

Лекция по курсу «Основы САПР»

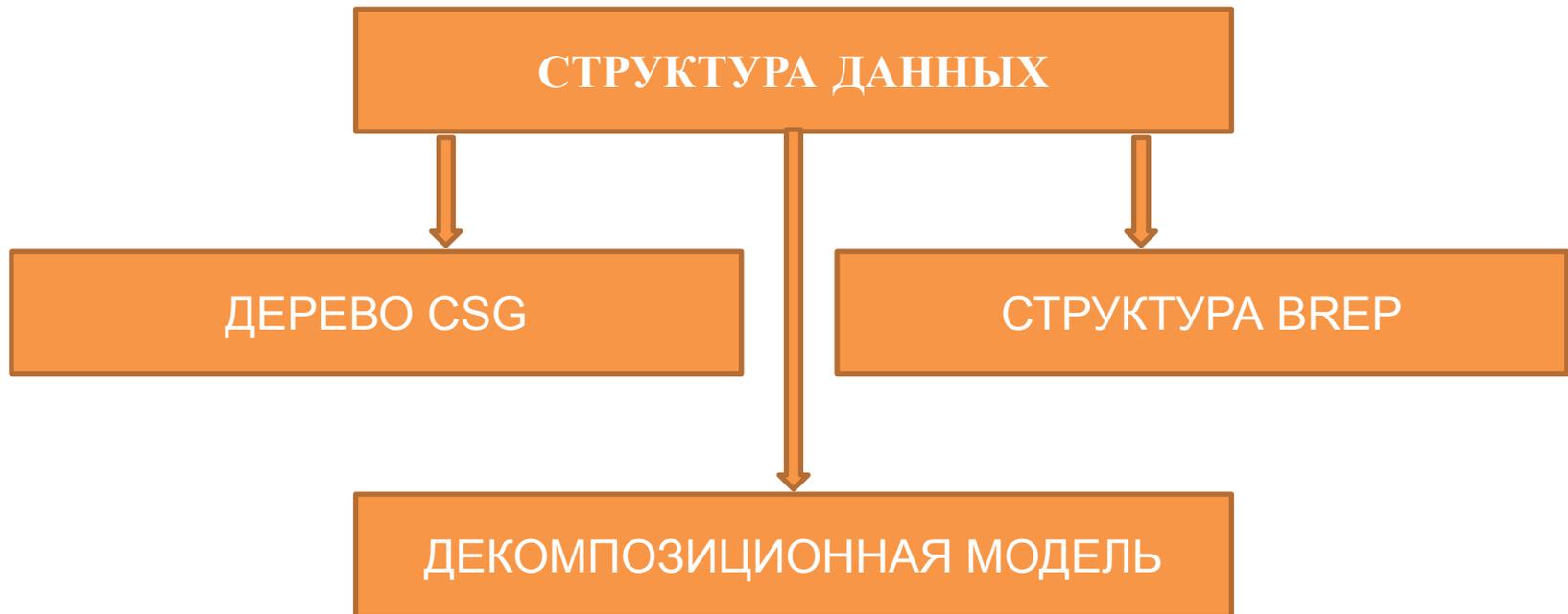
ПОСТРОЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ.  
СТРУКТУРА ДАННЫХ

26 ноября 2015 года

# Тема лекции

Темой лекции является **структура данных**, используемых для хранения математических описаний объемных тел.

