

# САПР

*(системы  
автоматизированного  
проектирования)*

---

# САПР

---

**САПР** — программный пакет, предназначенный для проектирования (разработки) объектов производства, а также оформления конструкторской и/или технологической документации.

*Деятельность по созданию программных продуктов и технических средств для автоматизации проектных работ имеет общее название – САПР.*

# САПР по отраслевому назначению

---

В настоящий момент выделяют три основные подгруппы САПР:

- **машиностроительные САПР** (MCAD - Mechanical Computer Aided Design)
- **архитектурно-строительные САПР** (CAD/AEC - Architectural, Engineering, and Construction)
- **САПР печатных плат** (ECAD - Electronic CAD/EDA - Electronic Design Automation)

---

Компоненты многофункциональных систем САПР традиционно группируются в три основных блока CAD, CAM, CAE.

CAD (Computer Aided Design) – автоматизированное проектирование;

CAM (Computer Aided Manufacturing) – автоматизированное производство;

CAE (Computer Aided Engineering) – автоматизированное проектирование.

# САПР по целевому назначению

CAD  
(Computer Aided  
Designed)

*Предназначены в основном для выполнения графических работ*

CAM  
(Computer Aided  
Manufacturing)

*Предназначены для решения задач технологической подготовки производства*

CAE  
(Computer Aided  
Engineering)

*Предназначены для инженерных расчетов, анализа и проверки проектных решений*

---

Существует большое количество пакетов САПР разного уровня. Значительное распространение получили системы, в которых основное внимание сосредоточено на создании "открытых" (т.е. допускающих расширение) базовых графических модулей CAD, а модули для выполнения расчетных или технологических задач (соответствующие блокам CAM и CAE) остаются для разработки пользователям или организациям, специализированным на соответствующем программировании. Такие дополнительные модули могут использоваться и самостоятельно, без CAD-систем, что очень часто практикуется в строительном проектировании. Они сами могут представлять крупные программные комплексы, для которых разрабатываются свои приложения, позволяющие решать более узкие задачи.

# САПР

---

CAD  
(Computer Aided  
Designed)

CAM  
(Computer Aided  
Manufacturing)

CAE  
(Computer Aided  
Engineering)

PDM  
(Product Data  
Management)

CAPP  
(Computer Aided  
Process Planning)

*Система управления  
производственной  
информацией.*

*Средства  
автоматизации  
планирования  
технологических  
процессов  
применяемые на  
стыке систем CAD и  
CAM.*

# Решаемые задачи

---

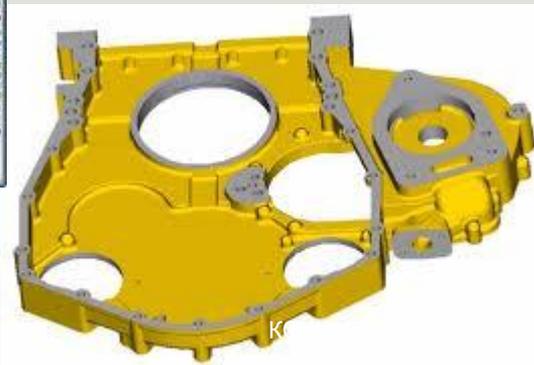
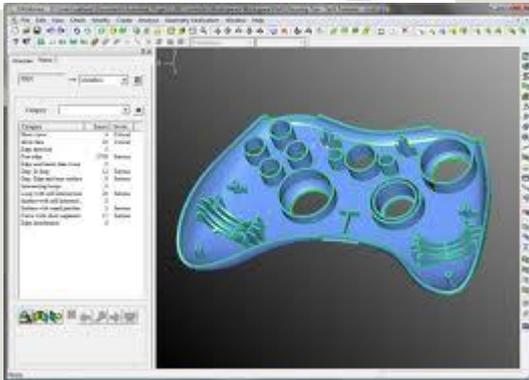
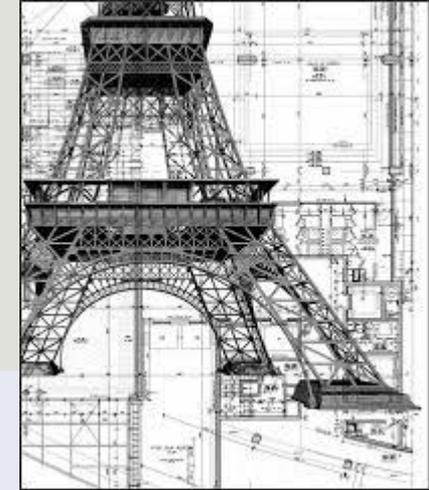
- автоматизация выпуска конструкторской и технологической документации (сокращения сроков выпуска документации);
- подготовка управляющих программ 2,5-осевого оборудования с ЧПУ «по электронному чертежу»;
- создание объемной модели изделия;
- определение инерционно-массовых, прочностных и прочих характеристик изделия (или его части/ей);
- моделирования всех видов ЧПУ - обработки;

# Решаемые задачи

---

- конструирование детали с контролем технологичности;
- конструирование детали с учетом особенностей материала (пластмасса, металлический лист и т. д.);
- моделирование работы механизмов;
- динамический анализ сборки с имитацией сборочных приспособлений и инструмента;
- проектирование оснастки с моделированием процессов изготовления (штамповки, литья, гибки), что исключает брак в оснастке и изготовлении натуральных макетов.
- ...

