

Лекция 3

Геометрическое моделирование

*Ум заключается не только в знании, но и в умении
применять знания на деле*

Аристотель

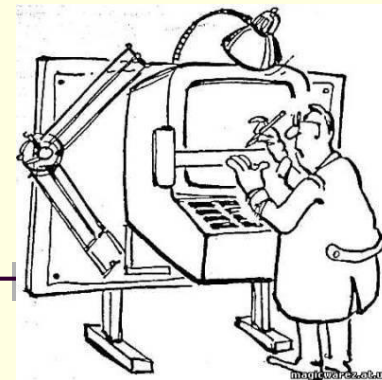
Литература

- 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. Виды геометрического моделирования.
2. Функции твердотельного моделирования.
3. Декомпозиционные модели.
4. Конструктивные модели
5. Граничные модели. Корректность граничных моделей
6. Пакеты геометрического моделирования

Виды геометрического моделирования



CERTIFIED

AUTODESK®
INVENTOR®
2017

AUTODESK.

Виды геометрического моделирования

Подходы:

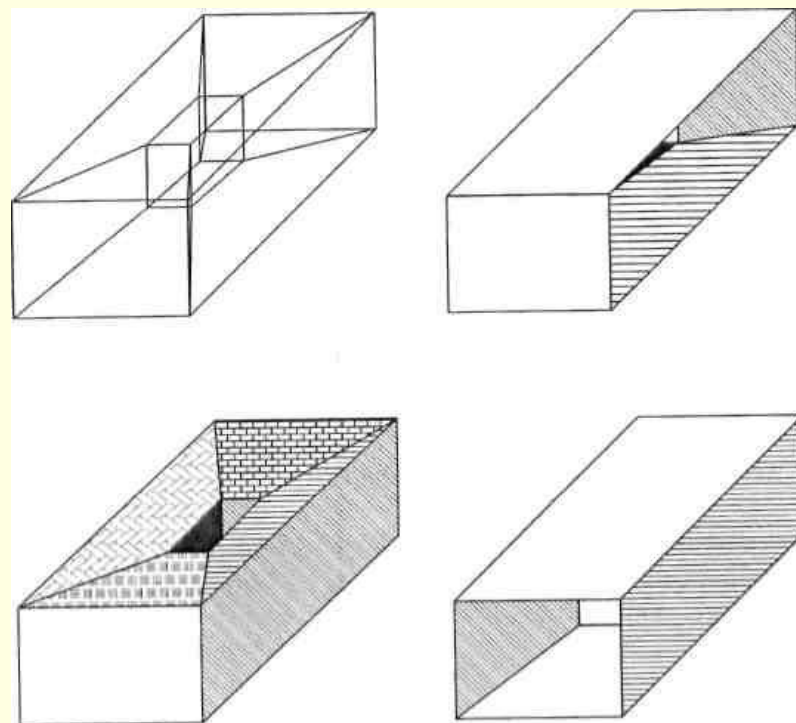
- каркасное моделирование;
- поверхностное моделирование;
- твердотельное моделирование;
- немногочисленное моделирование.

Виды геометрического моделирования

В каркасном моделировании геометрическая модель строится из ограниченного набора *графических примитивов* - отрезки, дуги, конические кривые.

Особенность:

каркасная модель содержит лишь скелет



Виды геометрического моделирования

Поверхностное моделирование – описание поверхности геометрического тела, формирующие его оболочку.

Применение: проектирование изделий из листового металла (sheet metal parts)

Преимущества:

- Достоверное представление любого по сложности объекта;
- Контроль взаимно расположенных деталей;
- Подготовка управляющих программ для станков.