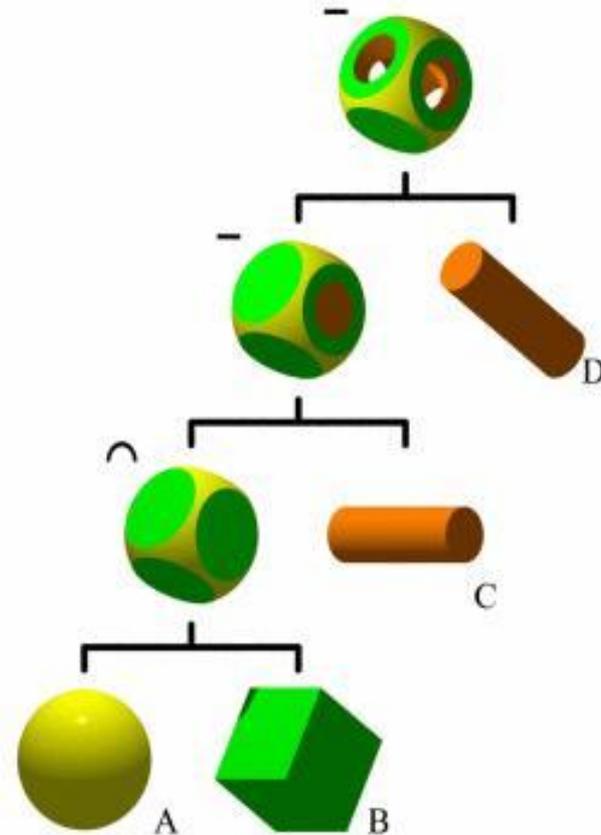
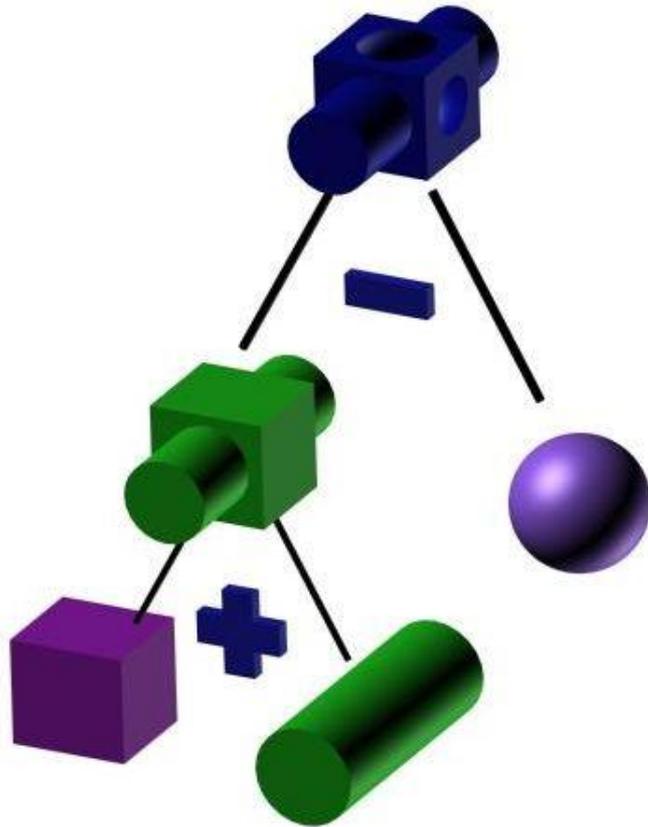
Структуры данных, используемые для описания объемных тел, обычно делятся на **три типа** в зависимости от того, какие тела ими описываются.



# Дерево CSG

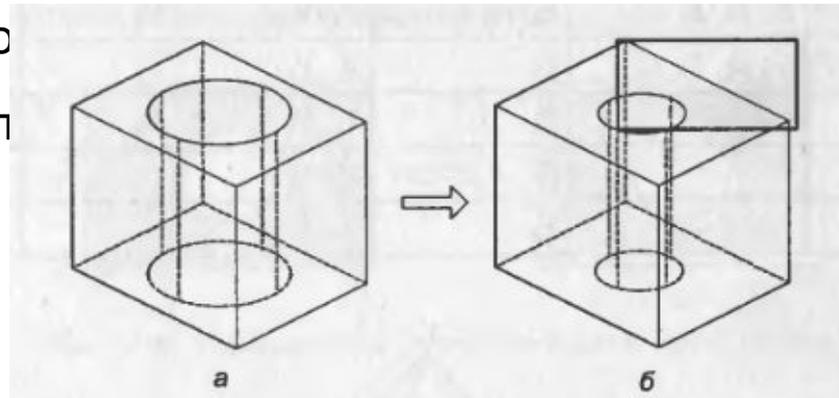
**CSG** (*Constructive Solid Geometry*) – конструктивное представление объемной геометрии или конструктивная блочная геометрия.

