

№  
лекции

## Темы лекционных занятий

- 1 Методы и технологии конструирования изделий.
- 2 Основы геометрического моделирования деталей.
- 3 Поверхностное моделирование объектов.
- 4 Твёрдотельное моделирование объектов.
- 5 Моделирование объёмных сборок.
- 6 Инженерный анализ методом конечных элементов.
- 7 Методы и технологии прототипирования
- 8 Операционные технологические процессы для обработки на станке с ЧПУ.
- 9 Особенности 5-координатной обработки.

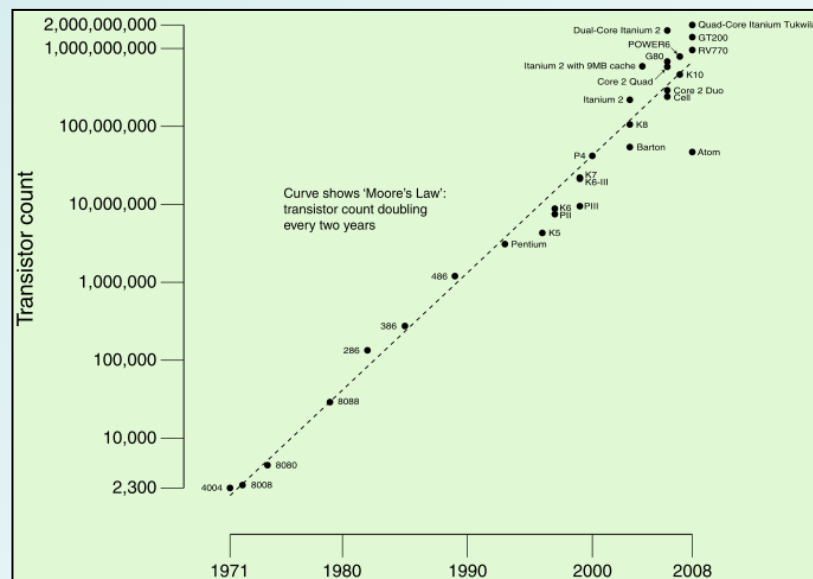
# Методы и технологии конструирования изделий

- Введение.
- Классификация подходов к конструированию изделий.
- Процесс формирования моделей изделий.
- Классификация и задачи систем автоматизированного проектирования (CAD/CAM).
- Математическое обеспечение автоматизированного проектирования.
- Основные понятия моделирования.
- Классификация математических моделей.
- Параметры качества математических моделей.

# Закон Гордона Мура

- Технический директор Intel Gordon Moore в 70-х годах прошлого столетия сделал прогноз, что количество транзисторов в интегральных схемах будет возрастать вдвое, каждые 24 месяца
- Современная версия закона Мура гласит, что количество транзисторов на кристалле удваивается каждые восемнадцать месяцев

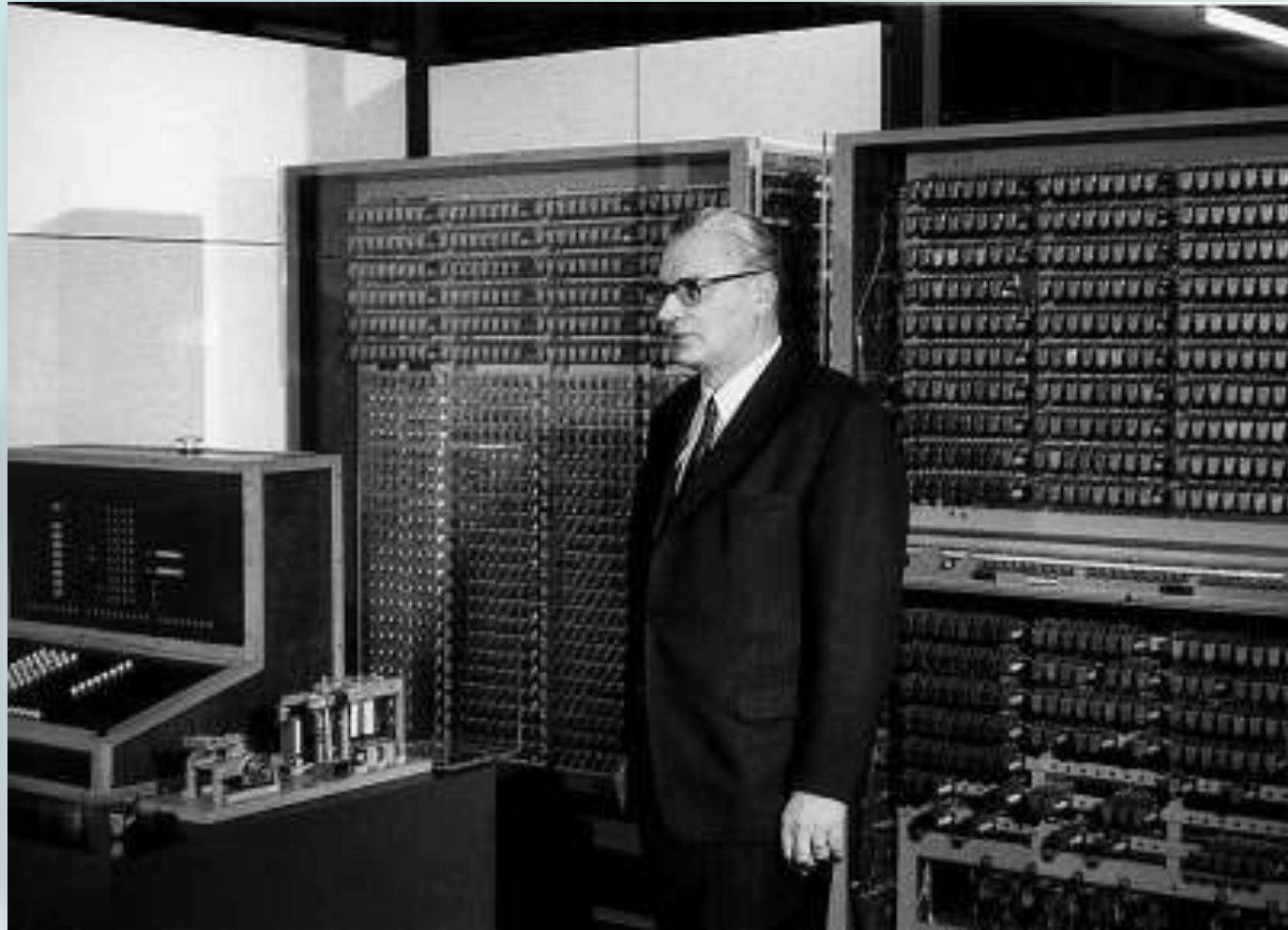
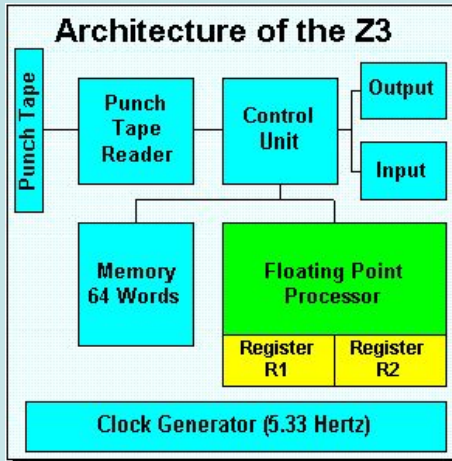
*Если бы Боинг 747 прогрессировал с такой же скоростью, с какой прогрессирует твердотельная электроника, то он умещался бы в спичечном коробке и облетал бы без дозаправки земной шар 40 раз*



*“Если автомобильная промышленность подчинялась бы такому же циклу развития, как и компьютерная, Rolls-Royce стоил бы сейчас \$100, на одном галлоне бензина проезжал бы миллион миль и взрывался бы раз в году. . .”*

*— Robert Cringley*

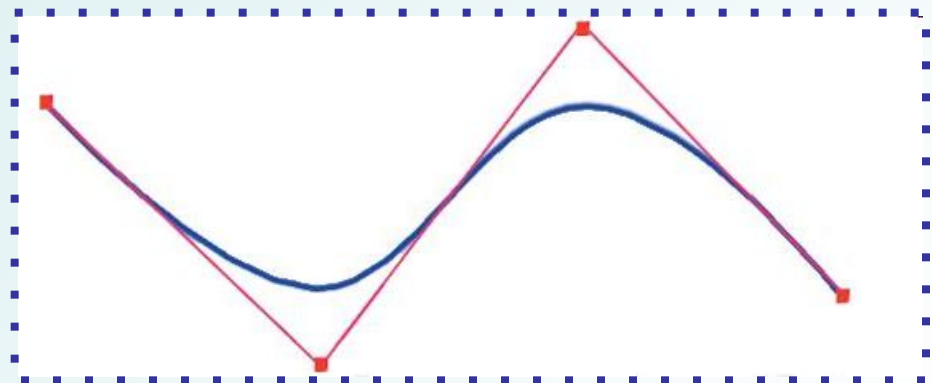
# - 1941: Разработан первый компьютер – Z3