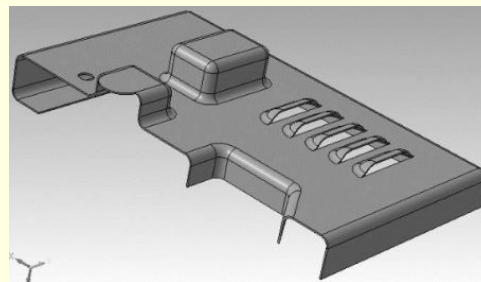
Виды геометрического моделирования

Основной объект твердотельного моделирования – трехмерное объемное тело, которое может описываться разными способами: *декомпозиционным, конструктивным или граничным*

Преимущество: свойство физической корректности – все твердотельные модели имеют аналоги в реальном мире, т.е. любую созданную в системе модель можно было бы изготовить.

Простые тела: прямоугольная призма, сферическое тело, цилиндрическое тело, коническое тело, торроидальное тело.

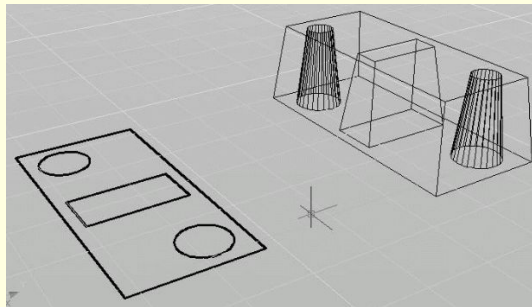
Тело на базе поверхностей: тело в форме листа.



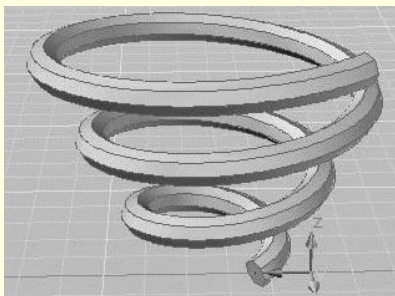
Виды геометрического моделирования

Тела на базе линий:

тело выдавливания,

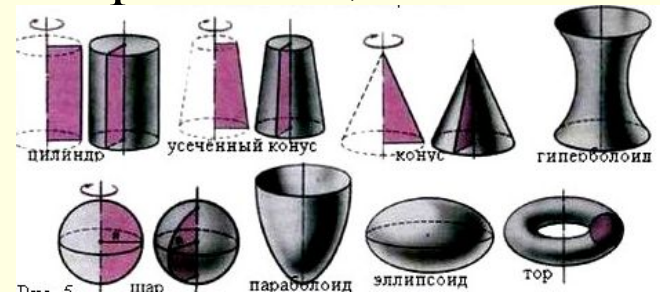


тело сдвига,

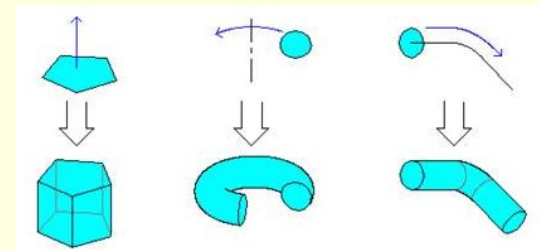


тело на основе плоских сечений.

тело вращения,



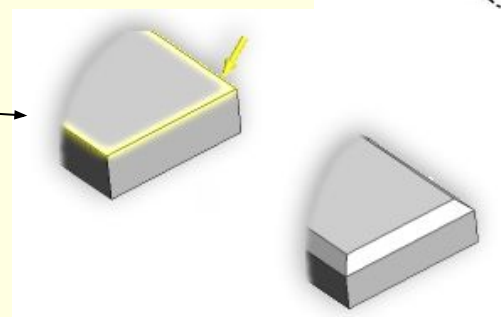
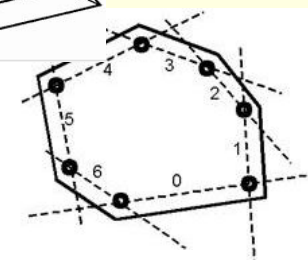
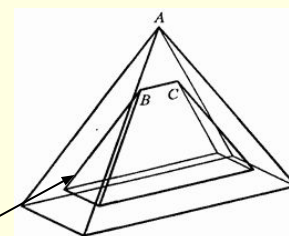
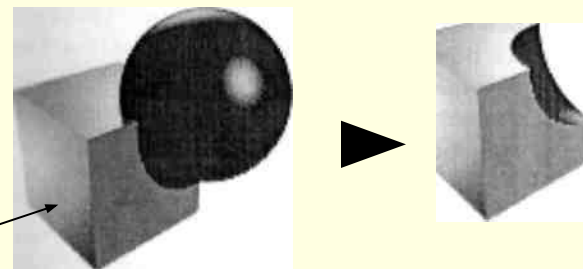
тело заметания,