Дерево CSG содержит историю применения булевских операций к примитивам.



# Дерево **CSG**. Преимущества

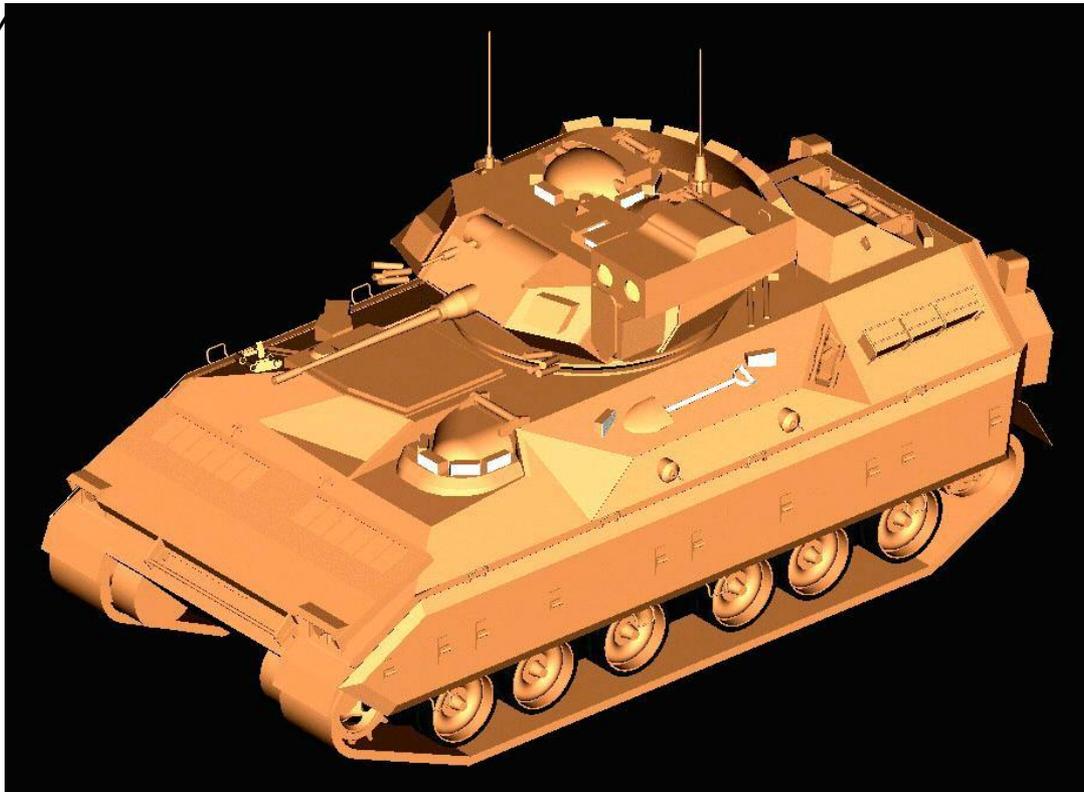
- Структура данных проста, а их представление компактно, что облегчает обработку.
- Объемное тело, описываемое деревом CSG, всегда является корректным, то есть его внутренний объем однозначно отделен от внешнего.
- Представление CSG всегда может быть преобразовано к соответствующему представлению BREP. Это позволяет взаимодействовать с программами, ориентированными на использование BREP.
- Параметрическое представление всегда изменяется изменением параметров соответствующих примитивов.