**Конрад Цузе  
(Konrad Zuse)**

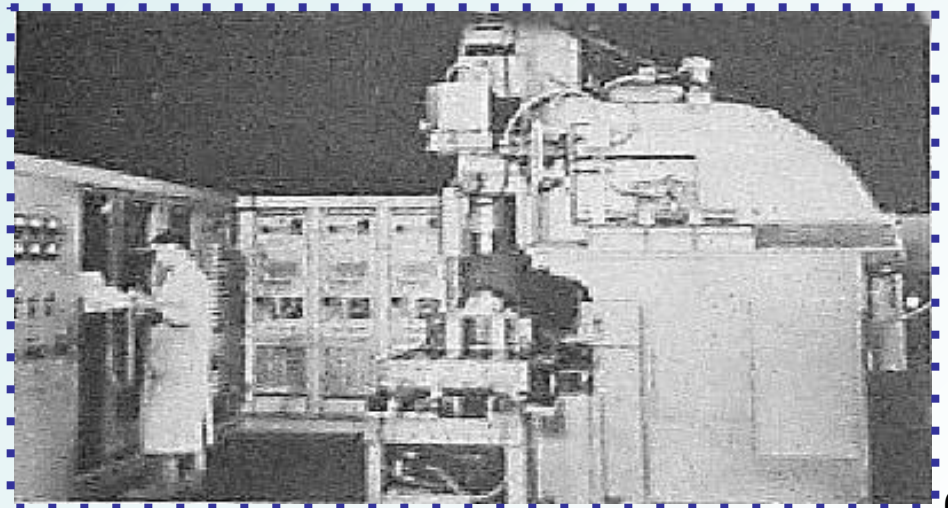
# 1950–ые: формирование теоретических основ САПР

- 1946: разработана модель В-сплайнов (кривые, степень которых не определяется числом опорных точек, по которым она строится) – *Исаак Шёнберг*.

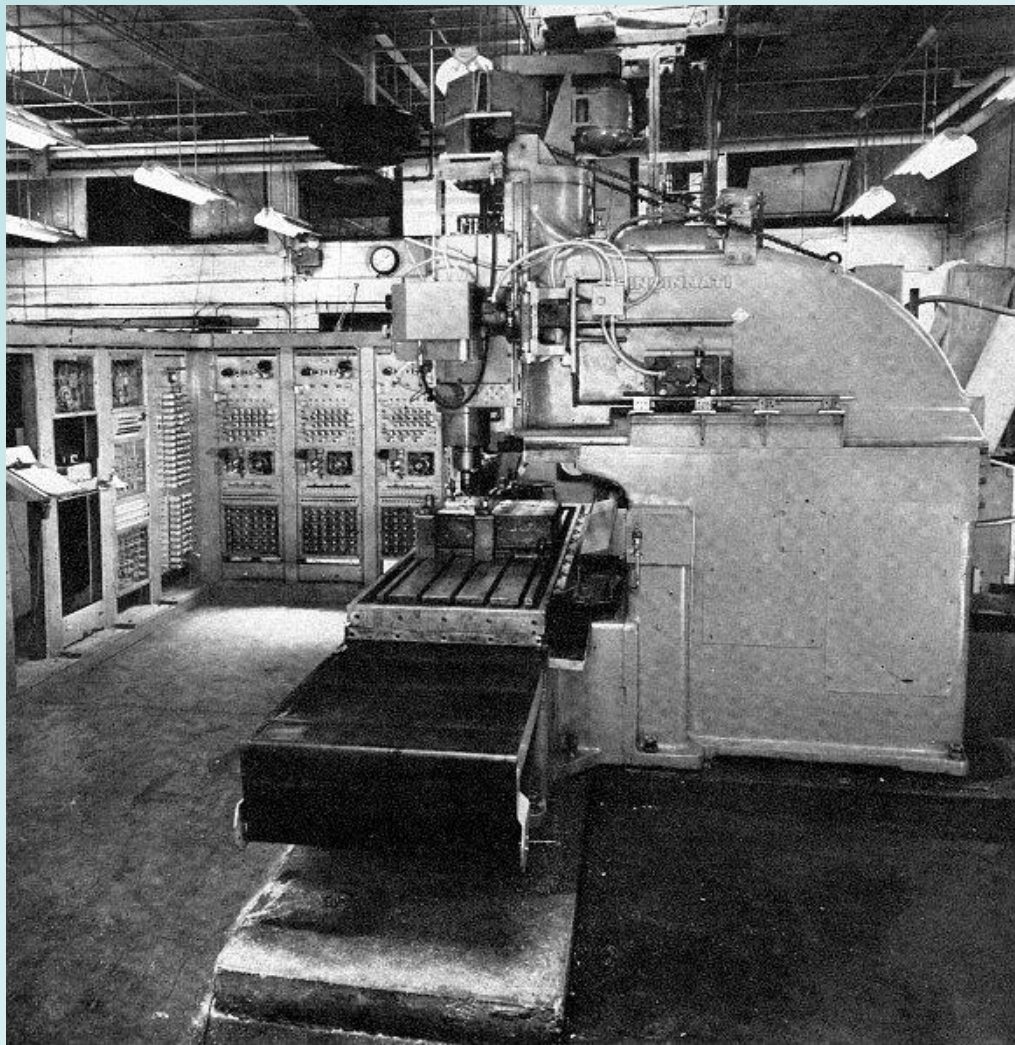


# 1950–ые: формирование теоретических основ САПР

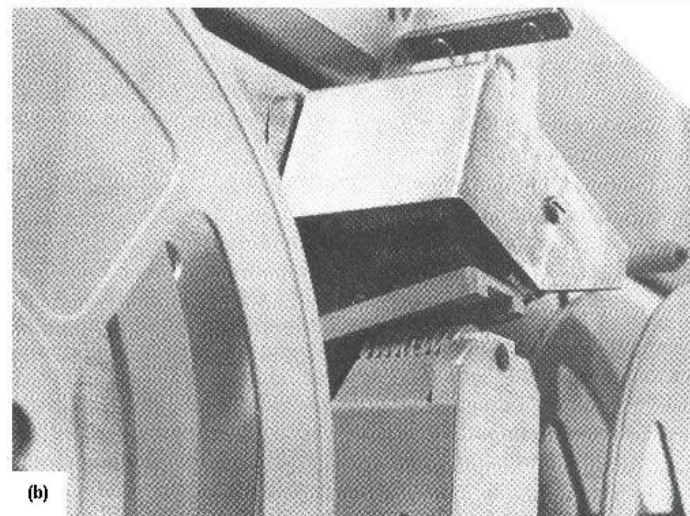
- 1952: запущен первый в мире станок с ЧПУ  
(*Массачусетский технологический институт*).