Виды геометрического моделирования

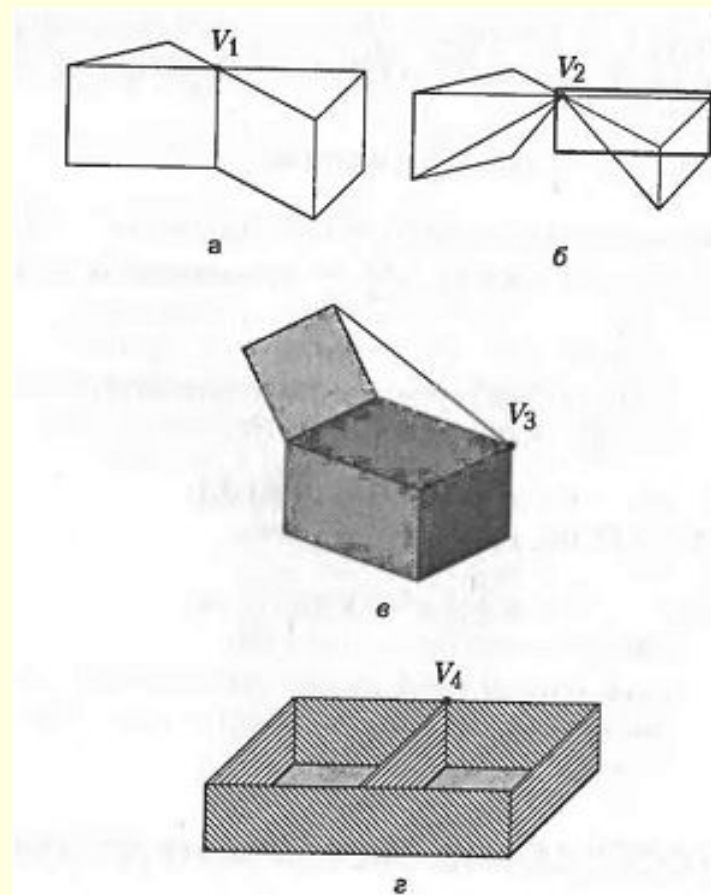
Возможные действия над телами:

- булево объединение тел;
- булево пересечение тел;
- булева разность тел;
- резка тела поверхностями;
- построение симметричного тела;
- построение эквидистантного тела;
- построение тонкостенного тела;
- скругление (rounding) ребер тела;
- фаски ребер тела;
- построение ребер жесткости;
- построение тела с пустотами.



Виды геометрического моделирования

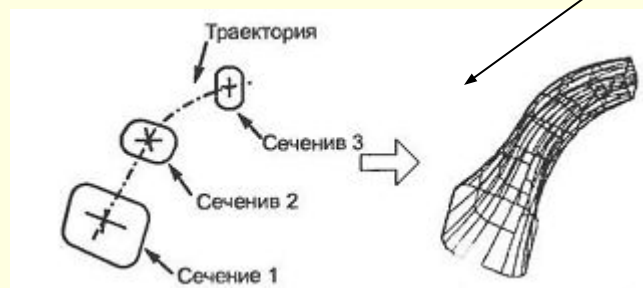
С помощью **немногообразного моделирования** (non-manifold) можно описывать геометрические модели, которые локально могут быть не только многообразиями размерности три (объемными телами), но и размерности два (поверхностями), один (кривыми), нуль (точками).



