

# **ЛК 7. МОДЕЛИ ОПИСАНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ**

1. Аналитическая модель.

2. Векторная полигональная модель.

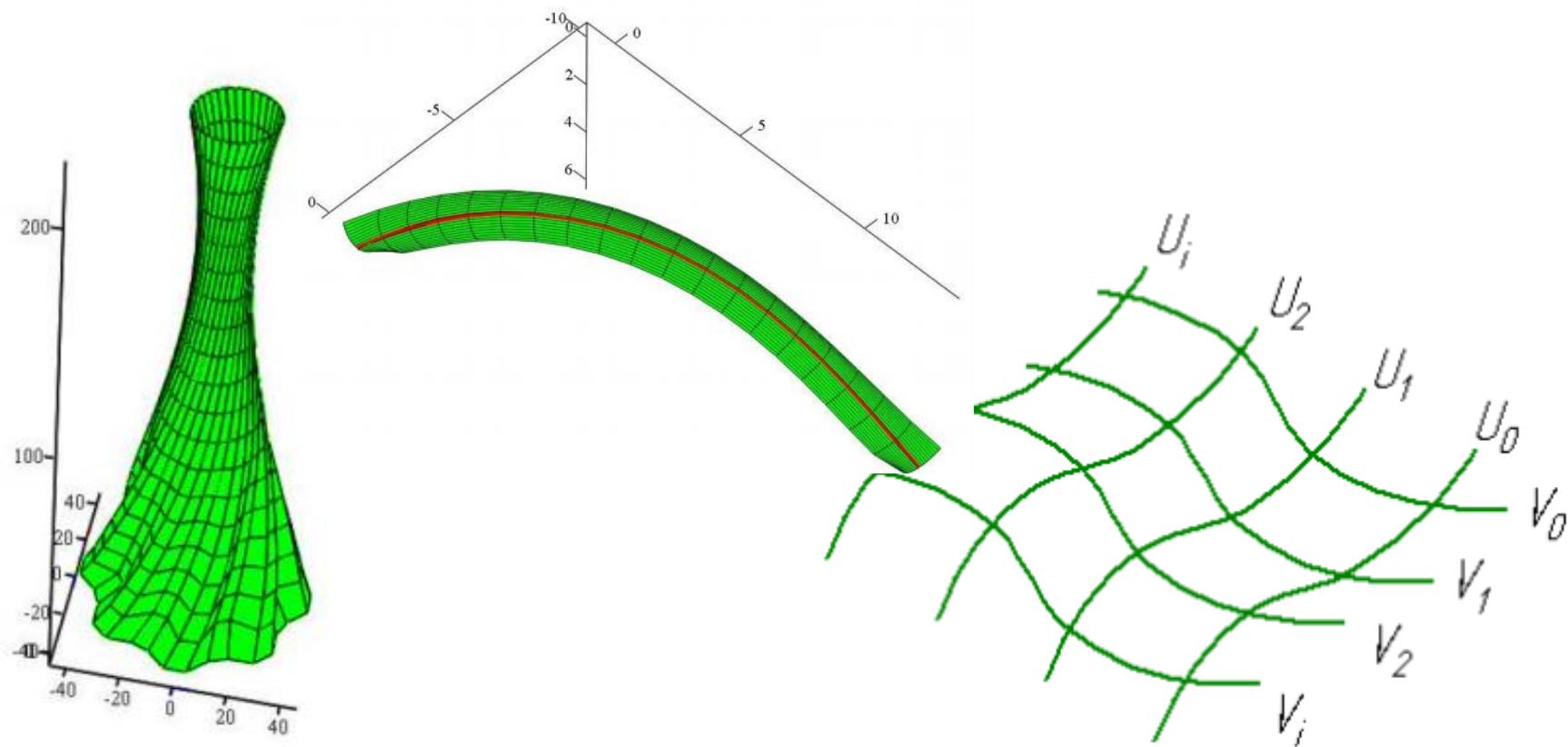
3. Воксельная модель.

4. Равномерная сетка.

