Харьковский национальный университет им В.Н.Каразина

Лекция 2

Введение в САПР

Недостатки всегда там, где оканчивается творчество и начинается работа.

Белинский В.Г.

Кафедра теплофизики и молекулярной физики

Литература

- Курс высшей математики: Смирнов В.И. , 1-й т., М., Наука, 1974. – 480с.
- Курс высшей математики, Смирнов В.И., 2-й т., М., Наука, 1974. – 656с.
- Введение в математические основы САПР: Д. М. Ушаков — Санкт-Петербург, ДМК Пресс, 2012 г.- 208 с.
- Введение в современные САПР: Владимир Малюх — Москва, ДМК Пресс, 2014 г.- 192 с.
- Любые книги по Solid Works

План

1. Классы САПР
2. Автоматизация современного машиностроительного предприятия
3. Исторический обзор.
4. Функциональность CAD-систем
5. Современные MCAD-системы.

Классы САПР

- Двумерное черчение и трехмерное геометрическое проектирование - CAD - *computer-aided design*
- Инженерный анализ - CAE - *computer-aided engineering*
- Технологическая подготовка производства – CAPP - *computer-aided process planning*
- Автоматизация производства - CAM - *computer-aided manufacturing*
- Управление данными об изделии – PDM - *product data management*
- Управление жизненным циклом изделия – PLM - *product lifecycle management*

Автоматизация современного машиностроительного предприятия

Рыночное исследование (отдел маркетинга)

↓

Конкретный заказ (главный инженер)

↓

Подготовка проекта (конструкторский отдел)

↓

Проектный план (технологический отдел)

↓

Проверка наличия всех комплектующих (склад)

↓

Производство изделий и сборка

↓

Контроль качества и упаковка изделий

↓

Поставка заказчику и послепродажное обслуживание

Исторический обзор

1950-е гг. Создание станков с числовым программным управлением

1952г. – Масачусетский технологический институт – фрезерный станок с ЧПУ

1957 – система PRONTO – ПО для управления станками с ЧПУ

1960-е гг. Системы компьютерной графики и системы автоматизированного черчения

1963 - Айван Сазерлэнд (Ivan Sutherland) создал программу SKETCHPAD, считается первой системой автоматизации черчения

1964 – задание параметрических поверхностей с помощью B-сплайнов – де Бур, Безье, Кастельжо – основа современного поверхностного моделирования

Исторический обзор

1965 – создание CAD в Group Computer Laboratory Кембриджского университета (Чарльзом Ланг, Ян Брэйд) - разработка экспериментальной системы геометрического моделирования BUILD (технология граничного представления BRep)

1965 - первые коммерческие CAD/CAM-системы

1967, **1969** - первые софтверные компании-производители САПР: американских SDRC и Computervision, на долгие годы становятся стандартом САПР

1970-е. Первые 3D-системы

1974 - Кембридж CAD Group – коммерческое геометрическое ядро на языке Fortran ROMULUS, первая коммерческая лицензия продается компании HP

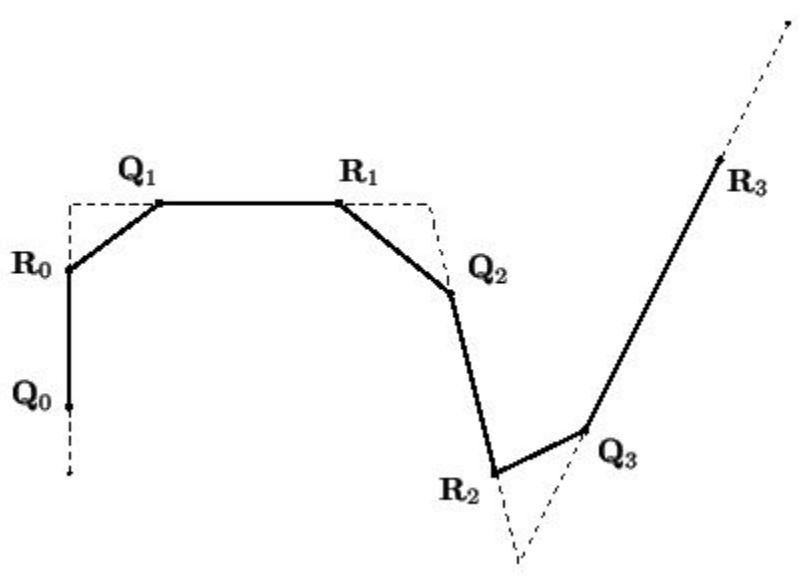
1974 – теория поверхностей подразделения (художник-дизайнер Чайкин) - способ итеративного построения кривой по контрольным точкам