Функции твердотельного моделирования

Группы функций моделирования:

- функции создания примитивов,
- перенос и поворот тела,
- булевы операции,
- функции заметания (sweeping) и скиннинга (skinning), конструктивные элементы,
- расчет объемных параметров тела (объема, массы, моментов инерции).



Функции твердотельного моделирования

Твердотельные примитивы

Булевы операции

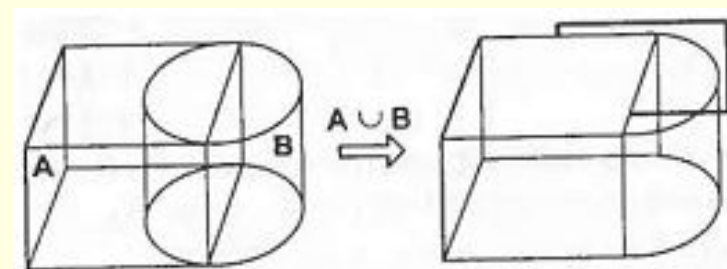
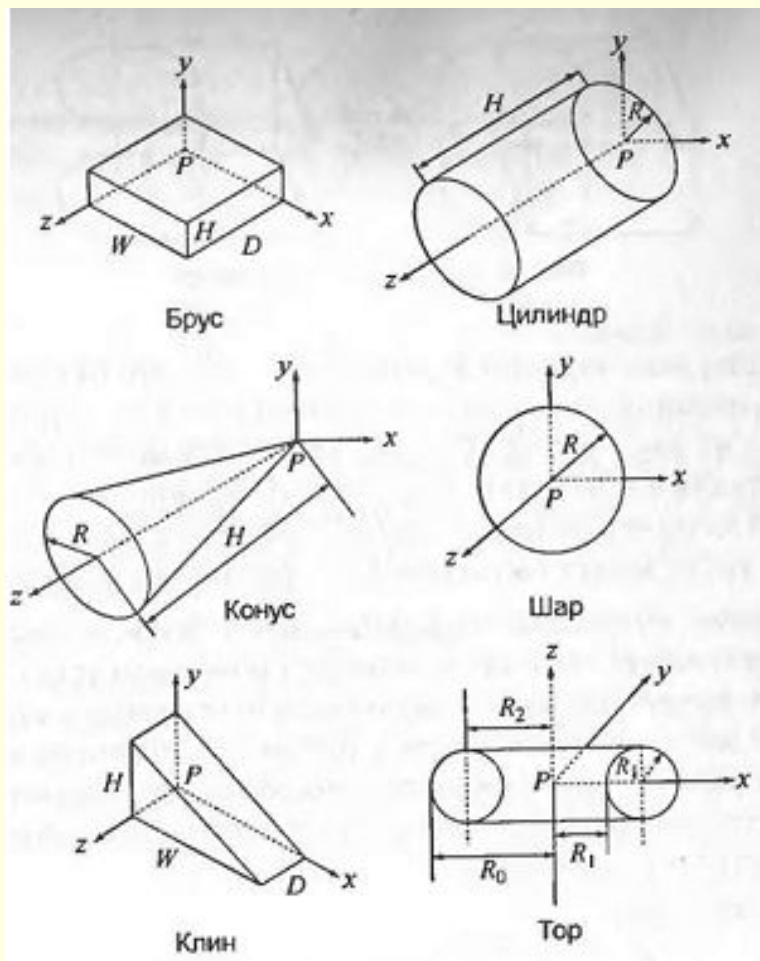