# CAD



# CAD

---

**GstarCAD**

**IronCAD**

**MicroStation**

**nanoCAD**

**OmniCAD**

**T-FLEX CAD 11**

**Pro/ENGINEER**

**TurboCAD**

**VariCAD**

**ZWCAD**

**SCAD Office**

**КОМПАС**

**КОМПАС-СПДС**

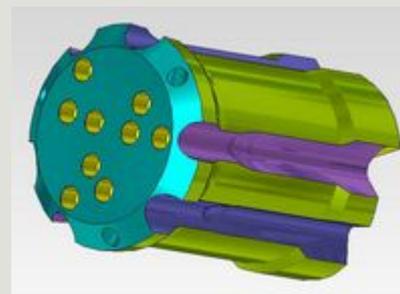
**V12**

**SolidWorks**

# CAM

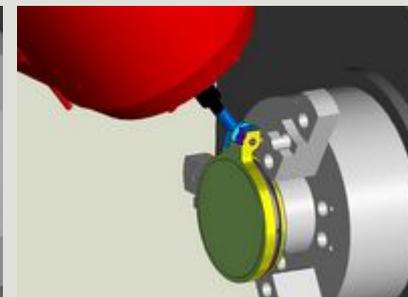
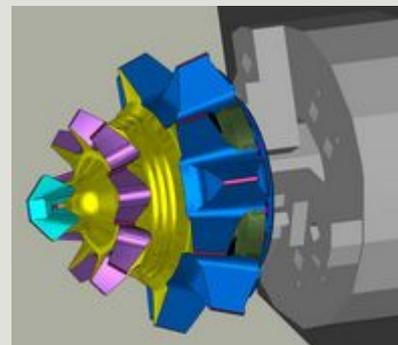
Для создания и отлаживания управляющих программ для широкой гаммы станков с ЧПУ используются:

- PowerMILL (Delcam)
- FeatureCAM (Delcam)
- CATIA (компания Dassault Systemes)
- Unigraphics (Unigraphics Solution)
- Pro/Engineer (PTC)
- и др.



```
Код УП
%
O1000
(731142-006-1 - 1 УСТ)
( 04.05.2012 09:46:23 )
( FEATURECAM C on A 5 AXIS MILLING )

N35 ( OPERATION= FINISH FACE top)
N40 ( TOOL: T1 = 50.0 dia. ТОРЦЕВ.ФРЕ
N45 G00 G17 G40 G90 G94
N50 T1 M6
N55 G1 X266.0 Y11.25 A0. C0. S1024 M0
N60 G43 H1 Z126.0 M08
N65 Z104.0
N70 G01 Z100.0 F1725.8
N75 X-26.0
```



# CAE

---

**CAE-системы** — это разнообразные программные продукты, позволяющие при помощи расчётных методов (метод конечных элементов, метод конечных разностей, метод конечных объёмов) оценить, как поведёт себя компьютерная модель изделия в реальных условиях эксплуатации. Помогают убедиться в работоспособности изделия, без привлечения больших затрат времени и средств.

# САЕ

## (Примеры)

---

### **T-FLEX Анализ**

**APM WinMachine 2010** — отечественная универсальная система для проектирования и расчета в области машиностроения, включающая КЭ анализ с встроенным пре-/постпроцессором;

**APM Civil Engineering 2010** — отечественная универсальная система КЭ анализа с встроенным пре-/постпроцессором для проектирования и расчета металлических, железобетонных, армокаменных и деревянных конструкций;

**ABAQUS** — универсальная система КЭ анализа с встроенным пре-/постпроцессором;

**ANSYS** — универсальная система КЭ анализа с встроенным пре-/постпроцессором;

**ESAComp** — программная система конечно-элементных расчетов тонкостенных многослойных пластин и оболочек;

# CAE

## *(Примеры)*

**MSC.Nastran** — универсальная система КЭ анализа с пре-/постпроцессором MSC.Patran;

**CAE Fidesys** — универсальная система КЭ анализа с встроенным пре-/постпроцессором;

**HyperWorks** (HyperMesh, RADIOSS, OptiStruct, AcuSolve и др.) — универсальная программная платформа систем конечно-элементного анализа;

**NEiNastran** — универсальная программная система конечно-элементного анализа;

**NX Nastran** — универсальная система МКЭ анализа;

**SAMCEF** — универсальная система КЭ анализа с пре-постпроцессором SAMCEF Field.

**OpenFOAM** — свободно-распространяемая универсальная система КО пространственного моделирования механики сплошных сред;

# CAE

## (Примеры)

---

**LSTC LS-DYNA** - многоцелевой конечно-элементный комплекс для анализа высоконелинейных и быстротекущих процессов в задачах механики твердого и жидкого тела.