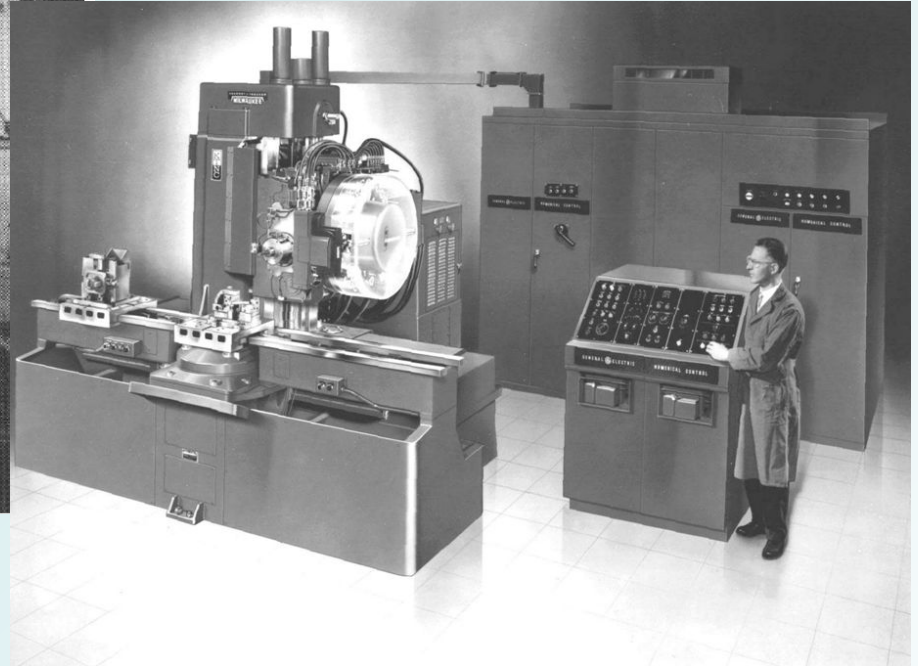
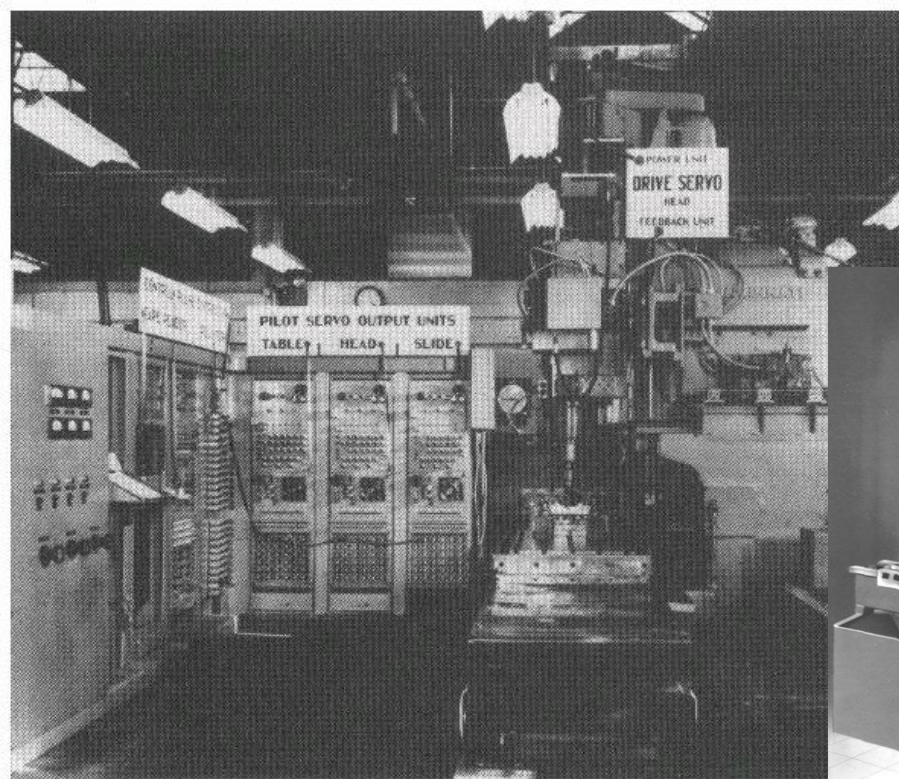


Демонстрация прототипа первого станка с  
числовым управлением  
(Massachusetts Institute of Technology, 1952)



Устройство считывания  
управляющих программ с  
перфоленты



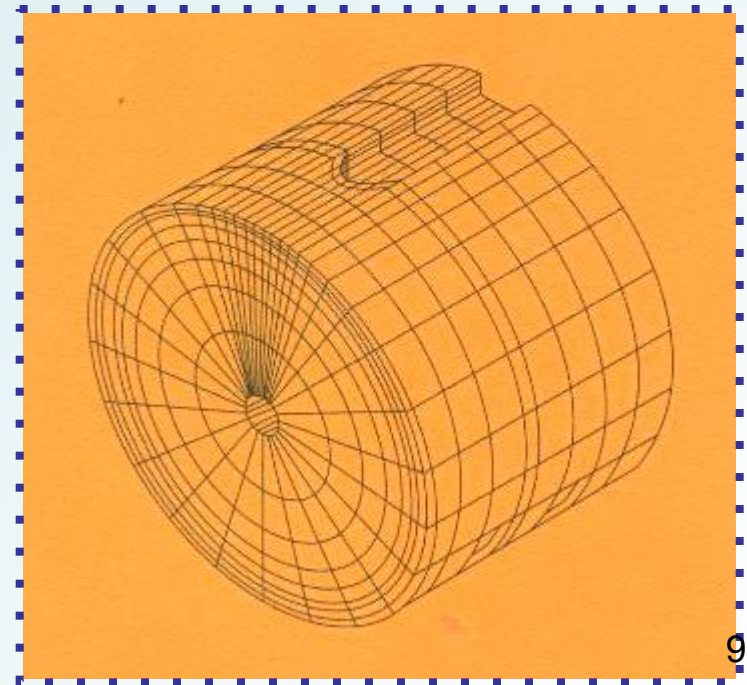


**Первое поколение** станков с ЧПУ имело ламповые контроллеры, занимали огромную площадь и выделяли много тепла. **Во втором поколении** ламповая логика была заменена на более надёжную транзисторную. **В третьем поколении** стали применяться интегральные схемы.



# 1950–ые: формирование теоретических основ САПР

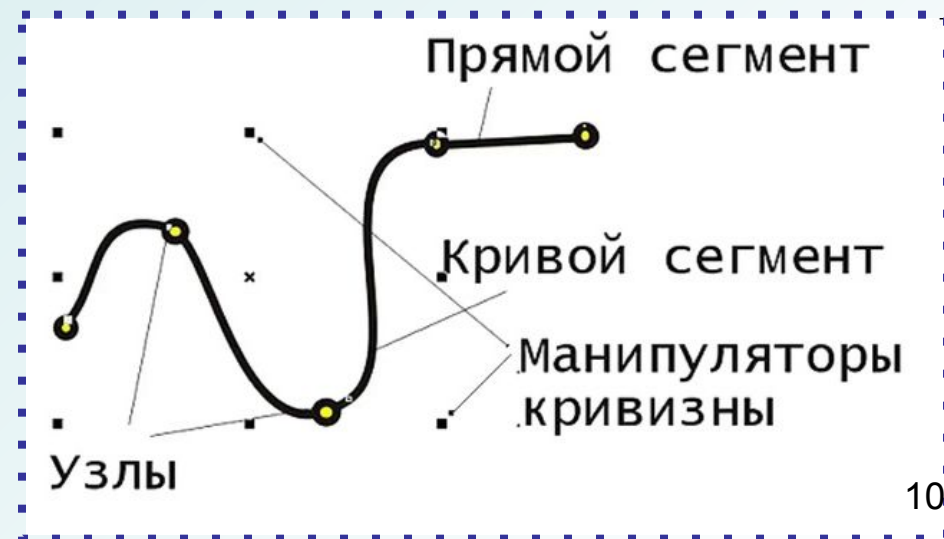
- 1950-ые: разработан метод конечных элементов.



# 1950–ые: формирование теоретических основ САПР

- 1959: создание «скульптурных поверхностей» (гладкие кривые и поверхности, построенные по набору контрольных точек, будущие кривые и поверхности Безье)

– *Поль де Кастельжо.*



# Первая система автоматизированного проектирования «DAC-1»

(совместный проект General Motors и IBM, 1959-1964 г.г.)

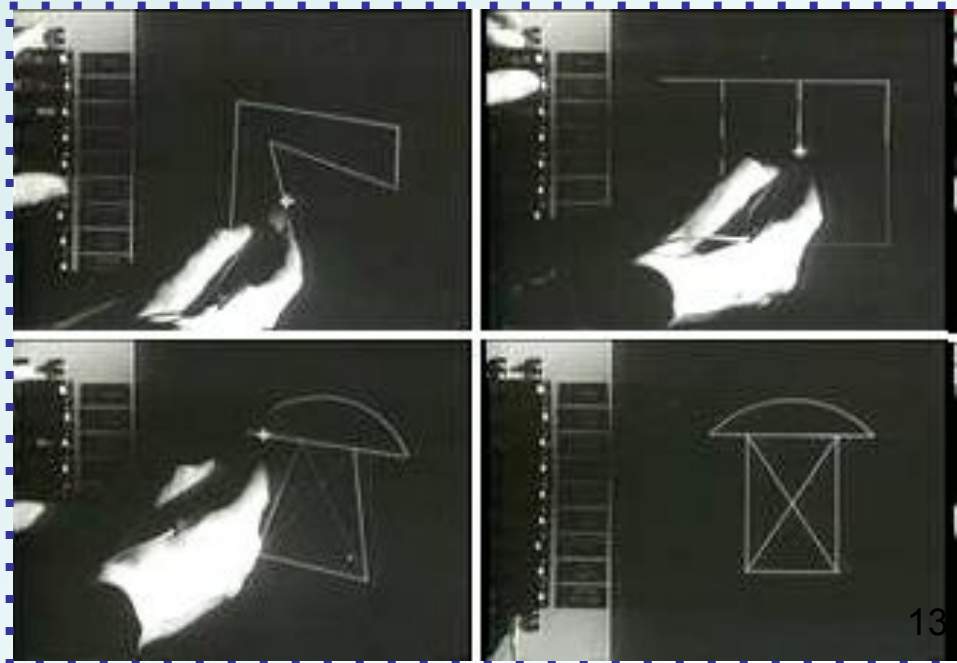




***Автомобиль Citroen DS (1959-1975 гг.) – пример создания «скульптурной поверхности»***

# 1950–ые: формирование теоретических основ САПР

- 1963: создана программа Scetchpad, прародительница современных CAD
- *Айвен Сазерленд.*