Рис. 5.5. Объединение примитивов

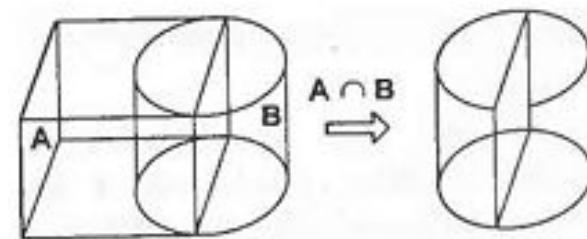
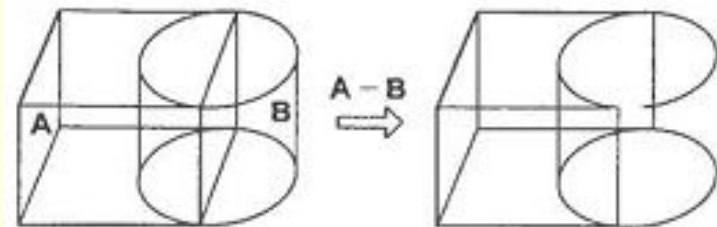


Рис. 5.6. Пересечение примитивов



Функции твердотельного моделирования

Конструктивные элементы: скругление, поднятие, проделывание отверстия.

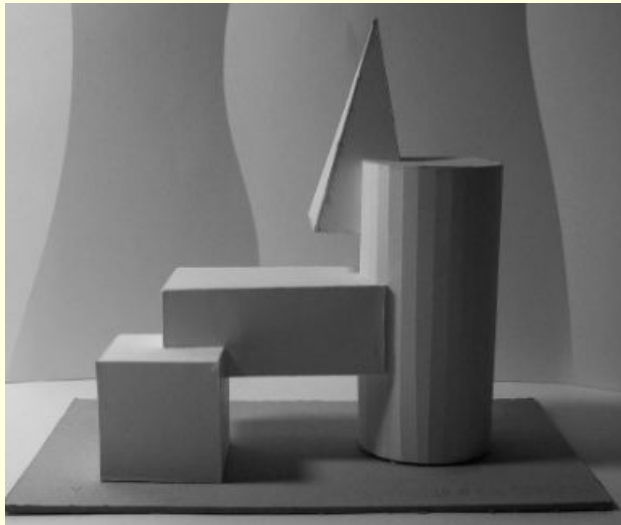
Важные свойства систем твердотельного моделирования:

- возможность расчета объемных параметров тела – объема, центра масс, тензора инерции и пр.;
- в большинстве современных САД-систем пользователь может создать свой набор конструктивных элементов;
- в одной конкретной системе геометрического моделирования могут поддерживаться не все функции твердотельного моделирования, а только их часть.

Декомпозиционные модели

ДМ - приближенное представление объемной модели в виде совокупности непересекающихся простых тел.

Композиционное
моделирование



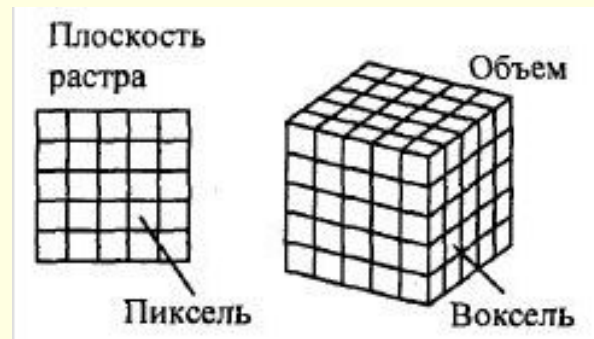
Декомпозиционное
моделирование



Декомпозиционные модели

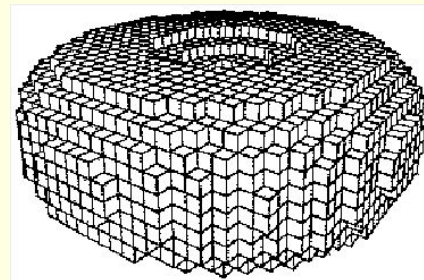
Различают:

- воксельное (voxel) представление;
- октантное дерево;
- ячеечное представление.



Воксельное (от англ. *voxel - volume pixel*) представление объемного тела является объемным аналогом растрового представления плоской фигуры.

Моделируемое тело представляется в виде булевого трехмерного массива вокселей.