**ANSYS CFX** – это универсальная CFD (Computational Fluid Dynamics - вычислительная гидродинамика) система.

**SFTC DEFORM** - специализированный инженерный программный комплекс, предназначенный для анализа процессов обработки металлов давлением, термической и механической обработки

**FlowVision** – комплексное решение в области моделирования трехмерных турбулентных течений жидкости и газа

*и др.*

# САЕ (МКЭ)

---

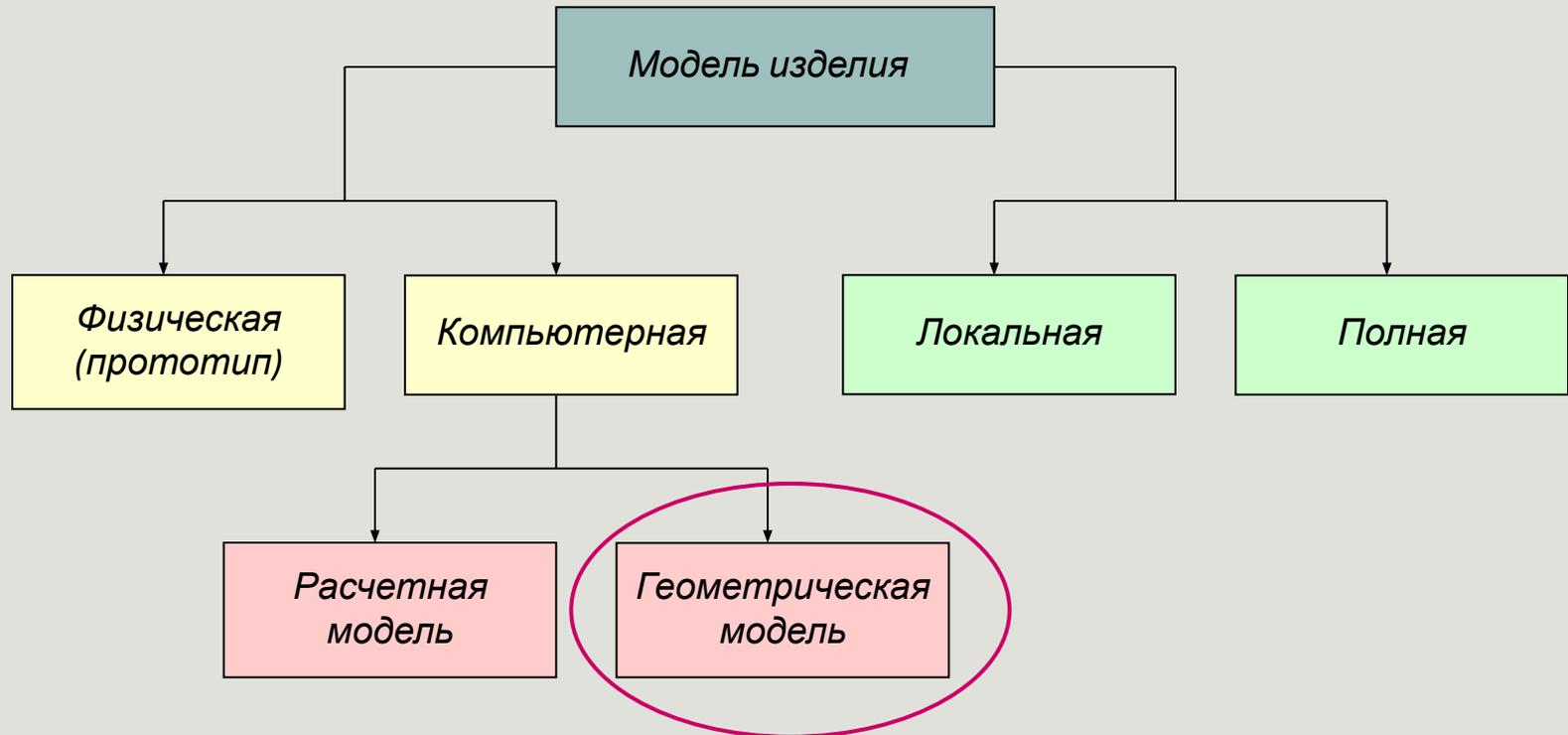
**Метод конечных элементов (МКЭ)** — численный метод решения дифференциальных уравнений с частными производными, а также интегральных уравнений, возникающих при решении задач прикладной физики. Метод широко используется для решения задач механики деформируемого твёрдого тела, теплообмена, гидродинамики и электродинамики.