уется изменением

# Дерево **CSG**. Недостатки

- Поскольку дерево CSG хранит историю применения булевских операций, в процессе моделирования могут использоваться только они.
- Для получения сведений о граничных поверхностях, их ребрах и связях между этими элементами из дерева CSG требуются сложные вычисления



# Структура данных **BREP**

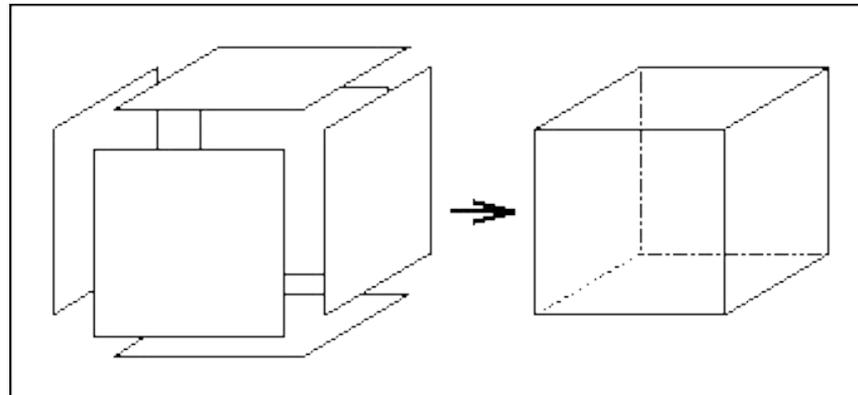
**BREP** (*boundary representation*) – граничное представление, структура данных – структура **BREP**.

**Границы объемных тел** состоят из элементарных геометрических объектов: **вершин, ребер и граней**.

**Грань** – часть граничной поверхности, граница которой состоит из криволинейных сегментов, при пересечении которых происходит существенное изменение вектора нормали к поверхности.

**Ребра** - криволинейные сегменты, ограничивающие грань.

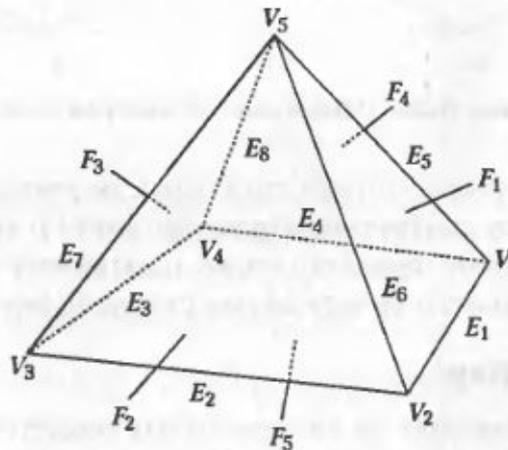
**Вершины** - точки, в которых встречаются соседние ребра.



# Структура данных **BREP**

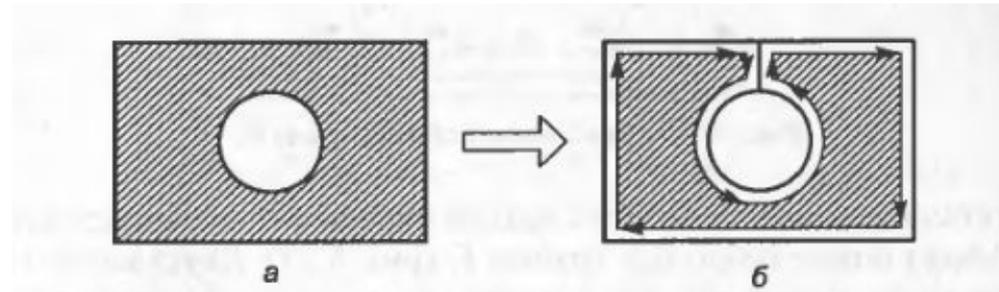
Одна из простейших структур данных для объемного тела на рисунке приведена в таблице.