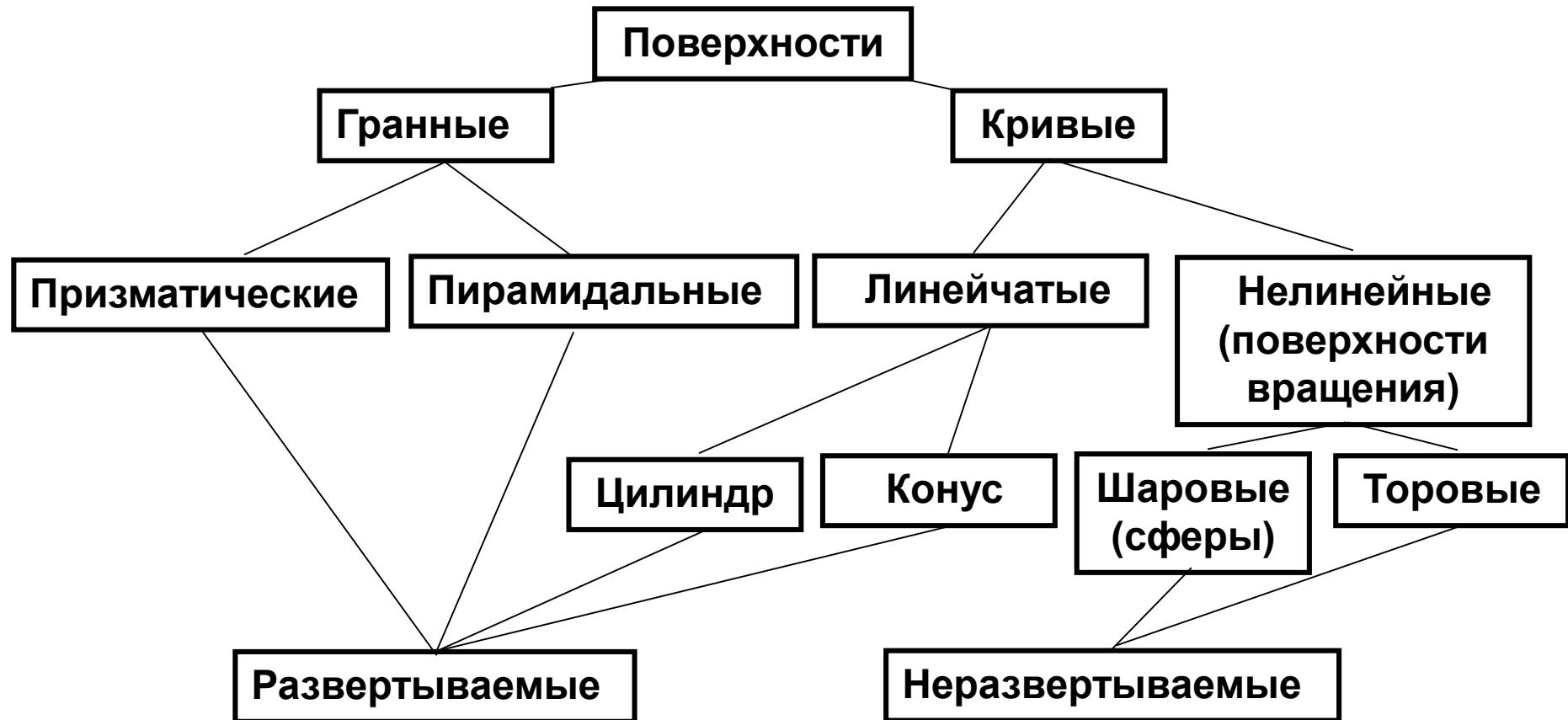
5. Неравномерная сетка. Изолинии высоты.

# ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

*Поверхность* можно рассматривать, как совокупность последовательных положений  $I_1, I_2 \dots$  линии  $I$  перемещающейся в пространстве по определенному закону



# ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ



# **1.АНАЛИТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ**

***Аналитической моделью*** называют описание поверхности математическими формулами.

*// В КГ можно использовать много разновидностей такого описания. Например, в виде функции двух аргументов  $z = f(x, y)$ . Можно использовать уравнение  $F(x, y, z) = 0$ .*

# 1.АНАЛИТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ

Зачастую используется параметрическая форма описания поверхности.

Для трехмерной декартовой системы координат (x, y, z):

$$x = F_x(s, t),$$

$$y = F_y(s, t),$$

$$z = F_z(s, t)$$

где  $s$  и  $t$  — параметры, которые изменяются в определенном диапазоне, а функции  $F_x$ ,  $F_y$  и  $F_z$  будут определять форму поверхности.

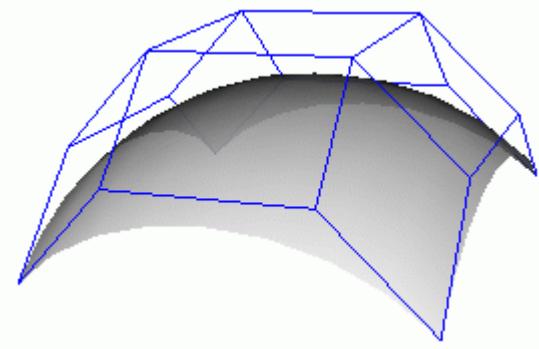
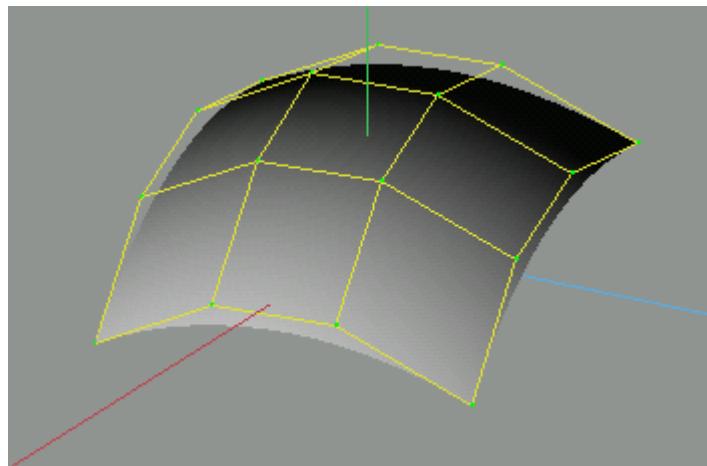
# **1.АНАЛИТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ**

Преимущества параметрического описания — легко описывать поверхности которые отвечают неоднозначным функциям, замкнутые поверхности. Описание можно сделать таким образом, что формула не будет существенно изменяться при поворотах поверхности, масштабировании.