# Моделирование приборов, систем и производствен ных процессов

---

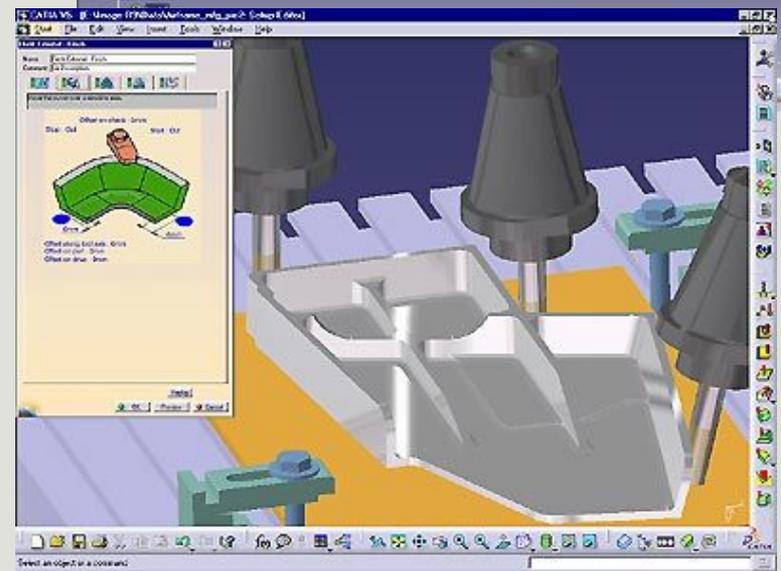
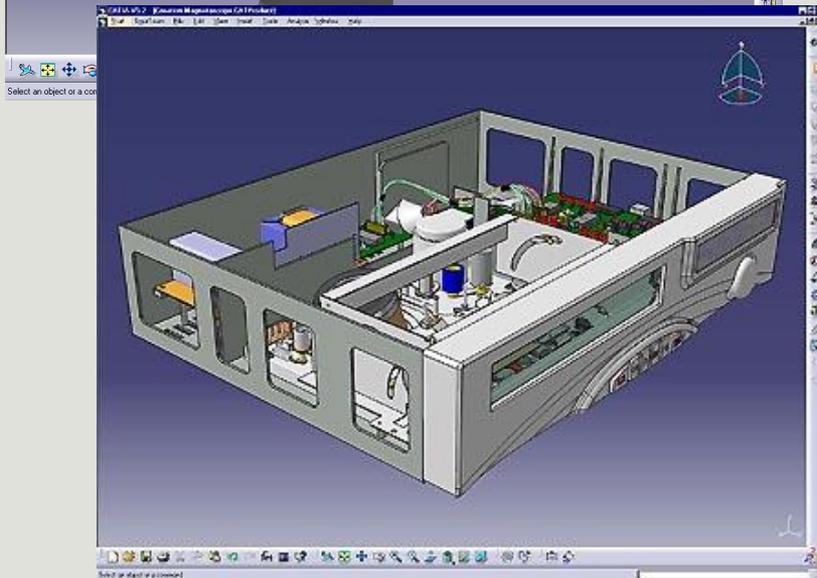
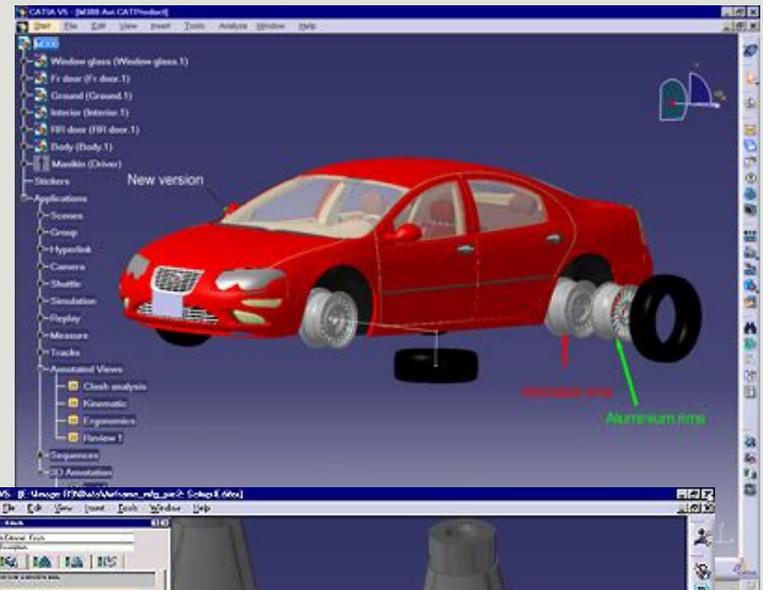
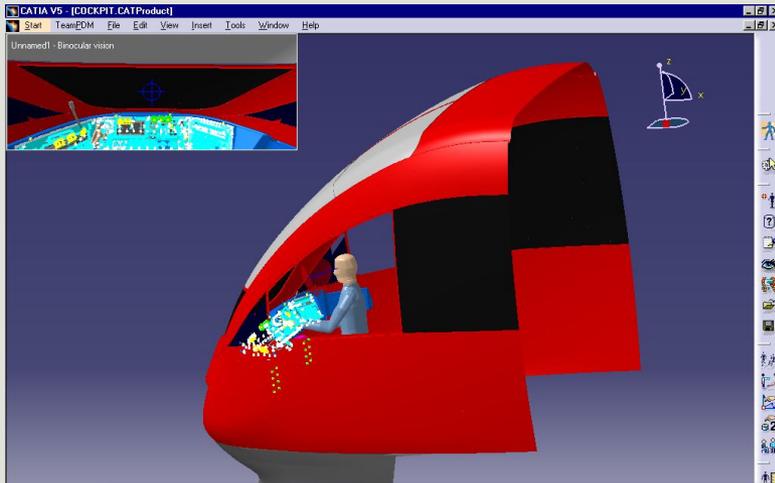
# Модели объектов и процессов