Исторический обзор

Поверхности подразделения (subdivision surfaces) - мозаичные (полигональные) модели, которые итеративно строятся по базовой сетке (base mesh), с каждой итерацией приближаясь к форме моделируемой поверхности.

Две составные части поверхности подразделения:

- базовая сетка
- алгоритм ее сглаживания.

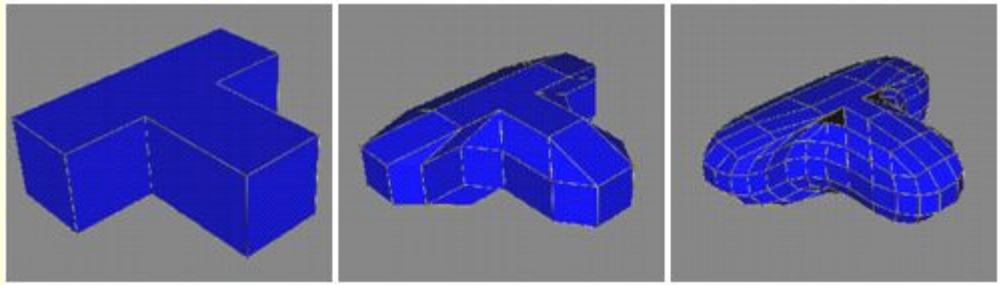


Генерируемая алгоритмом Чайкина кривая есть квадратичный однородный B-сплайн (доказательство было проведено вскоре после представления алгоритма)

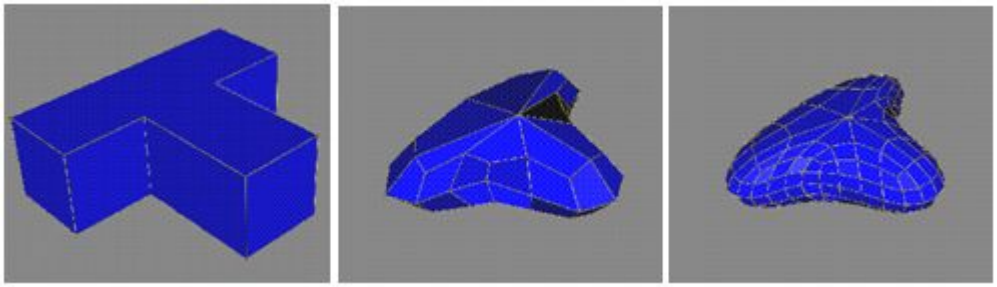
Исторический обзор

Семейство алгоритмов

Метод Ду-Сабина



Метод Кэтмала-Кларка



Исторический обзор

1977 – система трехмерного проектирования CATIA (Avions Marcel Dassault

1979 – первый стандарт для обмена инженерными геометрическими данными – формат IGES (Initial Graphic Exchange Standard)

1980-е. Первые системы твердотельного моделирования для UNIX, первые программы автоматизации черчения для PC

1980 – первая в мире коммерческая система твердотельного моделирования Unigraphics (авиастроительный концерн McDonnell Douglas)

1982 - AutoCAD (компания Autodesk)

1985 – первая в мире система параметрического проектирования на основе конструктивных элементов Pro/ENGINEER (Гейзберг С.П., Parametric Technology Corp)

1987 – первые станки для быстрого прототипирования изделий (3D Systems)