# 1.АНАЛИТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ

Для описания сложных поверхностей используют сплайны.

Несколько сплайнов образовывают модель сложной поверхности.



# **1.АНАЛИТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ**

## ***Достоинства:***

- +легкая процедура расчета координат каждой точки поверхности, нормали;
- +небольшой объем информации для описания достаточно сложных форм.

## ***Недостатки:***

- сложные описания с использованием функций, которые снижают скорость выполнения операций отображения

## **2. ВЕКТОРНАЯ ПОЛИГОНАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ**

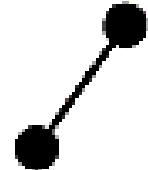
Для описания пространственных объектов применяются:

- вершины;
- отрезки прямых (векторы);
- полилинии, полигоны;
- полигональные поверхности.

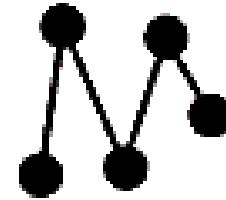
## 2. ВЕКТОРНАЯ ПОЛИГОНАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ



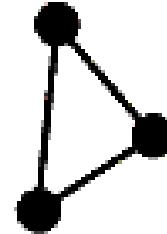
Вершина



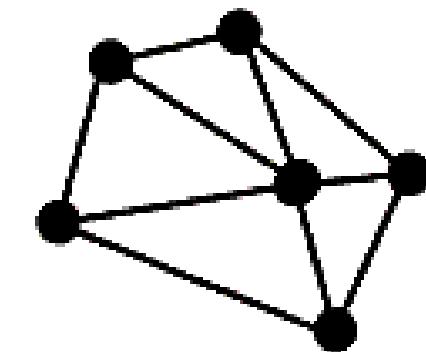
Линия



Полилиния



Полигон



Полигональная поверхность

## 2. ВЕКТОРНАЯ ПОЛИГОНАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ

Элемент "вершина" (*vertex*) - главный элемент описания, все другие являются производными.

При использовании трехмерной декартовой системы координаты вершин определяются как (x, y, z ).

Каждый объект однозначно определяется координатами собственных вершин.

## 2. ВЕКТОРНАЯ ПОЛИГОНАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ

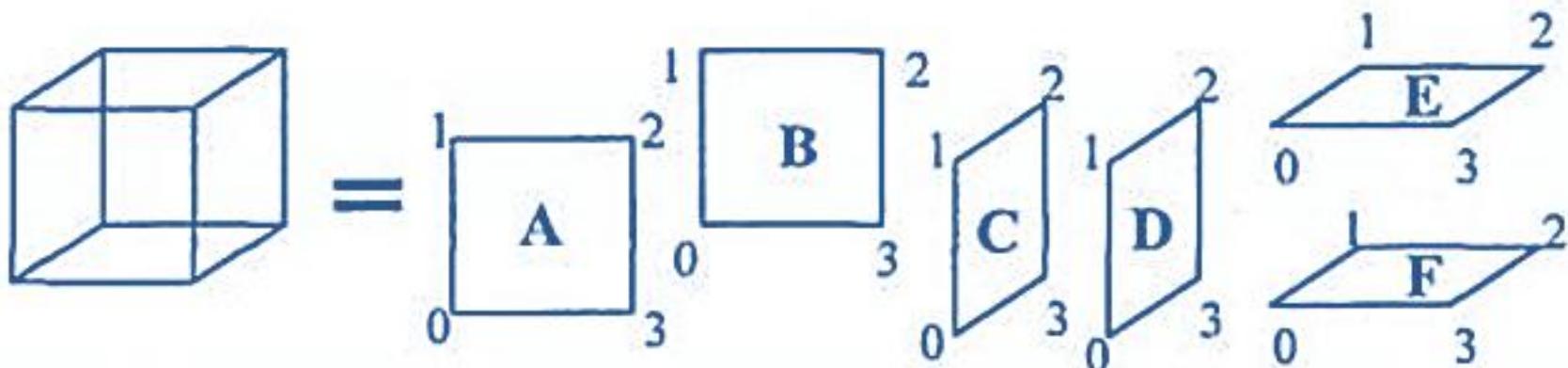
// Вершина может моделировать отдельный точечный объект, размер которого не имеет значения, а также может использоваться в качестве конечных точек для линейных объектов и полигонов

Двумя вершинами задается **вектор**. Несколько векторов составляют **полилинию**.

## 2. ВЕКТОРНАЯ ПОЛИГОНАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ

*Полилиния* может моделировать отдельный линейный объект, толщина которого не учитывается, а также может представлять **контур полигона**.

Один *полигон* может описывать плоскую грань объемного объекта. Несколько граней составляют объемный объект в виде **полигональной поверхности** — многогранник или незамкнутую поверхность  
*// в литературе встречается название "полигональная сетка"*



Грань А = {  $(x_{A0}, y_{A0}, z_{A0}), (x_{A1}, y_{A1}, z_{A1}), (x_{A2}, y_{A2}, z_{A2}), (x_{A3}, y_{A3}, z_{A3})$  }.

Грань В = {  $(x_{B0}, y_{B0}, z_{B0}), (x_{B1}, y_{B1}, z_{B1}), (x_{B2}, y_{B2}, z_{B2}), (x_{B3}, y_{B3}, z_{B3})$  }.