Модель – некоторое приближение, описывающее с той или иной точностью реальные свойства заданного объекта или процесса

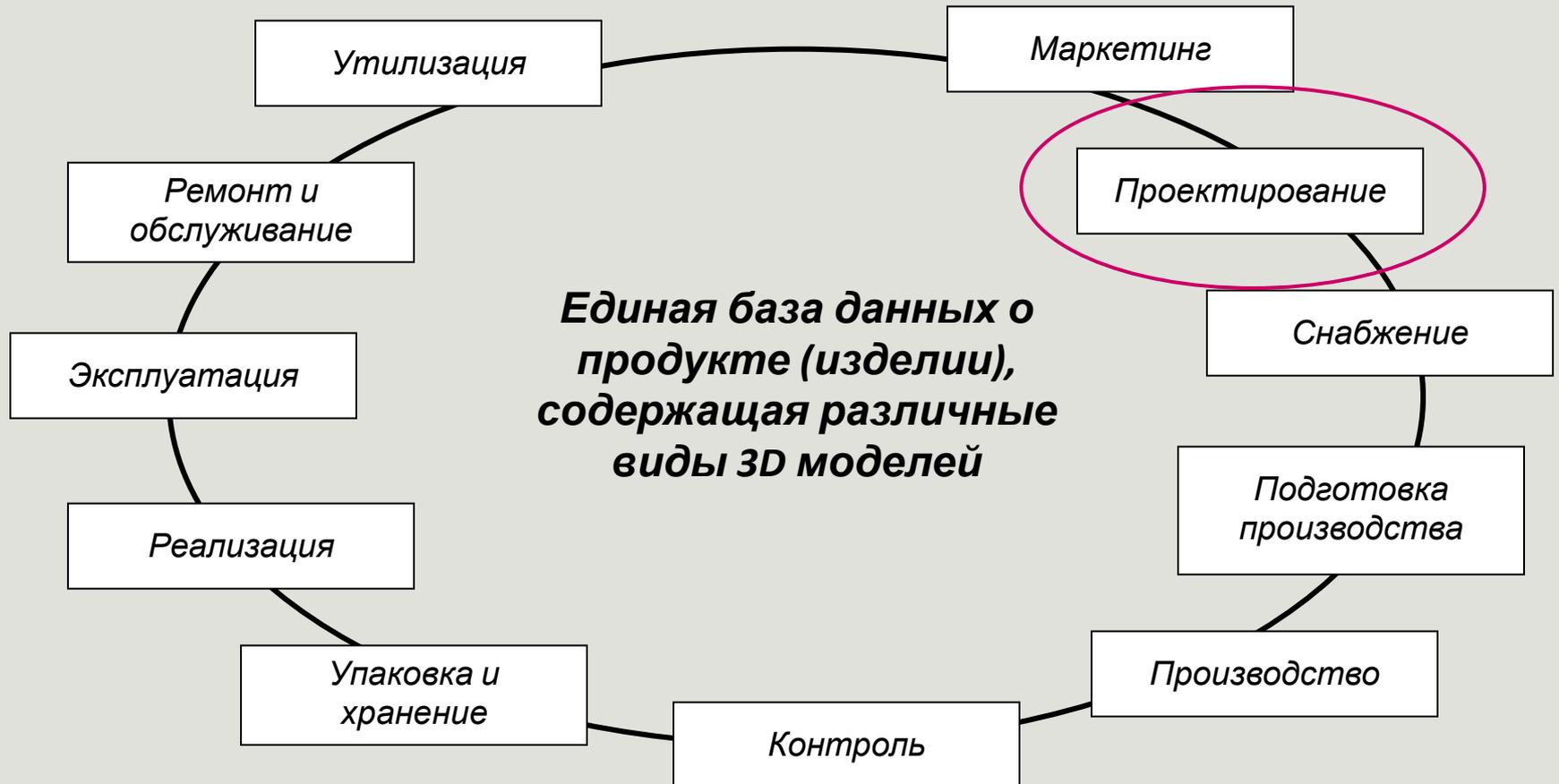


Под 3D моделью объекта понимают его пространственную (трехмерную) компьютерную геометрическую модель, которая может включать в себя также набор атрибутов, описывающих объект. 3D модели могут создаваться на различных этапах жизненного цикла изделия (ЖЦИ)