Таблица граней	Таблица ребер	Таблица вершин			
Грань	Ребра	Ребро	Вершины	Вершина	Координаты
$F_1$	$E_1, E_5, E_6$	$E_1$	$V_1, V_2$	$V_1$	$x_1, y_1, z_1$
$F_2$	$E_2, E_6, E_7$	$E_2$	$V_2, V_3$	$V_2$	$x_2, y_2, z_2$
$F_3$	$E_3, E_7, E_8$	$E_3$	$V_3, V_4$	$V_3$	$x_3, y_3, z_3$
$F_4$	$E_4, E_8, E_5$	$E_4$	$V_4, V_1$	$V_4$	$x_4, y_4, z_4$
$F_5$	$E_1, E_2, E_3, E_4$	$E_5$	$V_1, V_5$	$V_5$	$x_5, y_5, z_5$
		$E_6$	$V_2, V_5$	$V_6$	$x_6, y_6, z_6$
		$E_7$	$V_3, V_5$		
		$E_8$	$V_4, V_5$		



## Структура данных **BREP**. Недостатки

- Структура данных BREP ориентирована на хранение плоских многогранников.
- Грань с внутренними и внешними границами не может быть сохранена в таблице граней, поскольку для нее нужно два списка ребер вместо одного.



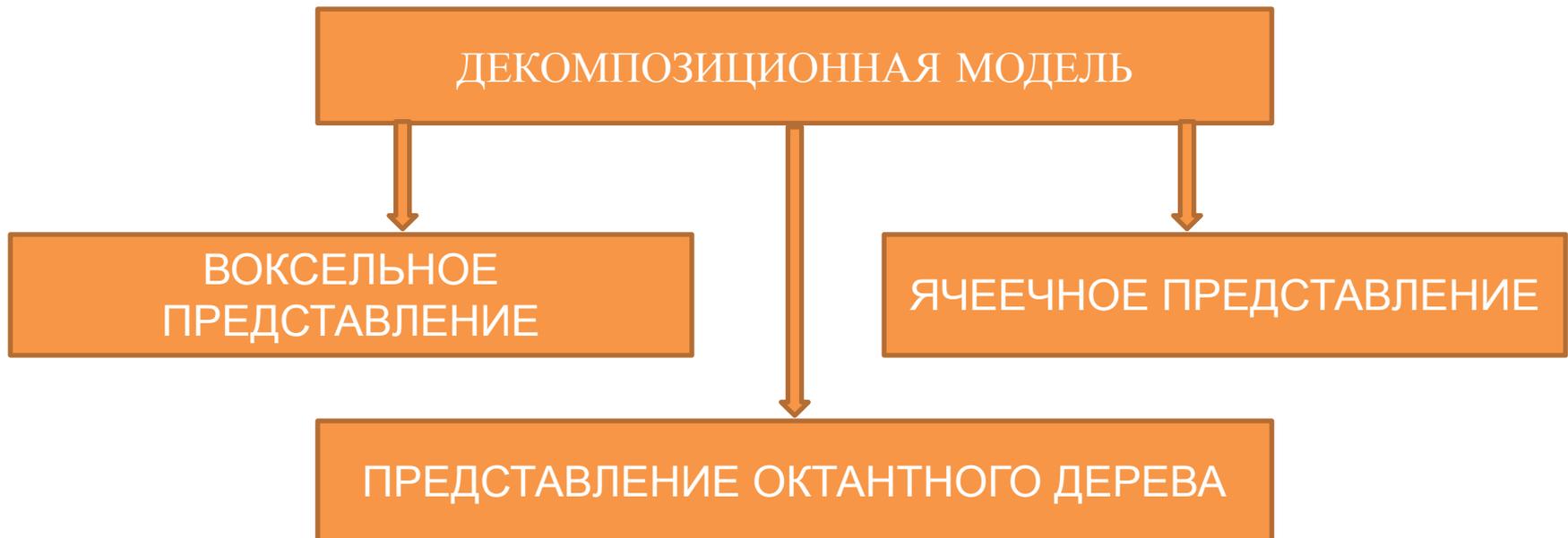
- Количество ребер у разных граней может быть различно. Более того, невозможно определить заранее количество столбцов (по одному на каждое ребро), которые потребуются для конкретной грани, поскольку это количество может меняться в процессе моделирования.
- Получать сведения о связности непосредственно из данных, сохраненных в трех таблицах, может быть довольно утомительно.

