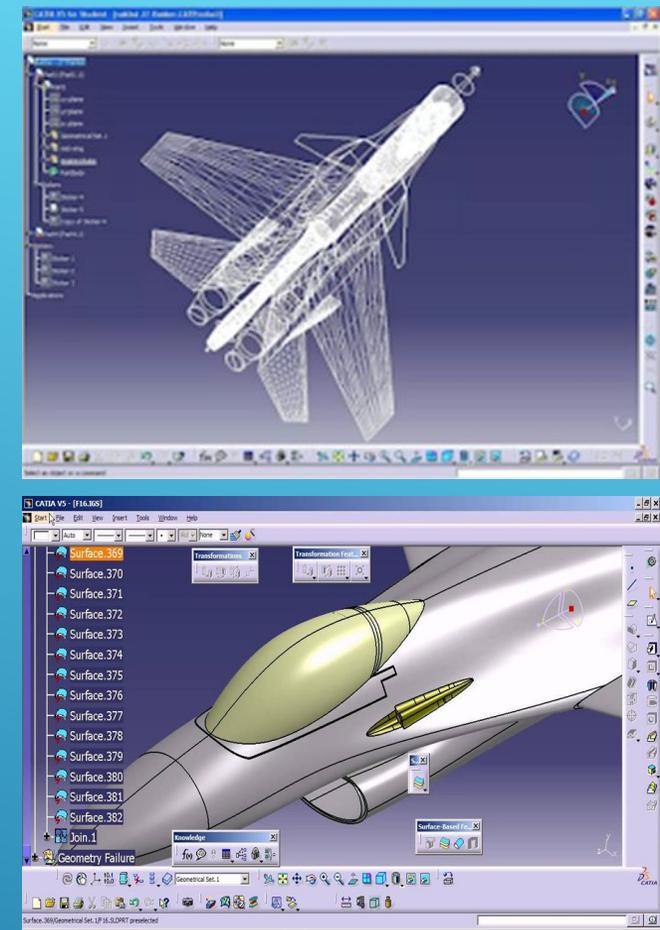
Твердотельное моделирование дает возможность установки параметрических зависимостей между элементами твердого тела или нескольких тел. При этом изменение одного из параметров приводит к соответствующей перестройке всех параметрически связанных элементов. Такое моделирование, называемое параметрическим, дает конструктору дополнительные удобства. Так, можно установить параметрические зависимости между элементами твердотельной сборки и, тем самым, автоматизировать контроль собираемости изделия.



# СПОСОБЫ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ МОДЕЛЕЙ (2)

При поверхностном моделировании сначала строится каркас — пространственная конструкция, состоящая из отрезков прямых, дуг окружностей и сплайнов. Каркас играет вспомогательную роль и служит основой для последующего построения поверхностей, которые “натягиваются” на элементы каркаса. В зависимости от способа построения, различают следующие виды поверхностей: линейчатые; вращения; кинематические; галтельного сопряжения; проходящие через продольные и поперечные сечения; поверхности для “затягивания окон” между тремя и более смежными поверхностями; NURBS-поверхности, определяемые заданием контрольных точек; планарные поверхности. Хотя поверхности и определяют границы тела, но самого понятия “тело” в режиме поверхностного моделирования не существует. Это наиболее важное отличие поверхностного моделирования от твердотельного. Для перехода в твердое тело поверхностной модели придают толщину.

При гибридном моделировании обеспечивается возможность одновременной работы с твердотельными объектами и с поверхностями. При этом можно “отрезать” поверхность частью твердого тела, превращать замкнутый поверхностями объем в твердое тело и т. п. Гибридное моделирование позволяет сочетать все удобства твердотельного моделирования с возможностью построения объектов сколь угодно сложной геометрической формы



# ФОРМАТЫ ДАННЫХ В САПР

Созданные модели могут передаваться из одной CAD/CAM-системы в другую через специальные интерфейсы – согласованные форматы данных для обмена информацией. Существует ряд стандартных интерфейсов. Они имеют формат символьных (ASCII) файлов, где описание геометрических и других характеристик модели выполняется в соответствии с принятым стандартом. На практике каждый формат имеет свои приоритетные области применения. Так, стандартный формат DXF используется в основном для передачи чертежно-графической информации; формат IGES – для передачи геометрии поверхностных моделей; формат STL – для передачи модели, аппроксимированной плоскими элементами, из CAD-системы в автономную CAM-систему, систему инженерного анализа (CAE-систему) или в установку для быстрого прототипирования изделий. В формате STEP наряду с описанием геометрии модели, предусматривается описание других характеристик изделия. Существуют различные протоколы стандарта STEP, определяющие полноту состава передаваемой информации об изделии.

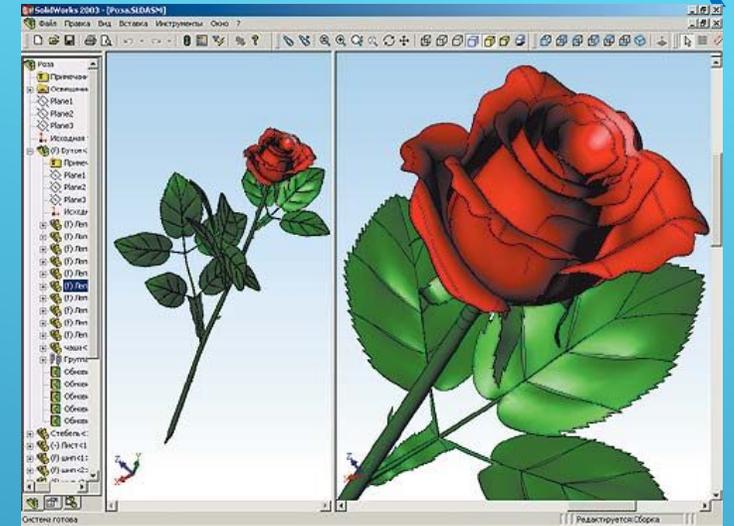
В ряде случаев CAD/CAM-системы могут “понимать” внутренние форматы друг друга, используемые для представления моделей. В этом случае говорят о наличии прямых интерфейсов между системами.

# ВОЗМОЖНОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ В SOLIDWORKS STANDARD (1)

## Гибридное параметрическое моделирование:

Работая в SolidWorks, дизайнер может пользоваться инструментами твердотельного моделирования, моделирования поверхностей, каркасного моделирования и их комбинаций без ограничения степени сложности. Возможно использование вспомогательной геометрии, а также импортированной геометрии, редактирование на основе параметров и истории построения модели, "прямое" редактирование.

SolidWorks позволяет использовать растровые изображения в качестве фона графического окна либо в двумерных эскизах, произвольно сориентированных в пространстве. Поддерживаются форматы \*.bmp, \*.gif, \*.jpg, \*.tif, \*.wmf



Модель розы выполнена моделированием поверхностей



Модель выполнена с использованием поверхностей и твердых тел

# ВОЗМОЖНОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ В SOLIDWORKS STANDARD (2)

## Проектирование изделий с учетом специфики изготовления:

- ▶ Детали из пластмасс - функций для автоматизации проектирования деталей из пластмасс, учет усадки, построение уклонов.
- ▶ Листовой материал - моделирование "от детали к развертке" и "от развертки к детали", автоматическое построение развертки.
- ▶ Пресс-формы и штампы - построение и анализ уклонов, учет изотропной и анизотропной усадки, припусков, построение линии и поверхности разъема; генерация матрицы и пуансона, знаков, ползунов; построение плит, колонок, толкателей; возможность создания библиотеки типовых элементов пресс-форм и штампов и т.д.
- ▶ Металлоконструкции - проектирование рамных и ферменных конструкций, библиотека профилей по ГОСТ, ISO, ANSI

# ВОЗМОЖНОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ В SOLIDWORKS STANDARD (3)

- Проектирование сборок: Проектирование "снизу вверх" и "сверху вниз". Проектирование от концепции: использование компоновочных эскизов, работа с деталями-представителями, и т.д.
- Контекстное редактирование компонентов сборки: сборочные операции, работа с массивами компонентов. Автоматическое добавление сопряжений. Прямое управление производительностью для работы с большими сборками, технология SpeedPak.
- Библиотека проектирования: Единая библиотека физических свойств материалов, текстур и штриховок. Типовые конструктивные элементы, стандартные детали и узлы, элементы листовых деталей, профили прокатного сортамента, и т.п. Библиотека стандартных отверстий.
- Экспресс-анализ: динамики механизмов, прочности деталей - SimulationXpress, аэро/гидродинамики - FloXpress, технологичности изготовления детали - DFMXpress, литья пластмасс - e-SimproeWorks. Расчет массово-инерционных и геометрических характеристик модели, моделирование работы кулачков.

# СОСТАВ SOLIDWORKS STANDARD

• Экспертные системы: SketchXpert - анализ конфликтов в эскизах, поиск оптимального решения. FeatureXpert, FilletXpert, DraftXpert - автоматическое управление элементами скруглений и уклонов, оптимизация порядка построения модели. Instant3D - динамическое прямое редактирование 3D моделей деталей и сборок, стандартных компонентов. DimXpert - автоматизированная простановка размеров и допусков в 3D модели, а так же размеров в чертежах, возможность работы с импортированной геометрией. AssemblyXpert - анализ производительности больших сборок, подготовка вариантов решений по улучшению быстродействия. MateXpert - анализ сопряжений сборок, поиск оптимального решения. DriveWorksXpress - инструмент автоматического проектирования по прототипу, автоматическая генерация комплекта конструкторской документации по проекту.

## СОСТАВ SOLIDWORKS STANDARD (2)

• Оформление чертежей по ЕСКД: Создание чертежных видов по 3D модели: разрезы, сечения, местные виды и т.д., простановка размеров вручную, а так же с использованием экспертной системы DimXpert. Использование библиотек оформления КД: специальные символы, базы, допуски и посадки, шероховатости, клеймение и маркировка, технические требования, элементы гидравлических и электрических схем и т.д.

• Трансляция данных: Нейтральные трансляторы STEP AP203/AP214, Parasolid, ACIS, IGES, VDAFS, STL, VRML. Прямые трансляторы CREO (Pro/ENGINEER), CADKEY, NX (Unigraphics), Solid Edge, Inventor, Mechanical Desktop, AutoCAD, CATIA Graphics. Обмен данными с радиотехническими САПР (P-CAD, Altium Designer, Mentor Graphics, CADENCE и др.).

# СОСТАВ SOLIDWORKS STANDARD (3)

- Анимация: Создание мультипликации (анимаций) на основе 3D моделей.
- API SDK Поддержка программирования на языках Visual Basic, Visual C++ и др., запись и редактирование макросов (VBA).
- SolidWorks Rx: Утилита автоматической диагностики компьютера на соответствие требованиям SolidWorks.
- SolidWorks Explorer: Проводник файлов SolidWorks.
- 3D Content Central: Доступ к единой библиотеке стандартных компонентов поставщиков-производителей в формате SolidWorks.
- SolidWorks eDrawings: Просмотр и вывод на печать документов SolidWorks, Pro/Engineer, DWG, DXF.
- DraftSight: Работа с чертежами в формате DWG без ограничения номера версии. Ассоциативные связи с моделью SolidWorks.