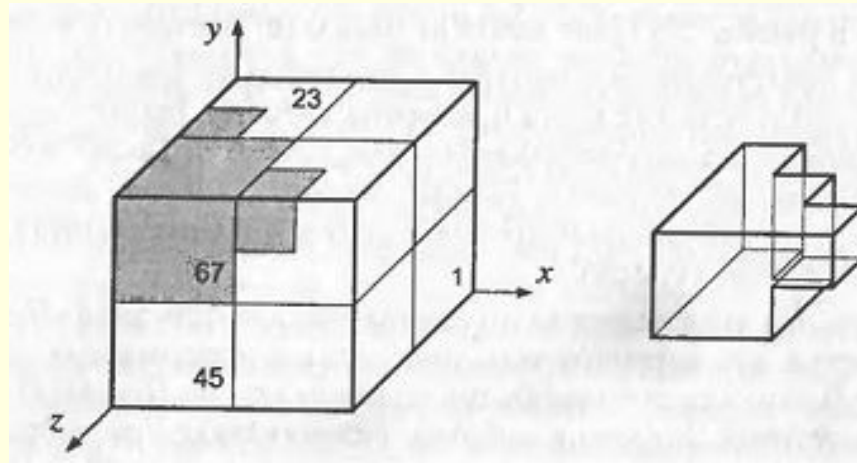


Декомпозиционные модели

Октантное дерево (octree representation) – развитие воксельного представления.

Каждый узел октантного дерева соответствует некоторому кубу в трехмерном пространстве, который является либо:

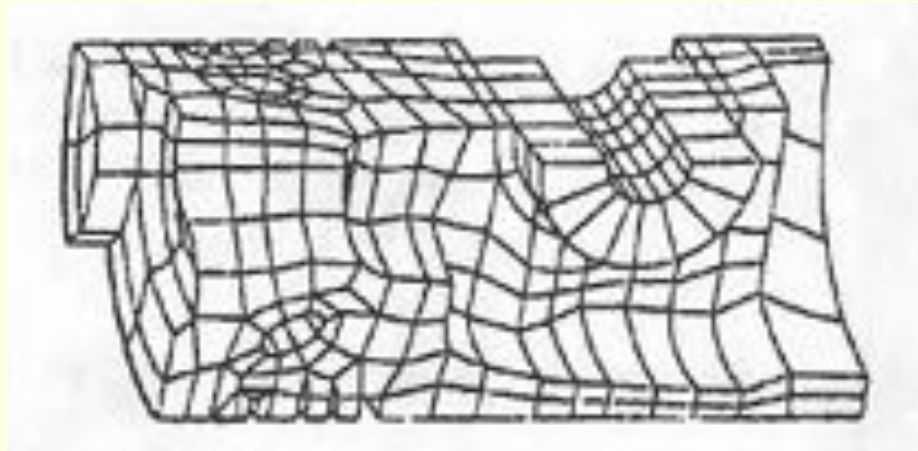
- полностью (с заданной точностью) принадлежащим описываемому телу;
- полностью не принадлежащим описываемому телу;
- частично пересекающимся с описываемым телом.