Грань С = {  $(x_{C0}, y_{C0}, z_{C0}), (x_{C1}, y_{C1}, z_{C1}), (x_{C2}, y_{C2}, z_{C2}), (x_{C3}, y_{C3}, z_{C3})$  }.

Грань D = {  $(x_{D0}, y_{D0}, z_{D0}), (x_{D1}, y_{D1}, z_{D1}), (x_{D2}, y_{D2}, z_{D2}), (x_{D3}, y_{D3}, z_{D3})$  }.

Грань Е = {  $(x_{E0}, y_{E0}, z_{E0}), (x_{E1}, y_{E1}, z_{E1}), (x_{E2}, y_{E2}, z_{E2}), (x_{E3}, y_{E3}, z_{E3})$  }.

Грань F = {  $(x_{F0}, y_{F0}, z_{F0}), (x_{F1}, y_{F1}, z_{F1}), (x_{F2}, y_{F2}, z_{F2}), (x_{F3}, y_{F3}, z_{F3})$  }.

## 2. ВЕКТОРНАЯ ПОЛИГОНАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ

// описания куба можно реализовать по-разному. Грань - открыть в памяти отдельный массив. Все грани - в один массив-вектор

Классы - для описания отдельных граней, или объектов

Структуры, которые объединяют тройки (x, y, z), или сохранять координаты отдельно

Мало что изменяет необходимо сохранять как минимум координаты вершин граней плюс доп. информацию

## **2. ВЕКТОРНАЯ ПОЛИГОНАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ**

*// Нумеруются вершины, а каждая грань дается в виде списка индексов вершин (указателей на вершины)*

*// Иерархия: вершины-ребра-границы*

## **Достоинства:**

+удобство масштабирования объектов;  
+простые поверхности описываются небольшим объемом данных, которые адекватно аппроксимируются плоскими гранями;  
+при преобразованиях систем координат или перемещении объектов определяются только координаты вершин.

## **Недостатки:**

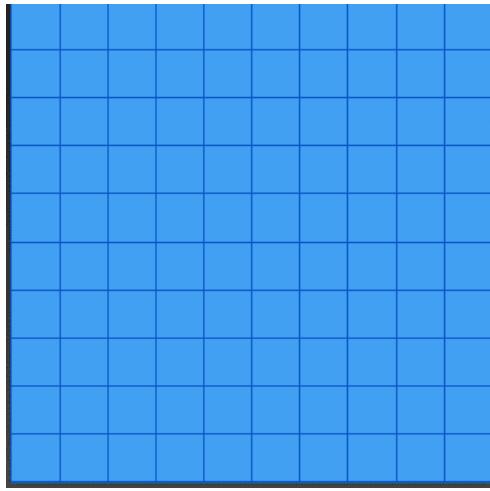
*-сложные алгоритмы визуализации для создания реалистичных изображений и топологических операций (разрезы);*  
*-аппроксимация плоскими гранями приводит к погрешности моделирования.*

### **3. ВОКСЕЛЬНАЯ МОДЕЛЬ**

**Воксельная модель** - это трехмерный растр.

// Подобно тому, как пиксели располагаются на плоскости 2D-изображения, так и voxels образовывают трехмерные объекты в определенном объеме

Вокセル - это элемент объема (*voxel - volume element*).



### **3. ВОКСЕЛЬНАЯ МОДЕЛЬ**

Каждый пиксел должен иметь свой цвет. Каждый вокセル также имеет свой цвет, а, кроме того, прозрачность. Полная прозрачность вокселя означает пустоту соответствующей точки объема.

При моделировании объема каждый вокセル представляет элемент объема определенного размера. Чем больше вокселов в определенном объеме и меньше размер вокселов, тем точнее моделируются трехмерные объекты — увеличивается разрешающая способность.

### **3. ВОКСЕЛЬНАЯ МОДЕЛЬ**

// Для современной КГ воксельный метод считается одним из перспективных

// Его используют в компьютерных системах для медицины

// Например, при сканировании томографом (computer tomography) получаются изображения срезов объекта, которые потом объединяются в виде объемной модели для дальнейшего анализа