Исторический обзор

1989 – начало эргономического анализа в САПР – программа, моделирующая движения человека за станком (Deneb Robotics)
1989 – первая российская софтверная компания по разработке САПР АСКОН (Санк-Петербург) – КОСМОС.
1991 – компания Autodesk лицензирует геометрическое ядро ACIS у Spatial Technologies для реализации элементарных функций твердотельного моделирования в AutoCAD (а затем - также в пакетах Mechanical и Inventor).
1993 – компания SolidWorks, поглощенная Dassault Systemes; САПР SolidWorks (основанная на геометрическом ядре Parasolid) – самая популярная система трехмерного проектирования
1996 - трехмерная САПР Solid Edge для платформы Windows NT (компания Intergraph) на геометрическом ядре ACIS.
1998 – система управления жизненным циклом изделия в среде Интернет Windchill (компания PTC)

Исторический обзор

1999 - трехмернуя САПР Inventor для платформы Windows на основе лицензированного геометрического ядра ACIS - серьезная конкуренция SolidWorks и Solid Edge

2000-е. Системы для управления жизненным циклом изделия (PLM)
2003 - PTC выпускает новое поколение своей САПР Wildfire – это значительно переработанный пользовательский интерфейс, полностью интегрирована в среду для управления жизненным циклом изделия.

2007. Майкл Пэйн (основатель PTC и SolidWorks) создает новую Компанию SpaceClaim. Одноименный продукт позиционируется как полезное дополнение существующим, основанное на возможности прямого редактирования геометрии модели без истории построения (информации о конструктивных элементах)

Исторический обзор

2008 - после десятилетней серии крупных поглощений (SolidWorks, Deneb, Smart Solutions, Spatial, ABAQUS, MatrixOne) Dassault Systemes объявляет о запуске принципиально повой платформы PLM VG концепция PLM 2.0 - все услуги по разработке изделий и управления Их жизненным циклом будут доступны в сети для совместной работы с удаленным доступом в режиме реального времени.

2008 - Siemens PLM Software (бывшая UGS) - разработка нового поколения средств трехмерного моделирования на основе синхронной технологии - конструктор может одновременно работать как с конструктивными элементами, так и напрямую с ее граничными элементами (методом прямого редактирования).

Функциональность CAD-систем

Базовая функциональность:

- проектирование деталей (part design);
- проектирование сборок деталей и механизмов (assembly design);
- специальное проектирование (пресс-формы для изделий из листового металла, формы для литья для изделий из пластмасс, прокладка трубопроводов, расчет электрических схем и пр.);
- генерация чертежей (drafting);
- создание трехмерной модели по чертежу;
- расчеты инженерных параметров и их оптимизация.

PART DESIGN

Основной подход к детальному проектированию в современных CAD-системах - *параметрическое моделирование на основе конструктивных элементов* (parametric feature-based design).

Параметрическое моделирование - моделирование с использованием параметров элементов модели и соотношений между этими параметрами.

Функциональность CAD-систем

Параметризация позволяет
- за короткое время «проиграть» различные конструктивные схемы и избежать принципиальных ошибок;
- создать математическую модель объектов с параметрами, при изменении которых происходят изменения конфигурации детали, взаимные перемещения деталей в сборке и т. п.

Идея *параметрического моделирования* старая, но не могла быть осуществлена по причине недостаточной компьютерной производительности.

1989 - начало истории *параметрического моделирования* - первые системы с возможностью параметризации.
Первопроходцы - Pro/ENGINEER от Parametric Technology Corporation и T-FLEX CAD от Топ Системы

Функциональность CAD-систем

Конструктивный элемент (feature): отверстие, полость, скругление

↓

Рисование эскиза плоского профиля

↓

Подпрограмма двумерного эскизного черчения (sketcher)

Важно!! Правильно задать *геометрические ограничения* (constraints)

Важная функция: помощь пользователю в наложении необходимых ограничений на геометрию, а также выделение разными цветами недо- и переопределенных частей эскиза

Удобство: наличие библиотеки типовых деталей

↓

Сокращает время проектирования

Функциональность CAD-систем

Альтернатива параметрическому моделированию – *метод прямого (динамического) моделирования*

Отличие: объем создается и вычитается с помощью операции вытягивания (push-and-pull) замкнутого плоского профиля.