# Структура декомпозиционной модели

**Декомпозиционная модель** - объемная модель, приближенно представленная в виде совокупности простых тел.

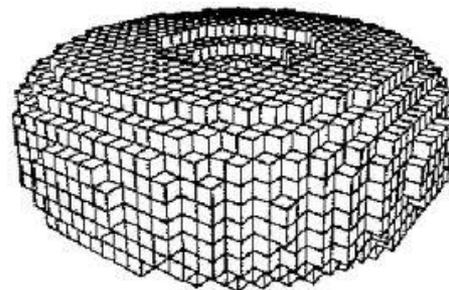
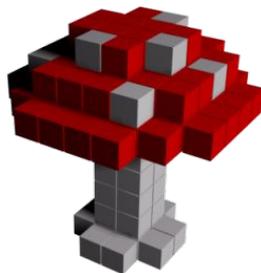
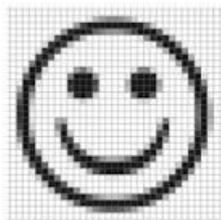
Можно предложить много декомпозиционных моделей описания одного и того же тела.

Модель включает в себя **простейшее тело** и **метод объединения** в совокупность.



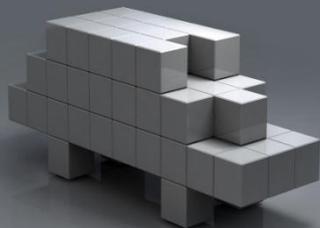
# Воксельное представление

**Воксельное представление** объемного тела по сути трехмерный аналог растрового представления плоской фигуры.

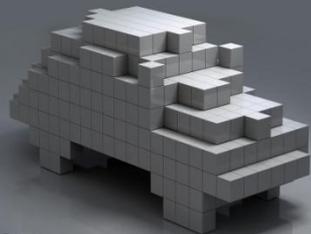


**Воксел** – это трехмерный аналог пиксела, от слов *pixel* («пиксель») и *volute* («объем»).

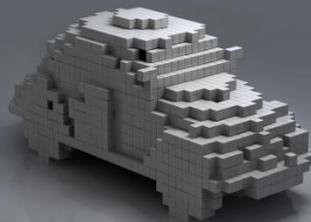
Деление на воксели осуществляется сеткой плоскостей, расположенных на равном расстоянии друг от друга перпендикулярно осям  $x$ ,  $y$  и  $z$ .



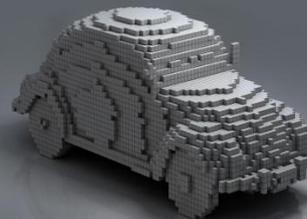
A01



A02



A03



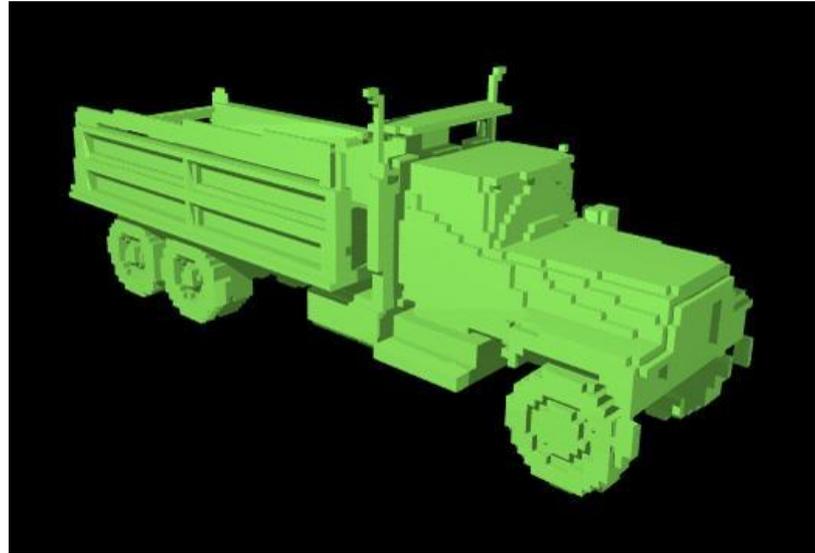
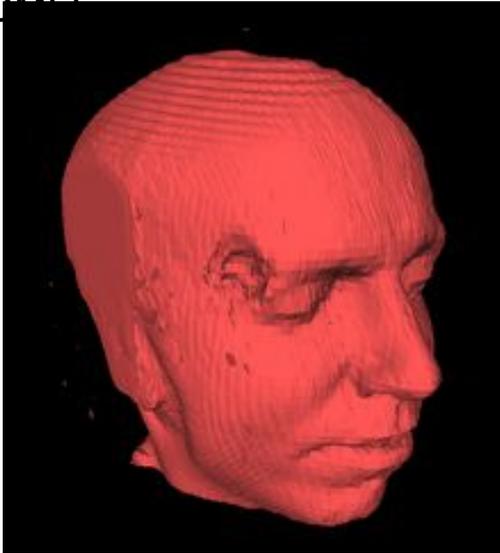
A04