// Воксельный метод используется в геологии, сейсмологии, в компьютерных играх

### **3. ВОКСЕЛЬНАЯ МОДЕЛЬ**

#### ***Достоинства:***

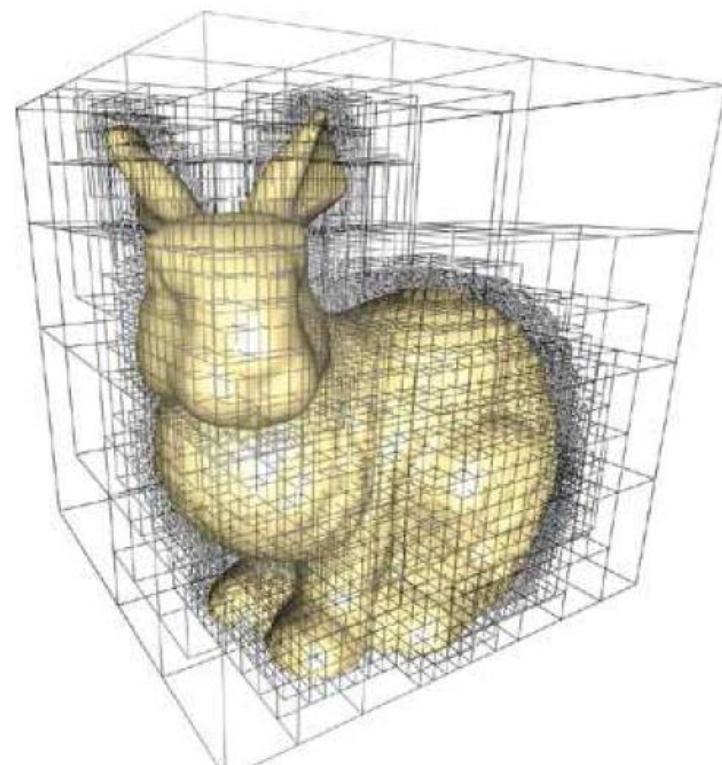
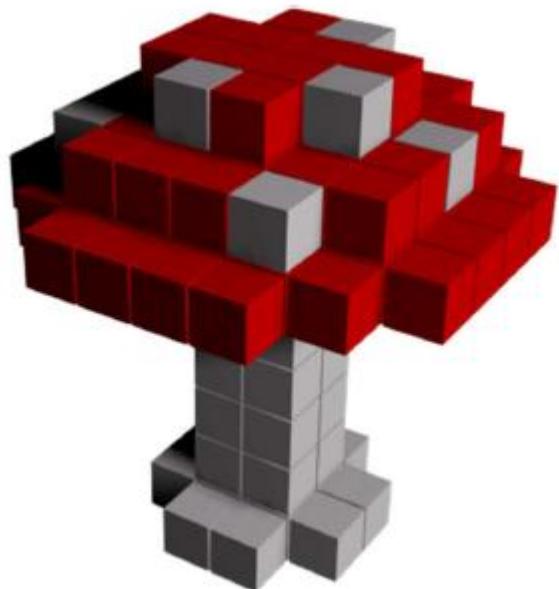
- + позволяет достаточно просто описывать сложные объекты и сцены, простая процедура отображения объемных сцен;
- + простое выполнение топологических операций над отдельными объектами и сценой в целом. // Например, просто выполняется показ разреза — для этого соответствующие воксели можно сделать прозрачными.

### **3. ВОКСЕЛЬНАЯ МОДЕЛЬ**

#### ***Недостатки:***

- большое количество информации, необходимой для представления объемных данных; // Например, объем 256x256x256 имеет небольшую разрешающую способность, но требует свыше 16 миллионов вокселов
  - значительные затраты памяти ограничивают разрешающую способность, точность моделирования; // большое количество вокселов обуславливает малую скорость создания изображений объемных сцен
  - возникают проблемы при увеличении или уменьшении изображения.

### 3. ВОКСЕЛЬНАЯ МОДЕЛЬ



### **3. ВОКСЕЛЬНАЯ МОДЕЛЬ**



## 4. РАВНОМЕРНАЯ СЕТКА

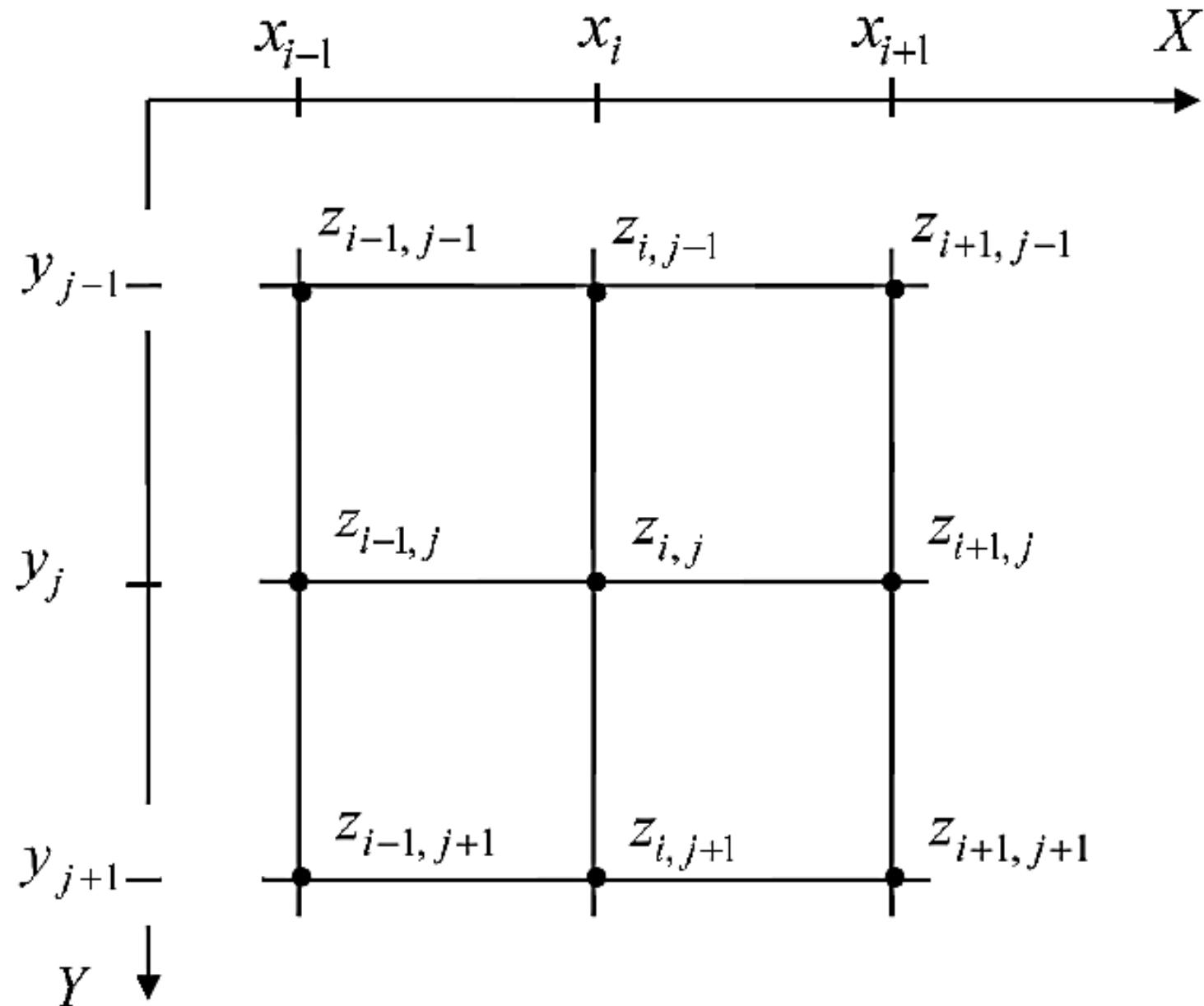
Эта модель описывает координаты отдельных точек поверхности следующим способом.