# 1950–ые: формирование теоретических основ САПР

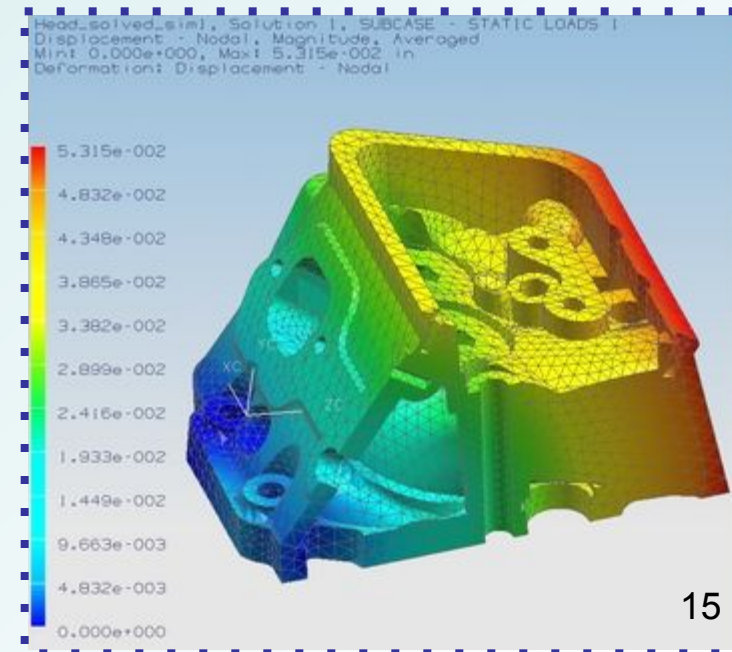
– 1961: разработка языка АРТ (Automatic Programming Tools) для станков с ЧПУ.

1969: UNIAPT – первый  
миникомпьютер,  
программируемый на АРТ.



# 1950–ые: формирование теоретических основ САПР

– 1972: выпуск первой коммерческой версии пакета конечно-элементного анализа NASTRAN (NASA STRuctural ANalysis).



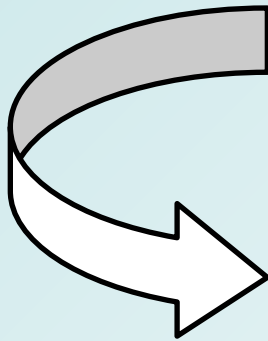
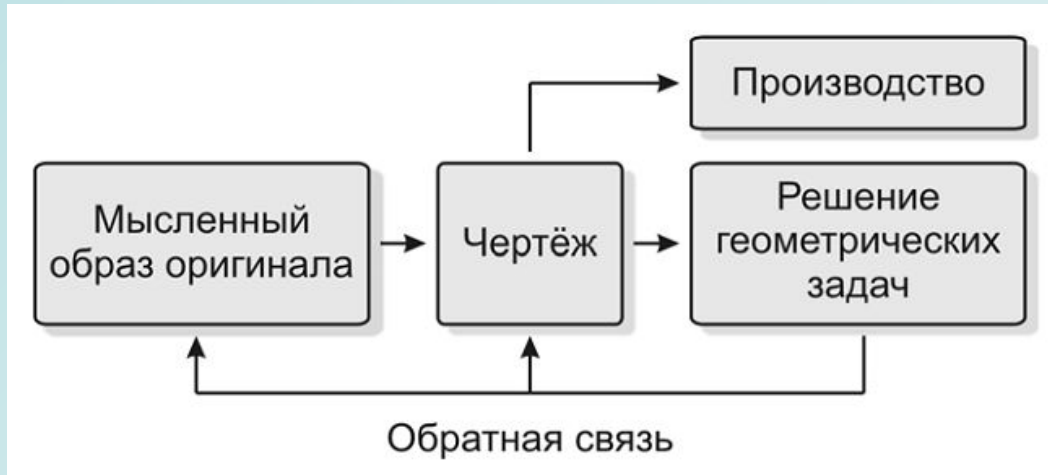
**1980–ые: появление и  
распространение CAD/CAM/CAE-  
систем массового применения**



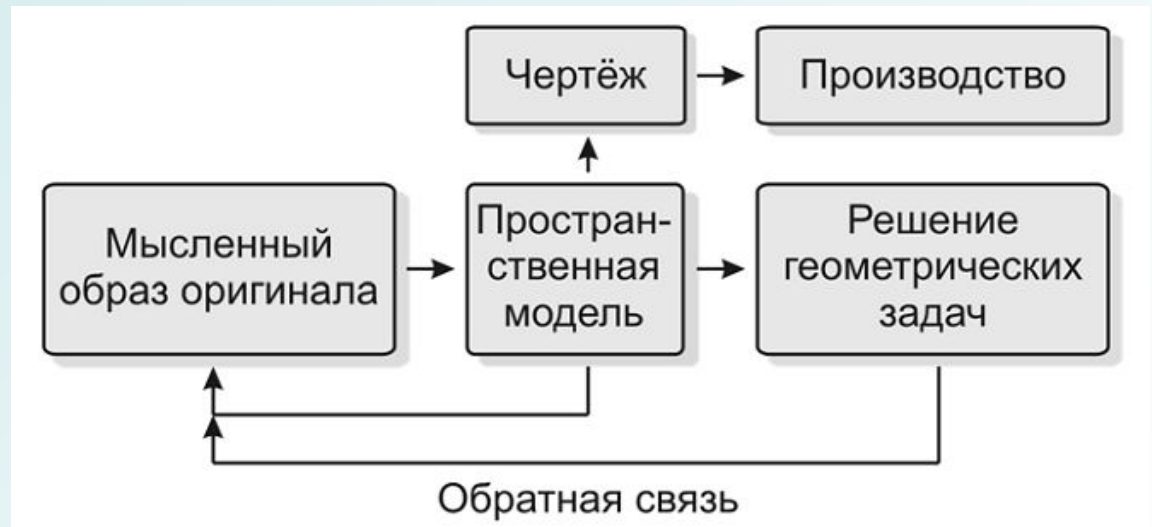
**1990–ые: совершенствование  
функциональности САПР и их  
интеграция с системами поддержки  
жизненного цикла изделий**

# Смена парадигмы САПР

## Традиционная технология конструирования



## Современная технология конструирования



# КЛАССИФИКАЦИЯ САПР

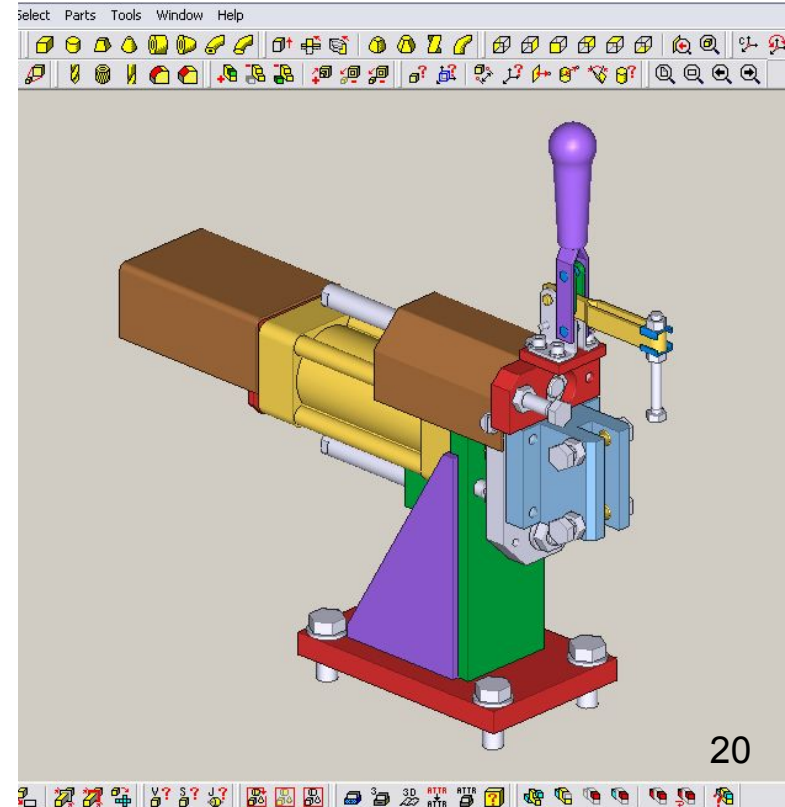
**CAD** – средства автоматизированного проектирования.