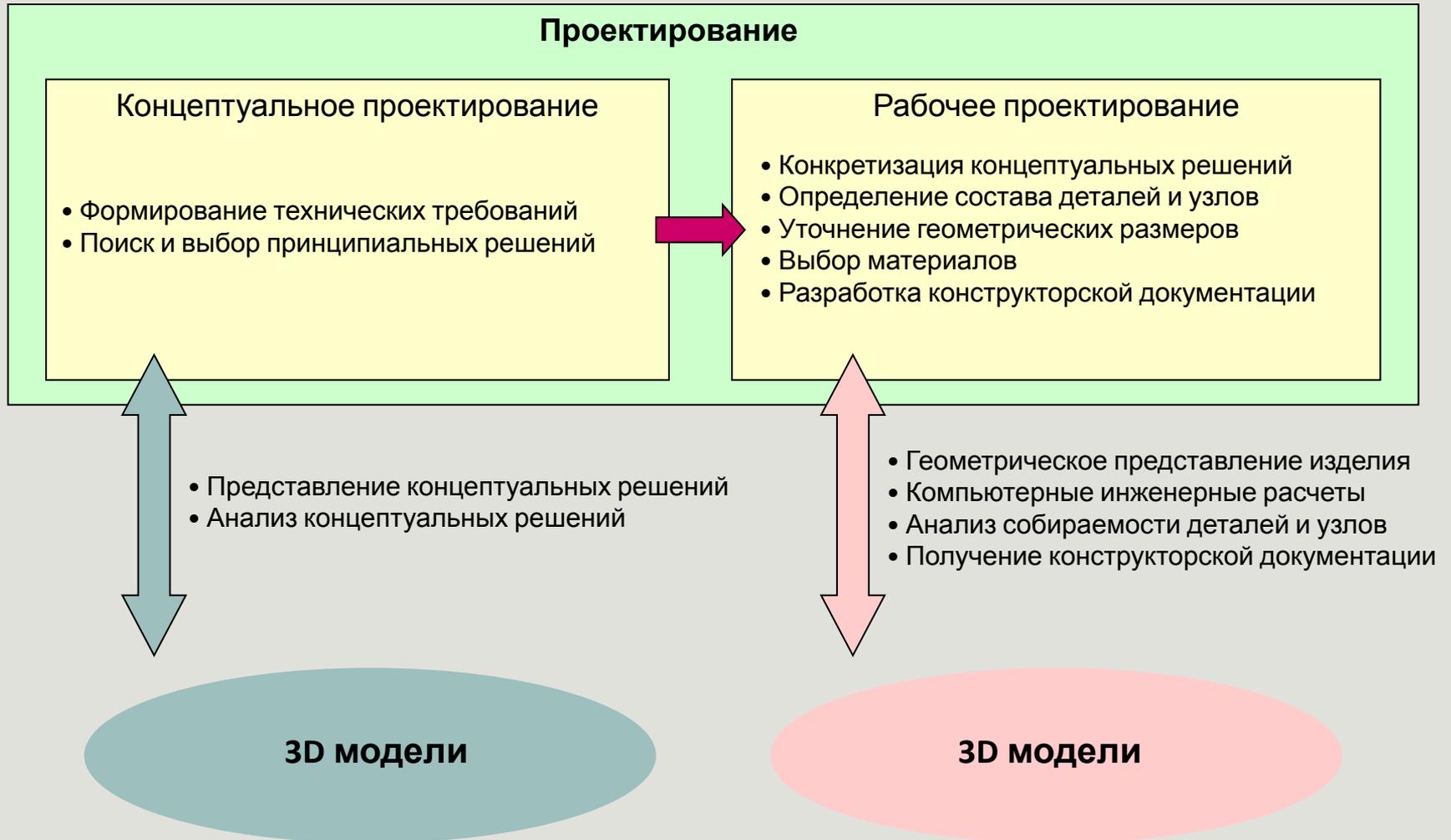
# Примеры 3D моделей



# Этапы жизненного цикла изделия



# Этап проектирования



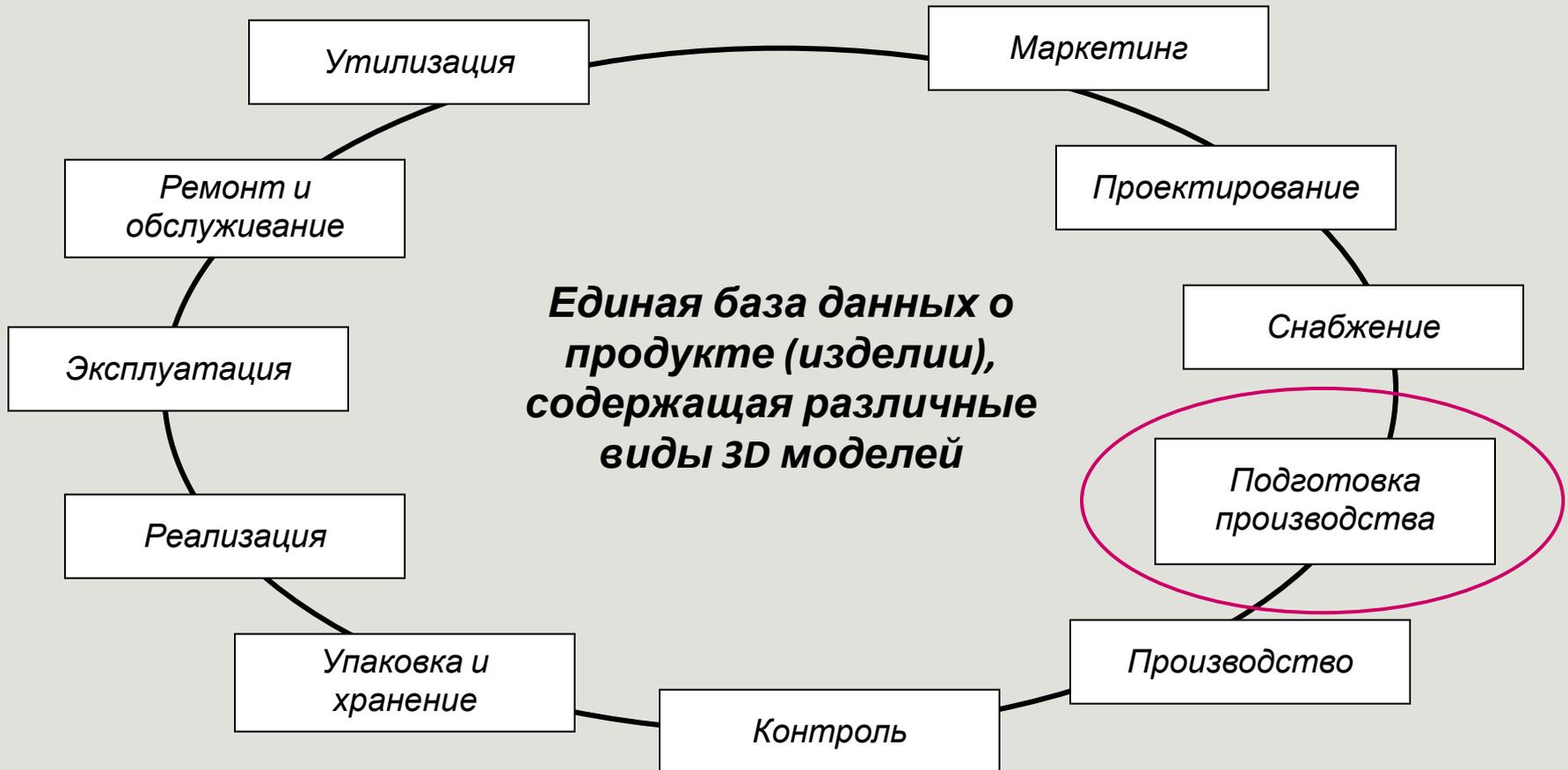
# Отличие мышления конструктора, работающего с 3D моделями, от мышления конструктора, работающего только с чертежами

- Мысленные “образы чертежей” заменяются “образами моделей”, что закрепощает пространственное мышление и способствует более быстрому принятию решений.
- Свобода в создании сложных геометрических форм и понимание того, что эти формы могут быть легко реализованы “в металле” с помощью интегрированных технологий, стимулируют творчество, повышают интерес к работе.
- Используя при проектировании созданную ранее модель похожего изделия (изделия-аналога), конструктор может иногда в десятки раз сократить общее время работы над проектом.

## Резко уменьшается число ошибок в проекте:

- Конструктор может наглядно видеть результат своей работы уже в процессе проектирования;
- Виды чертежа формируются на основании модели автоматически и поэтому исключаются ситуации, когда информация в одном виде не соответствует другому;
- При проектировании сборочных единиц имеется возможность проверять собираемость и выявлять ошибки на уровне моделей.