Каждому узлу сетки с индексами  $(i, j)$  приписывается значение высоты  $Z_{ij}$ .

Индексам  $(i, j)$  отвечают определенные значения координат  $(x, y)$ .

Расстояние между узлами одинаковое  $dx$  по оси X и  $dy$  по оси Y.

## 4. РАВНОМЕРНАЯ СЕТКА



## **Достоинства:**

- + простота описания поверхностей;
- + возможность быстро узнать высоту любой точки поверхности простой интерполяцией.

## **Недостатки:**

- поверхности, которые соответствуют неоднозначной функции высоты в узлах сетки, не могут моделироваться;
- для описания сложных поверхностей необходимо большое количество узлов;
- описание отдельных типов поверхностей может быть сложнее.

## **5. НЕРАВНОМЕРНАЯ СЕТКА. ИЗОЛИНИИ ВЫСОТЫ**

***Неравномерная сетка*** - модель описания поверхности в виде множества отдельных точек принадлежащих поверхности.

// Эти точки могут быть получены, например, в результате измерений поверхности какого-нибудь объекта с помощью определенного оборудования

## **5. НЕРАВНОМЕРНАЯ СЕТКА. ИЗОЛИНИИ ВЫСОТЫ**

// Рассмотрим модель поверхности в виде множества точечных значений, логически никак не связанных между собой

Неравномерность задания опорных точек усложняет определение координат для других точек поверхности, которые не совпадают с опорными точками. Нужны специальные методы пространственной интерполяции.

## **5. НЕРАВНОМЕРНАЯ СЕТКА. ИЗОЛИНИИ ВЫСОТЫ**

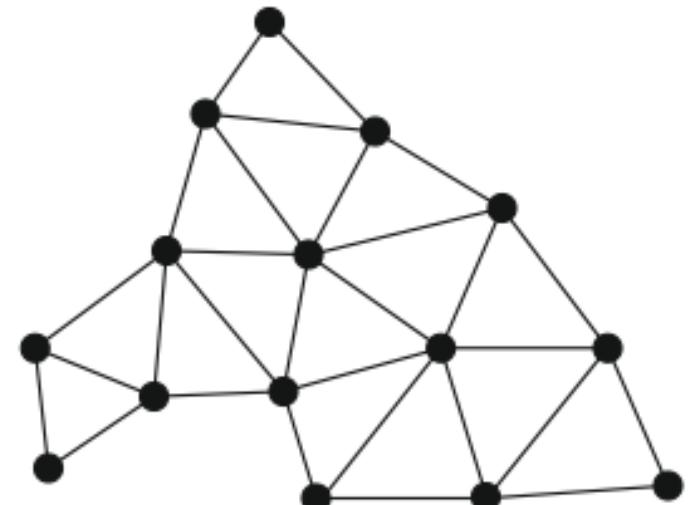
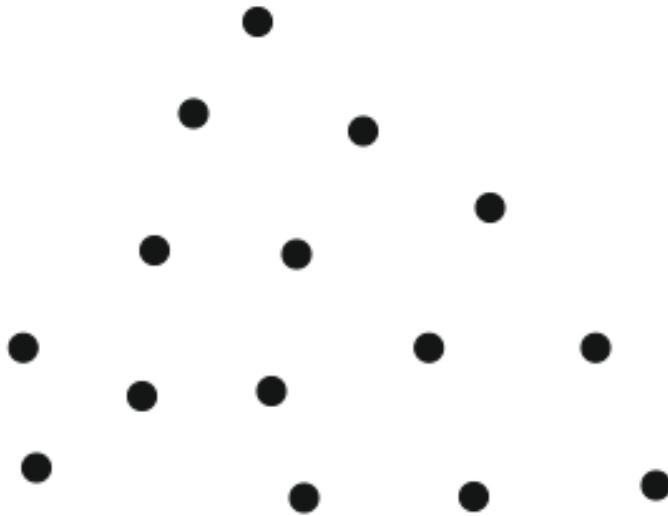
// Задача — отобразить поверхность

// Эту задачу можно решать несколькими способами, в том числе триангуляцией.