A04

## Воксельное представление. Преимущества

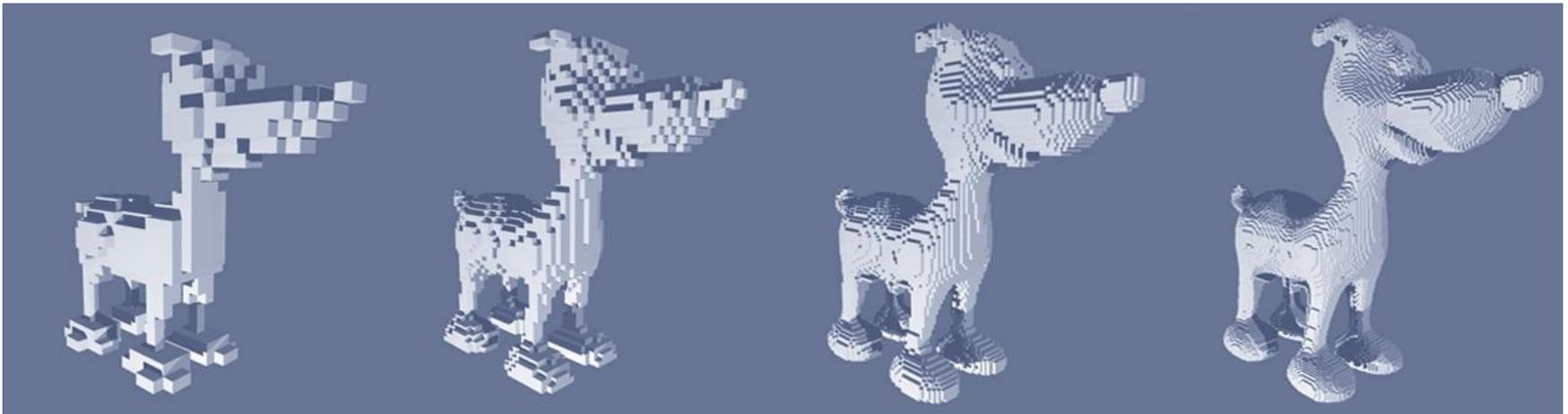
- Воксельное представление позволяет точно или, по крайней мере, приблизительно описать объемное тело совершенно произвольной формы.



- Воксельное представление позволяет с легкостью рассчитывать такие параметры объемного тела, как масса и моменты инерции.
- Хотя воксельное представление предназначено для описания объемного тела в пространстве, оно автоматически описывает и пространство вне тела. Поэтому оно удобно для расчета объема полых структур. Применимо оно и для расчета траекторий движения роботов, уклоняющихся от препятствий, поскольку воксельное представление препятствий содержит и информацию о свободном пространстве.