# Этапы жизненного цикла изделия



# Этап ТПП

## Технологическая подготовка производства

- Проектирование сложной формообразующей оснастки и инструмента – пресс-форм, штампов и электродов;
- Моделирование процессов формообразования (литья, штамповки,ковки и др.) с целью выявления возможных дефектов и их последующего устранения, а также с целью экономии материала;
- Формирование управляющих программ обработки деталей сложных форм на станках с ЧПУ;
- Построение операционных эскизов при разработке технологических процессов



**3D модели,  
полученные на этапе  
проектирования**

- Модели штампов и пресс-форм;
- Модели приспособлений;
- Модели режущего, вспомогательного и измерительного инструмента;
- Модели проектируемого нестандартного оборудования;
- Модели операционных заготовок;
- Модели технологического оборудования с ЧПУ



**Собственные  
3D модели**

# Центральная роль 3D модели изделия

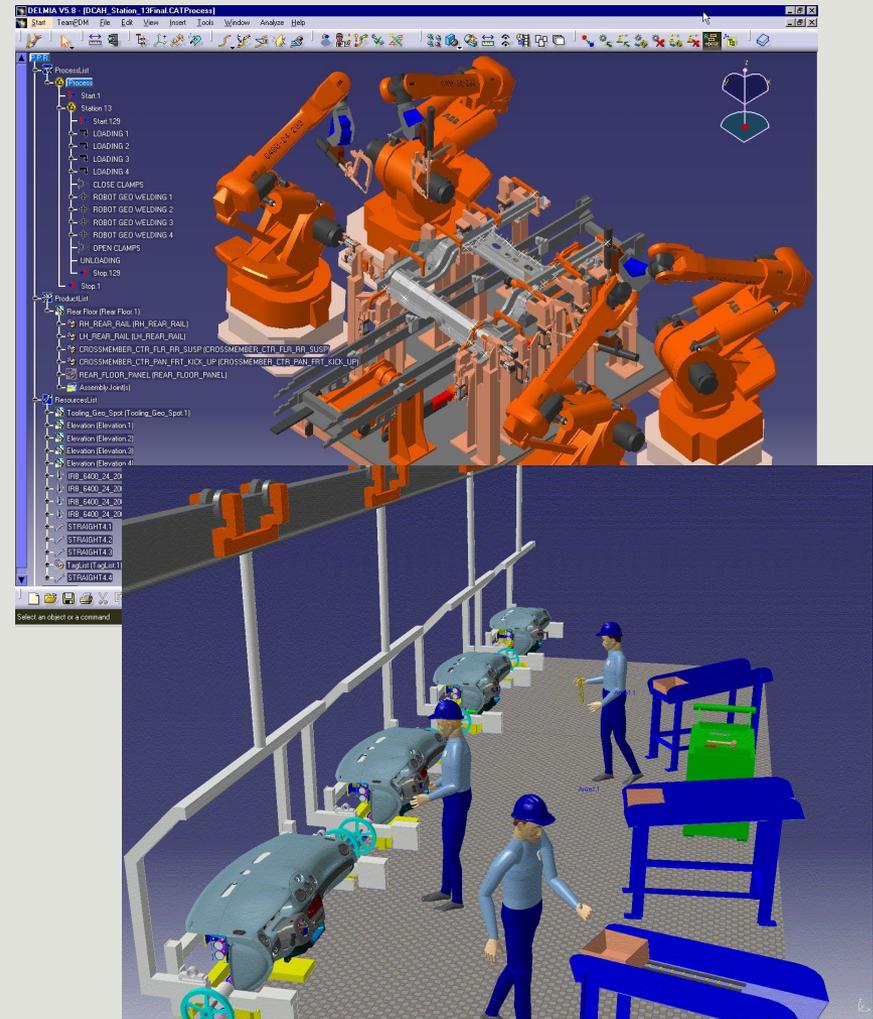


# Этапы жизненного цикла изделия



# Этап производства

- Планирование процессов производства изделия и необходимых для них ресурсов
- Оптимизация состава производственных ресурсов и процесса сборки изделия путем реалистичной имитации и оценки производственного процесса
- Моделирование роботизированных линий сборки и сварки с большим числом роботизированных ячеек
- Реально-временная поддержка персонала, принимающего участие в производственном процессе
- Учет человеческого фактора при производстве сложных изделий путем использования моделей человека (манекенов) и имитационного моделирования производственных процессов



# Постпроизводственные этапы ЖЦИ (эксплуатация, ремонт, утилизация)

3D модели могут использоваться для создания так называемых интерактивных электронных технических руководств (ИЭТР)

## Задачи, решаемые с помощью ИЭТР

- обеспечение пользователя справочными материалами об устройстве и принципах работы изделия;
- обеспечение пользователя справочными материалами, необходимыми для эксплуатации изделия, выполнения регламентных работ и ремонта изделия;
- обеспечение пользователя информацией о технологии выполнения операций с изделием, о потребности в необходимых инструментах и материалах, о составе персонала;
- подготовка и реализация автоматизированного заказа материалов и запасных частей;
- планирование и учет проведения регламентных работ;
- обмен данными между потребителем и поставщиком.