### **Процесс триангуляции**

Сначала находим первые три самые близкие друг другу точки - и получаем одну плоскую треугольную грань. Потом находим точку, ближайшую к этой грани, и образовываем смежную грань. И так далее, пока не останется ни одной отдельной точки.

## 5. НЕРАВНОМЕРНАЯ СЕТКА. ИЗОЛИНИИ ВЫСОТЫ



## **5. НЕРАВНОМЕРНАЯ СЕТКА. ИЗОЛИНИИ ВЫСОТЫ**

// Описание поверхности треугольными гранями можно уже считать разновидностью векторной полигональной модели. В англоязычной литературе для нее встречается такое название: TIN (Triangulated Irregular Network).

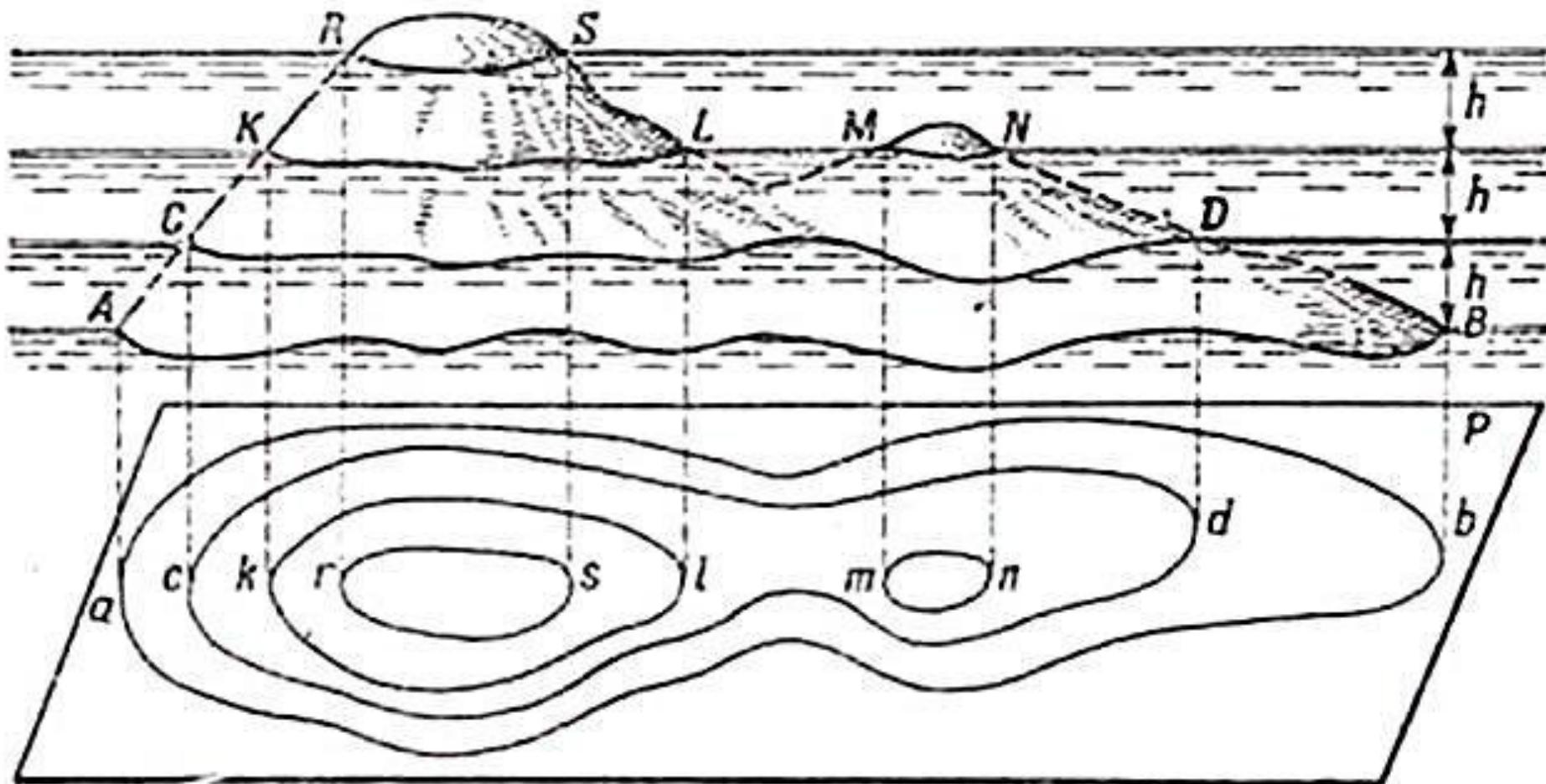
После триангуляции получаем полигональную поверхность, отображение которой сделать уже достаточно просто.