**CAM** – средства технологической подготовки производства изделий.

**CAE** – средства автоматизации инженерных расчётов, анализа и симуляции физических процессов.

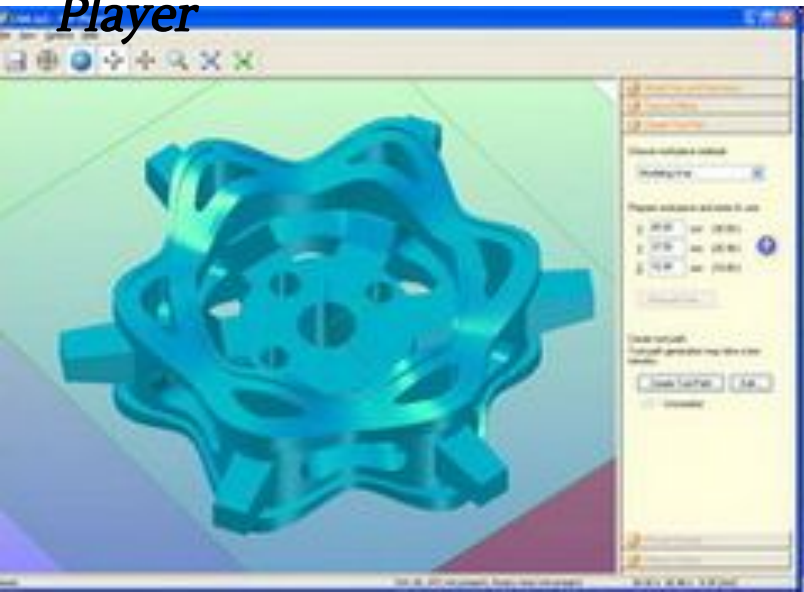
**CAD** – системы конструкторского проектирования.

Решение конструкторских задач; оформление конструкторской документации



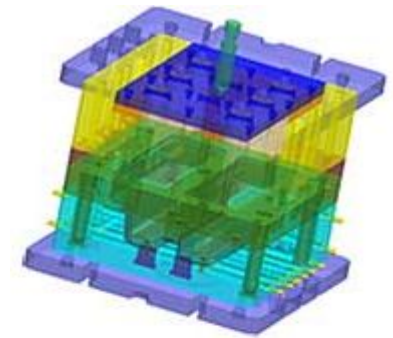
# CAM – системы технологического проектирования.

*CAM-система - SRP  
Player*

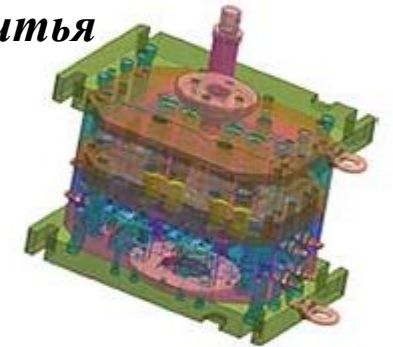


Проектирование  
технологических процессов;  
расчёт норм времени;  
симуляция механической  
обработки;  
программы для станков с ЧПУ<sub>21</sub>

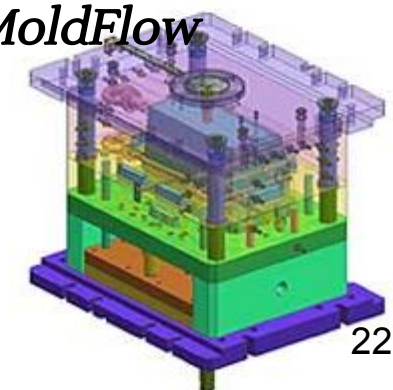
# CAE – системы расчётов и инженерного анализа.



*CAE-система  
литья*



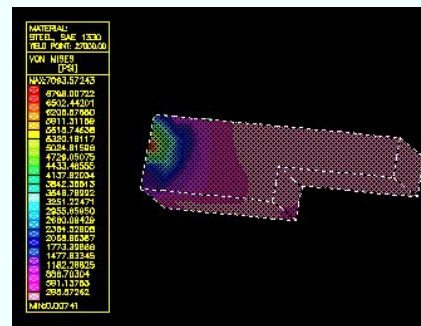
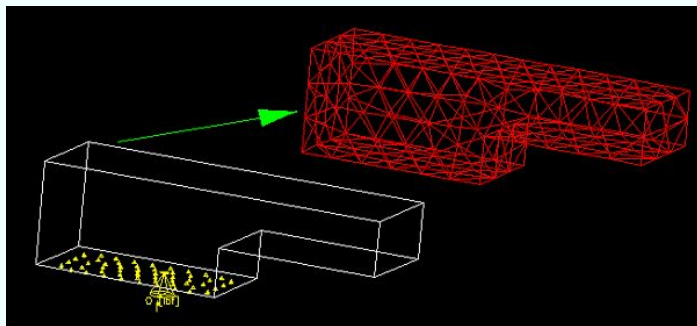
*пластмасс  
MoldFlow*



Препроцессор

Решатель

Постпроцессор



# КЛАССИФИКАЦИЯ САПР

## Системы высокого

уровня

3D (Среднего  
класса)

1

2D (Чертёжно-  
ориентированные)

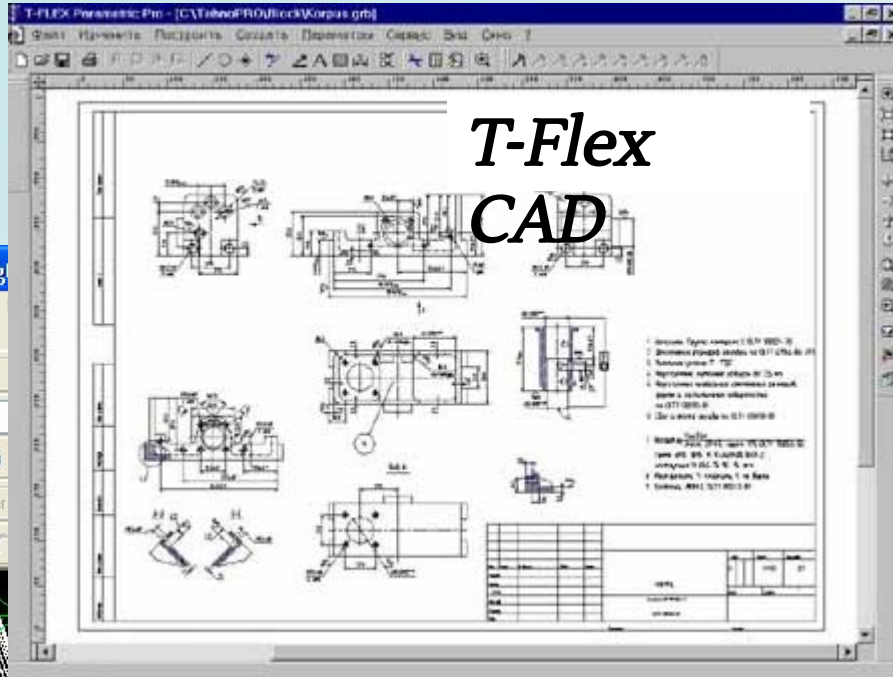
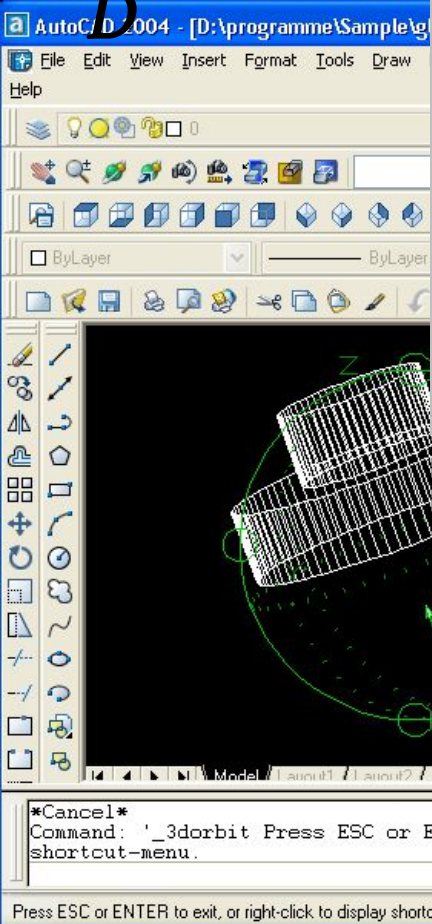
2