Ключевой момент: отсутствие информации об истории построения формы $\longrightarrow$ прямое управление граничными элементами (гранями, ребрами, вершинами).

Преимущество: возможность параметрической модификации деталей без истории построения.
Недостаток: снижается уровень заложенных в модели знаний.

Новая концепция – симбиоз – *синхронная технология.*

Функциональность CAD-систем

ASSEMBLY DESIGN

Проектирование сборок механизмов:

- нисходящий подход;
- восходящий подход.

Проектирование механизмов с нуля – *нисходящее проектирование*.

Сборка механизма из ранее спроектированных деталей – *восходящее проектирование*.

Важная функция модуля сборок: возможность расчета степеней свободы деталей механизма и их динамического перемещения в соответствии с наложенными ограничениями.

Удобство: наличие библиотеки типовых деталей (крепежи, трубы, шестерни, подшипники)

Функциональность CAD-систем

Специальное проектирование: инструменты и алгоритмы, характерные для конкретной области.

Типичные модули: средства для проектирования сварочных конструкций и моделирования разводки.

DRAFTING

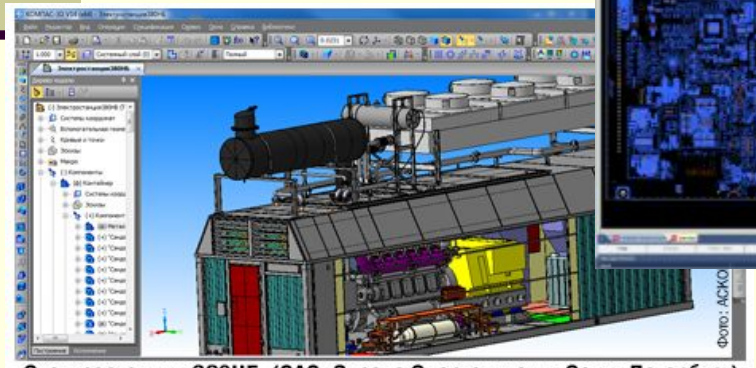
Генерация чертежей выполняется в автоматическом режиме.

Файлы с чертежными данными являются ассоциативными по отношению к файлу трехмерной модели.

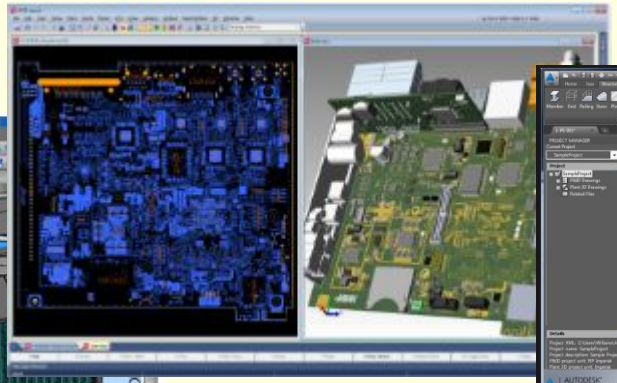
Современные CAD-системы позволяют импортировать файлы чертежей или их отсканированные изображения, внести необходимые изменения, автоматически построить трехмерную геометрическую модель.