## Воксельное представление. Недостатки

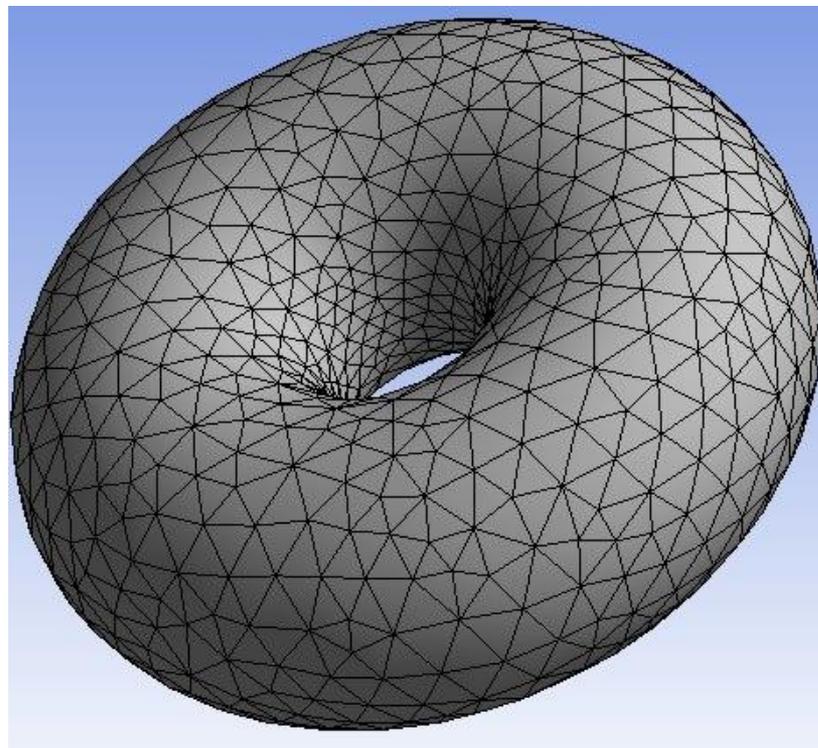
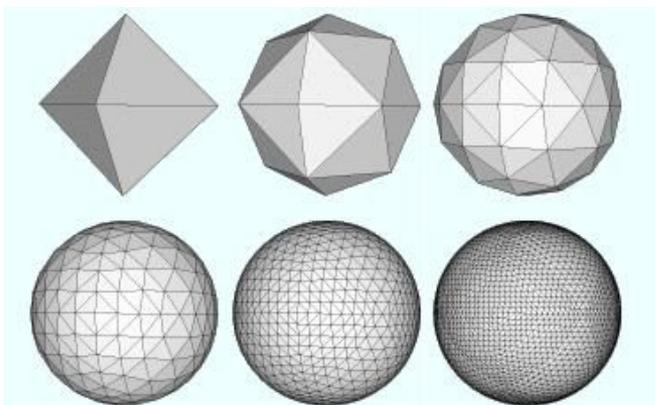
- Объем памяти, требуемый для хранения воксельного представления тела, резко возрастает с уменьшением размеров вокселей. Размер вокселей определяет точность приближения исходного тела, поэтому моделирование может потребовать предельного его снижения.
- Воксельное представление по определению является приближенным описанием исходного тела. Поэтому систем твердотельного моделирования, в которых оно является основным математическим описанием объектов, довольно мало. Воксели часто используются в качестве внешнего представления, повышающего эффективность вычислений.



# Ячеечное представление

**Ячеечное представление** – это еще один метод представления объемного тела в виде комбинации простых элементов, подобный воксельному представлению. Однако, как следует из названия представления, ячеечный метод не накладывает жестких ограничений на форму этих элементов.

Ячеечное представление состоит в равномерном **заполнении** моделируемого объема **узлами сетки**, которые **соединены** между собой **регулярным образом**, образуя **однотипные ячейки** (тетраэдры, треугольных призмы, шестигранники и т.п.).



# Представление октантного дерева

**Октантное дерево (октодереве, октарное дерево, восьмеричное дерево)** - тип древовидной структуры данных, в которой у каждого внутреннего узла ровно восемь «потомков». Восьмеричные деревья рекурсивно разделяют трёхмерное пространство на восемь объемных ячеек.