3

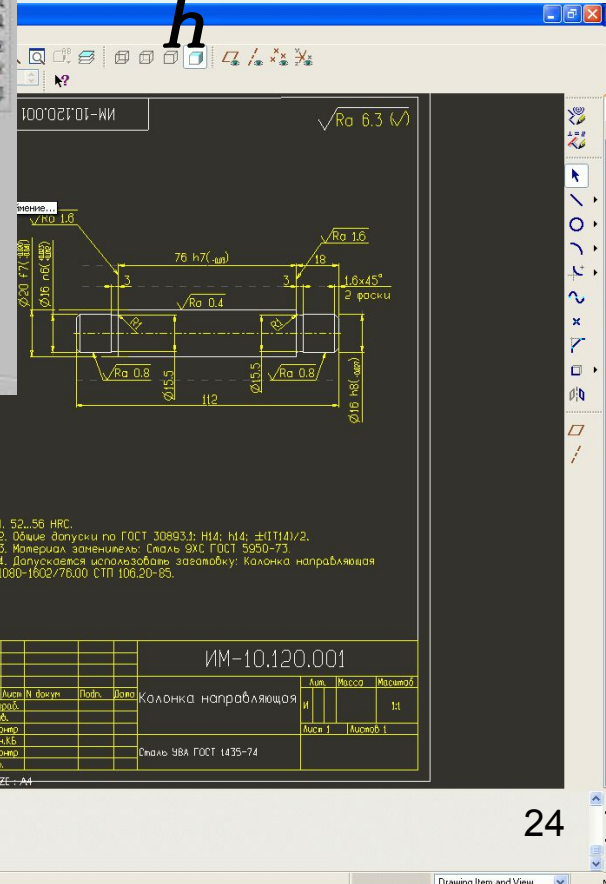
# Системы нижнего уровня (2D)