## **5. НЕРАВНОМЕРНАЯ СЕТКА. ИЗОЛИНИИ ВЫСОТЫ**

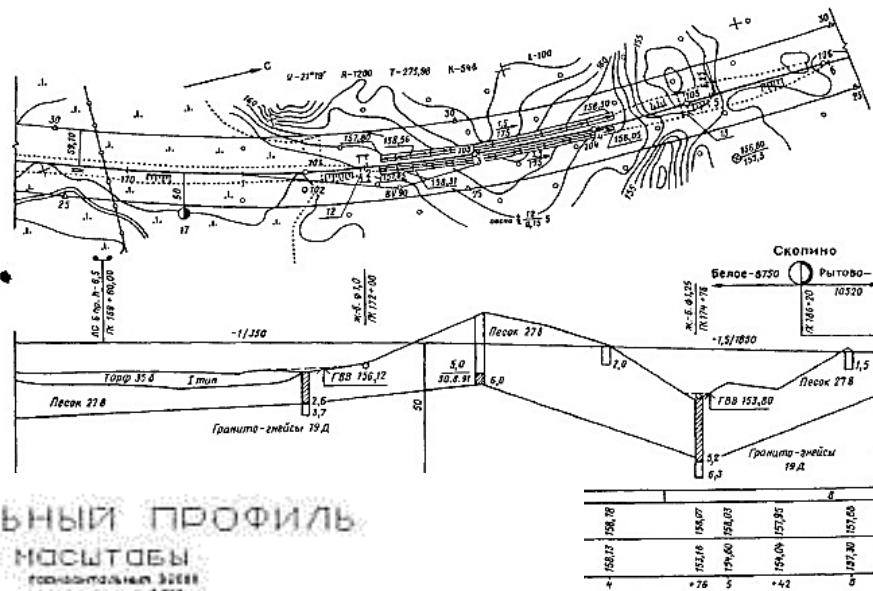
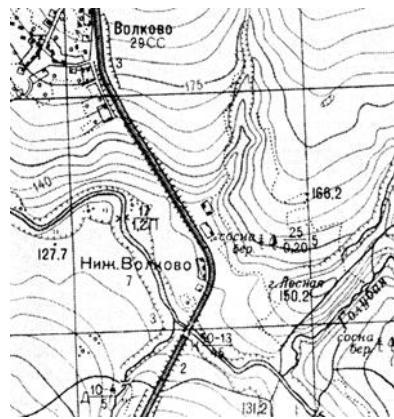
**Изолиния** состоит из точек, представляющих одно числовое значение какого-то показателя, в данном случае — значение высоты.

Изолинии высоты также можно представить себе как контуры разреза поверхности горизонтальными плоскостями (поэтому для изолиний высоты часто применяется название "горизонтали").

## 5. НЕРАВНОМЕРНАЯ СЕТКА. ИЗОЛИНИИ ВЫСОТЫ

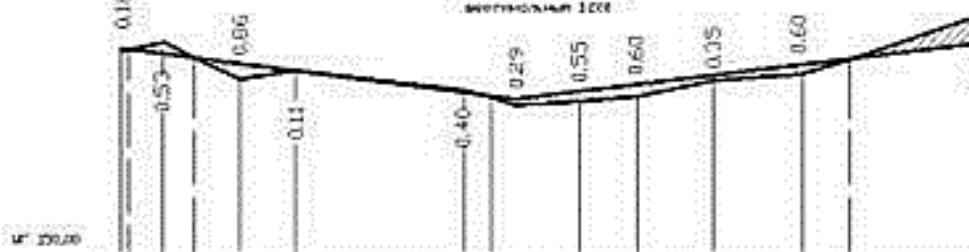


## **5. НЕРАВНОМЕРНАЯ СЕТКА. ИЗОЛИНИИ ВЫСОТЫ**



### Продольный профиль

МОСТЫ



Порядок	Наименование	Составление										
		Помощь					Помощь					
		7 <sup>а</sup>	7 <sup>б</sup>	7 <sup>в</sup>	7 <sup>г</sup>	7 <sup>д</sup>	7 <sup>а</sup>	7 <sup>б</sup>	7 <sup>в</sup>	7 <sup>г</sup>	7 <sup>д</sup>	
3	Расстояние до точки наибольшего роста	15	15,4	17,5	16,5	16,4	15,4	15,4	15,4	15,4	24,7	25,3
4	Продолжительность стационарного периода	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	24	24
5	Число и длина протяженных линий				0,025				0,024		272	
6	Всего протяженные стационарные линии	15	15,4	15	15,4	15	15,4	15	15,4	15	24	24
7	Расстояние	22	46	32			67	33	45	55		
8	Число линий	10		1			2		2	4		

## 5. НЕРАВНОМЕРНАЯ СЕТКА. ИЗОЛИНИИ ВЫСОТЫ

В компьютерных системах изолинии часто описываются векторно — полилиниями. Используются также изолинии в виде сплайновых кривых.

// Точки, которые составляют изолинии, и отдельные опорные точки располагаются неравномерно. Это усложняет расчет координат точек поверхности.

## **5. НЕРАВНОМЕРНАЯ СЕТКА. ИЗОЛИНИИ ВЫСОТЫ**

Для показа поверхности, обычно необходимо преобразовывать описание поверхности в другую форму.

Преобразование изолиний в полигональную модель также выполняется методами триангуляции.

## **5. НЕРАВНОМЕРНАЯ СЕТКА. ИЗОЛИНИИ ВЫСОТЫ**

**Достоинства:** использование отдельных опорных точек, наиболее важных для заданной формы поверхности, обуславливает меньший объем информации; наглядность показа рельефа поверхности изолиниями на картах, планах.

**Недостатки:** невозможность или сложность выполнения многих операций над поверхностями; сложные алгоритмы преобразования в другие формы описания поверхностей.

*Благодарю за внимание!)*