Декомпозиционные модели

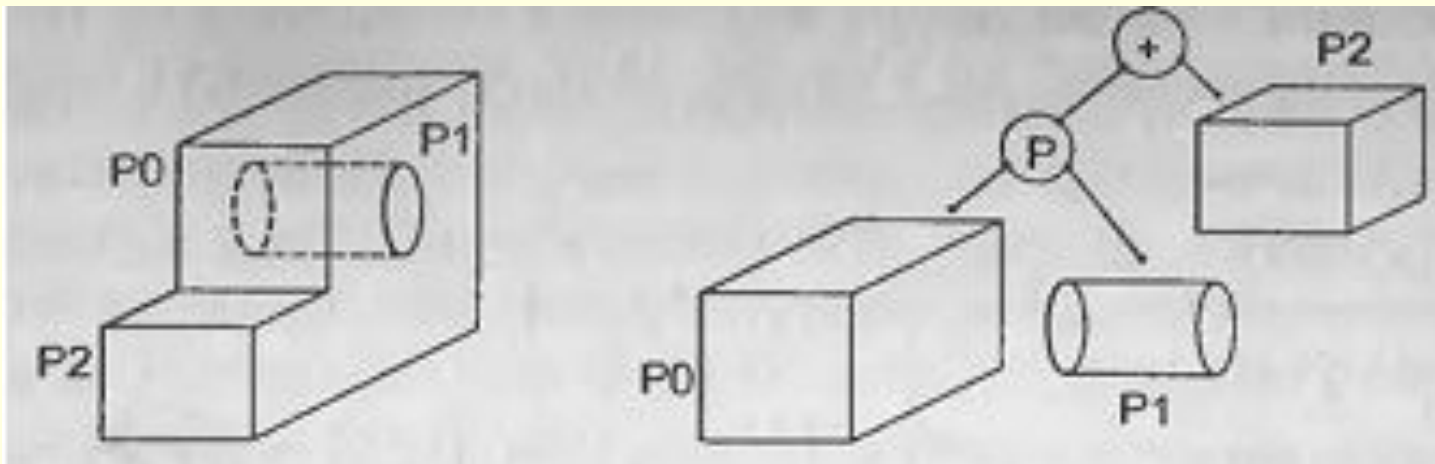
Ячеечное представление (cell representation) - равномерное заполнение моделируемого объема узлами сетки, которые соединены между собой регулярным образом, образуя однотипные ячейки (тетраэдры, треугольных призмы, шестигранники и т.п.).

ЯП чаще всего используется в системах конечно-элементного анализа



Конструктивные модели

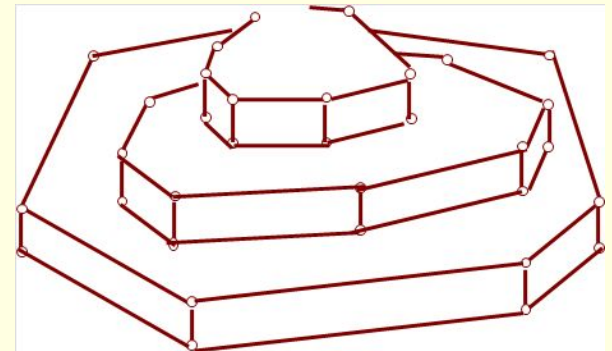
CSG (constructive solid geometry)-модели реализуют конструктивный подход в терминах булевых операций над параметрическими твердотельными примитивами



Граничные модели

Информация о границах тела делится на:

- **геометрические данные;**
 - для вершин - ее координаты;
 - для ребра - параметрическое уравнение кривой (прямой);
 - для грани - параметрическое уравнение поверхности либо тип и набор параметров в случае канонической поверхности (плоскости, сферы, цилиндра, конуса, тора).
- **топологические данные** – это информация о смежности вершин и ребер, ребер и граней, а также о внутренних и внешних границах грани, модели:
 - многогранные (фасетные) модели;
 - вершинные модели;
 - полуреберные модели;
 - крыльевые реберные модели.



Корректность граничных моделей

Важное свойство: при работе с граничными моделями является обеспечение их корректности.

Для автоматического обеспечения корректности граничных моделей используют операторы Эйлера, основанные на формуле Эйлера-Пуанкаре:

$$v - e + f = 2(s - h) + r,$$

где v - число вершин, e - число ребер, f - число граней, s - число тел, h - число сквозных отверстий в телах, r - количество внутренних границ (колец) в гранях.

Пакеты геометрического моделирования

Пакет геометрического моделирования (геометрическое ядро) – набор библиотек с программным интерфейсом, с помощью которого можно пользоваться функциями геометрического моделирования.

- Pro/Engineer, Unigraphics NX, CATIA построены на основе собственных геометрических ядер CGM, GRANITE, Parasolid соответственно;
- SolidWorks, SolidEdge, T-Flex, Adem построены на основе лицензированных геометрических ядер (Parasolid, ACIS, GRANITE).