AutoCA

D



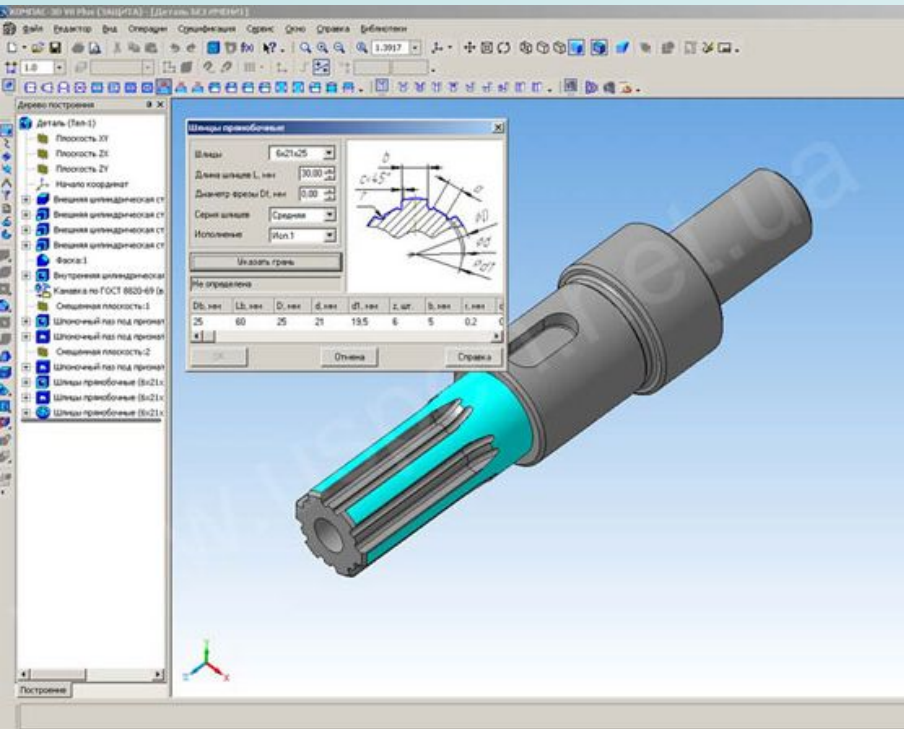
CADMech



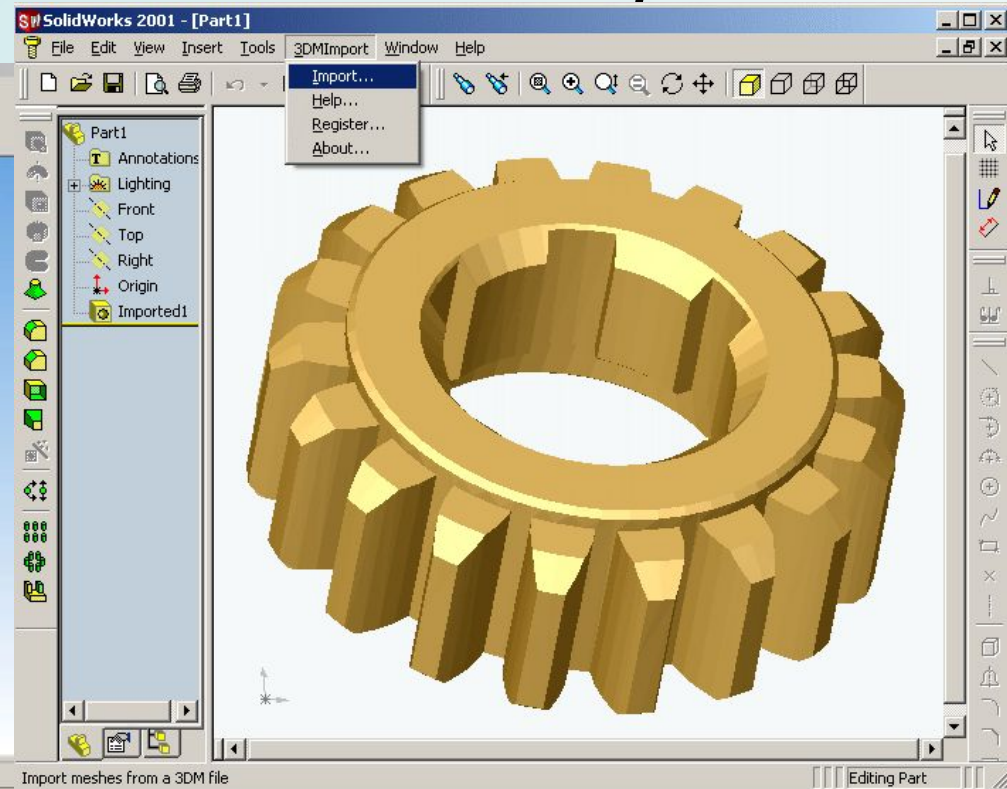


# Системы среднего уровня (3D)

*Компас 3D*

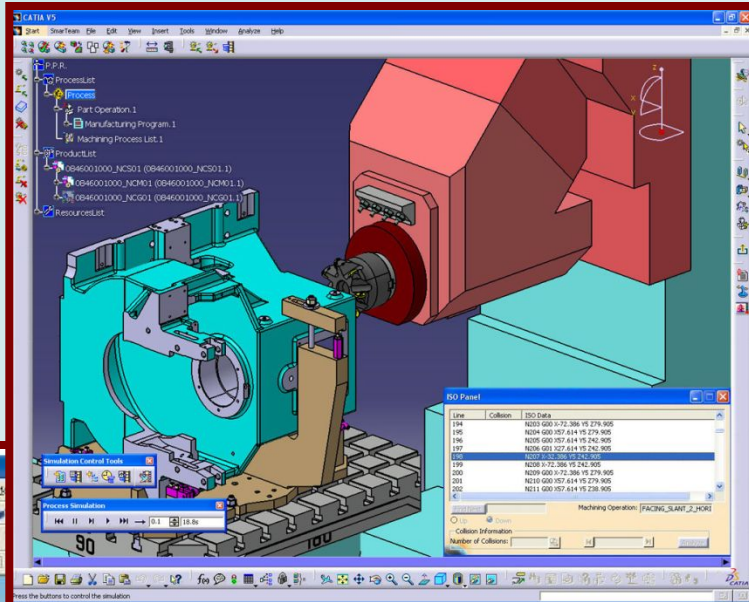


*SolidWor*  
1

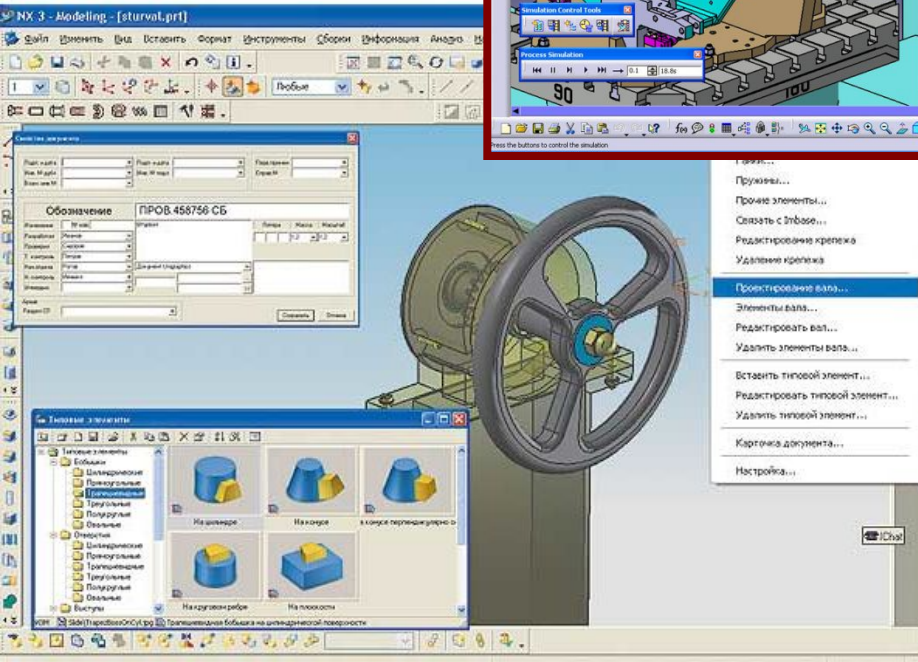


# Системы верхнего уровня (CAD/CAM/CAE)

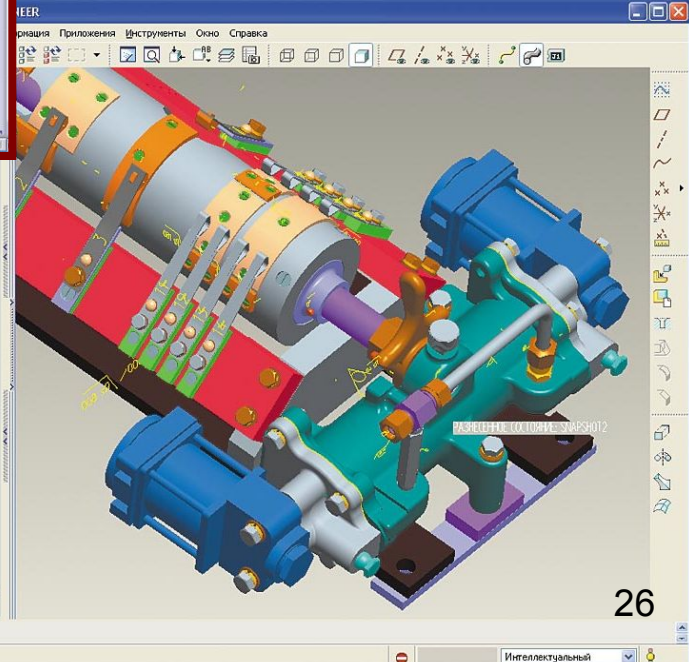
CATIA



NX  
(Unigraphics)



Creo  
Parametric



# 1 Виды моделей



# Физические модели

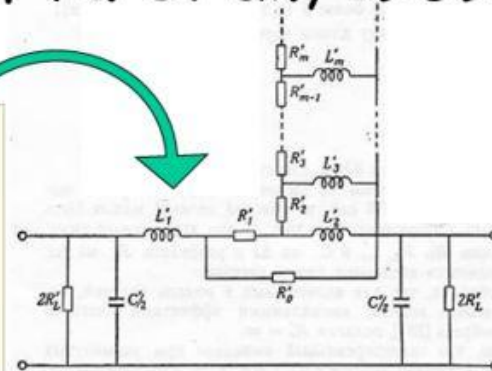
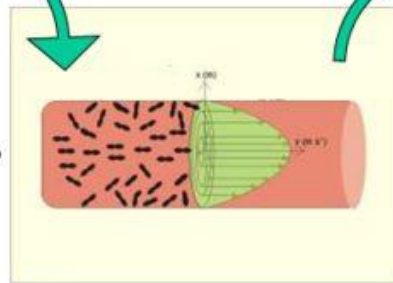
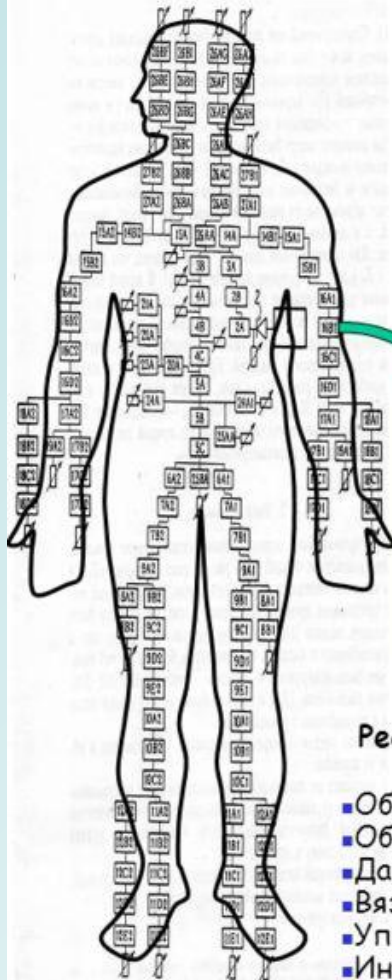


# Физические модели



# Аналоговые модели

## Аналоговая модель артериальной системы человека (Westerhof N. et al., 1969)



### Реологические характеристики

- Объем крови
- Объемная скорость течения крови
- Давление
- Вязкие свойства крови
- Упругие свойства артерии
- Инерционные свойства крови

### Электрические аналоги

- Заряд
- Сила тока
- Напряжение
- Омическое сопротивление
- Емкость
- Индуктивность

# Образные модели

## Многофункциональное здание

Перспектива



Экспликация 1-го этажа

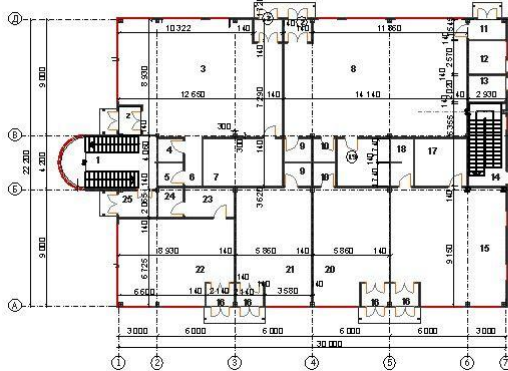
№	Наименование	Площадь м2
1	Лестница	27,7
2	Танбур	3,8
3	Офис МТС	106,18
4	Женский санузел	3,72
5	Мужской санузел	3,72
6	Коридор	4,87
7	Помещение персонала	22,3
8	Зал игровых автоматов	124,80
9	Женский санузел	3,72
10	Мужской санузел	3,01
11	Танбур	4,41
12	Дворничкая	7,53
13	Электрощитовая	5,91
14	Лестница	18,55
15	Магазин бытовой и аудиотехники	77,13
16	Танбур	3,8
17	Кладовая	14,44
18	Санузел	6,02
19	Помещение персонала	14,44
20	Магазин инструментов	49,34
21	Цветочный салон	49,34
22	Хозяйственный санузел	55,64
23	Помещение персонала	7,84
24	Санузел	4,41
25	Танбур	5,60
<b>Итого</b>		<b>653,68</b>