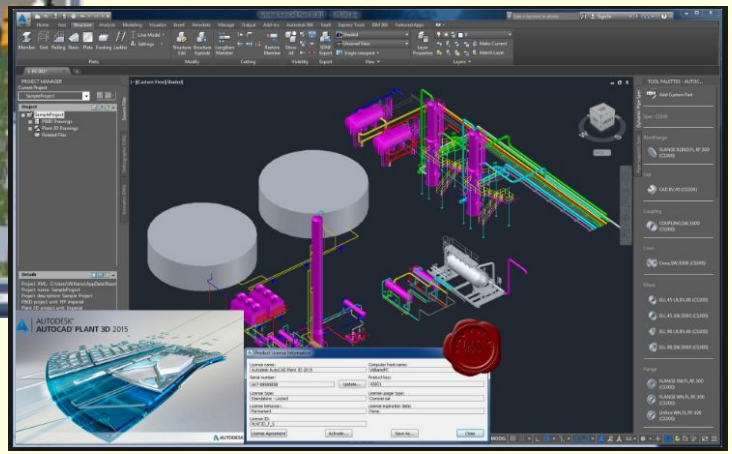
Современные MCAD-системы

- «Тяжелые» САПР (верхнего уровня)
  решают все проектные задачи
  (Pro/Engineer, Unigraphics NX, CATIA)
- «Средние» САПР (среднего уровня)
  решают несколько проектных задач
  (SolidWorks, SolidEdge, Inventor, Компас, Adem,…)
- «Легкие» САПР (нижнего уровня)
  решают одну проектную задачу
  (AutoCAD, Rhino, BCAD, *CONCEPT,* ...)



«Электростанция 380НБ» (ОАО «Звезда-Энергетика», г. Санкт-Петербург).
Модель содержит свыше 5000 деталей.





Современные MCAD-системы

Системы инженерного анализа (CAE) *предназначены для изучения поведения продукта с использованием его виртуального (хранящегося* <u>*только*</u> *в памяти компьютера) макета.*

Виды инженерного анализа:

- *анализ кинематики изделия* - расчет траекторий движущихся частей и их визуализация на компьютере;
- *анализ динамики изделия* - расчет поведения изделия в реальном времени с учетов действующих на него физических сил, взаимодействия механизмов и пр.;
- *расчет статических напряжений, магнитного поля, температур, определение критических нагрузок*;
- *имитация работы электронных цепей*.

Статистический анализ – метод конечных элементов – ANSYS, NASTRAN

Моделирование без расчета деформаций и напряжений – ADAMS, DADS

Современные MCAD-системы

Системы технологической подготовки производства (CAPP) *- это программы для работы с базой данных технологических планов предприятия*

Генеративный подход к технологической подготовке производства - автоматическое распознавание в геометрической модели детали типовых конструкторско технологических элементов и ассоциирование с ними типовых Техпроцессов

Современные коммерческие CAPP-системы: CAM-I CAPP, MIPLAN, MetCAPP, ICEM-PART, Техно-Про, Technologies.

Современные MCAD-системы

Системы автоматизации производства (CAM) *предназначены для создания программ обработки деталей на станках с числовым программным управлением (ЧПУ), а также программ управления роботизированными сборочными линиями.*

Особенность CAM-систем - встроенные средства проверки корректности сгенерированных программ

Первый подход - визуализация процесса работы станка на экране компьютера.

Второй подход - это моделирование процесса получения детали из заготовки и сравнение геометрии полученных в результате обработки поверхностей с данными, хранящимися в геометрической модели

Разработки: CATIA, SolidWorks, T-FLEX, Mastercam (CNC Software), SURFCAM (Surfware), EdgeCAM (Path-trace), CimatronE (Cimatron), продукты компании Delcam, ГеММа-SD (НТЦГеММа).

Современные MCAD-системы

Системы управления данными об изделии (PDM) - *системы, интегрирующие в себе доступ к самым разноплановым данным, необходимым для работы с изделием на всех этапах его жизненного цикла: во время маркетинговых исследований, планирования, проектирования, производства, контроля качества, упаковки, доставки…*

PDM-система

- улучшает взаимодействие;
- уменьшает бумажный документооборот;
- повышает эффективность управления

Коммерческие пакеты: VPLM, SmarTeam и MatrixOne, Teamcentcr (Siemens PLM Software) и Winchill (PTC)

Современные MCAD-системы

Автоматизация различных областей деятельности производственно го предприятия (CAD/CAE/CAPP/CAM)	Необходимость организации хранения проектных данных в общей базе (PDM)

Интегрированные пакеты управления жизненным циклом изделия – единый комплекс программных решений

Начало 2000-х годов - концепция PLM (Product Lifecycle Management) - управление жизненным циклом изделия.

<u>Современные системы управления жизненным циклом изделия</u>:

- V6 PLM Solutions от альянса Dassault Systemes/IBM, состоящий из систем CATIA, DELMIA, ENOVIA, SIMULIA.
- Product Development System (PDS) от Parametric Technology Corp., состоящая из продуктов семейств Pro/ENGINEER Wildfire и Windchill.