Экспликация 2-го этажа

№	Наименование	Площадь м2
1	Лестница	5,36
2	Коридор	86,36
3	Танбур	7,60
4	Помещение для остриженных волос и хранения грязного белья	2,47
5	Стерилизационная	4,55
6	Кабинет визажиста и педикюра	23,0
7	Зал парикмахерской	49,41
8	Торговый зал (обувь)	53,52
9	Помещение хранения товаров	53,52
10	Помещение персонала	10,05
11	Женский санузел	3,33
12	Кладовая уборочного инвентаря	3,06
13	Мужской санузел	3,33
14	Коридор	14,48
15	Вентканера	25,66
16	Лестница	3,91
17	Торговый зал (товары для детей)	81,34
18	Торговый зал (галантерея-парфюм)	53,55
19	Торговый зал (посуда, хозтовары)	53,55
20	Торговый зал (одежда)	80,76
<b>Итого</b>		<b>653,68</b>

Общая площадь 1 272 м2

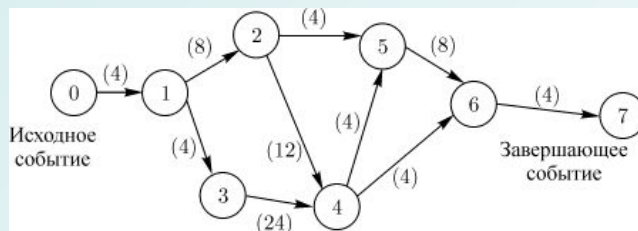
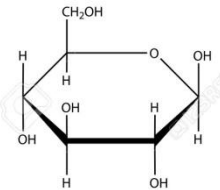
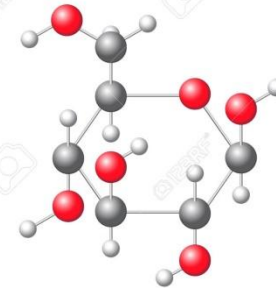
План 1-го этажа



План 2-го этажа



β-D-Glucose (cyclic)



# Знаковые модели

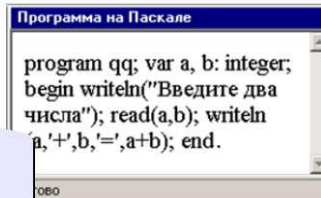
$$x_1 = \frac{-b + \sqrt{D}}{2a}; \quad x_2 = \frac{-b - \sqrt{D}}{2a}$$



## Форматированный текст (листинги программ)

```
program qq;  
var a, b: integer;  
begin  
  writeln("Введите два числа");  
  read(a,b);  
  write(a,'+',b,'=',a+b);  
end.
```

отформатированный текст  
(preformatted)

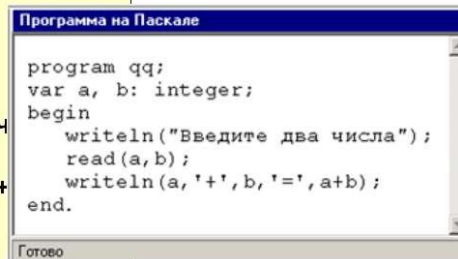


Программа на Паскале

```
program qq; var a, b: integer;  
begin writeln("Введите два  
числа"); read(a,b); writeln  
(a,'+',b,'=',a+b); end.
```

Готово

```
<PRE>  
program qq;  
var a, b: integer;  
begin  
  writeln("Введите два ч  
  read(a,b);  
  writeln(a,'+',b,'=',a+  
end.  
</PRE>
```



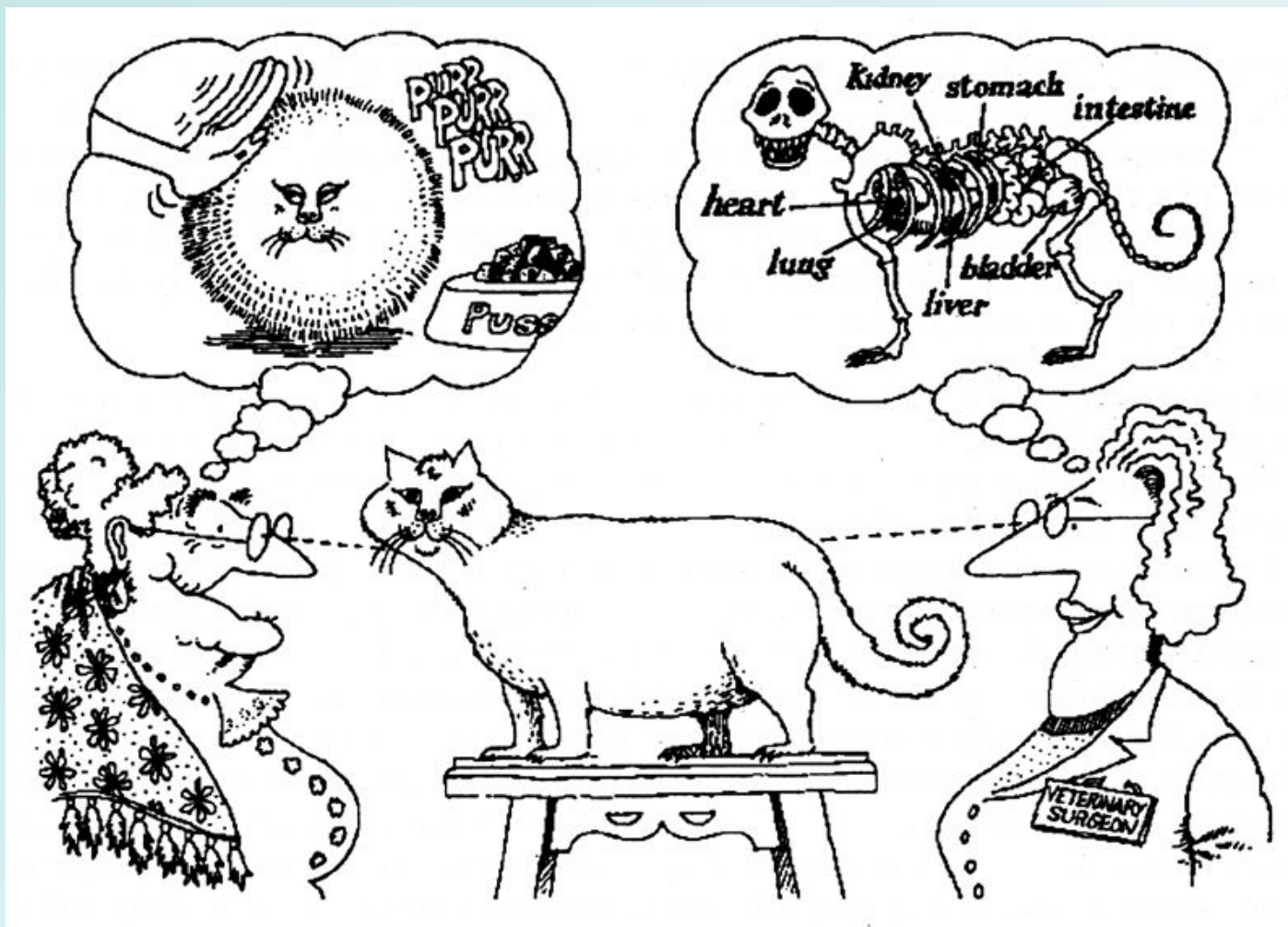
Программа на Паскале

```
program qq;  
var a, b: integer;  
begin  
  writeln("Введите два числа");  
  read(a,b);  
  writeln(a,'+',b,'=',a+b);  
end.
```

Готово

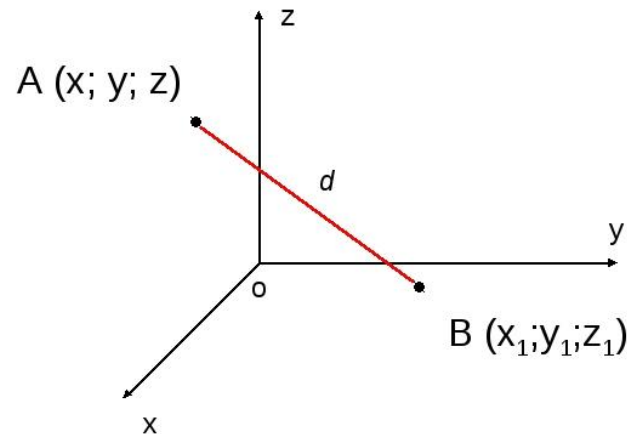


# Мысленные модели



# Аналитические модели

## Аналитическая модель гиперсферы



$$d = \sqrt{(x - x_1)^2 + (y - y_1)^2 + (z - z_1)^2}$$



# Имитационные модели

## Имитационное моделирование работы лесных машин

