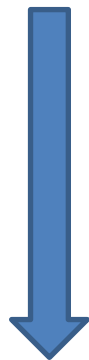


# Сквозное автоматизированное проектирование электронной аппаратуры

*Лекция 2.*

*Современные подходы к 3D-проектированию*

# ТВЕРДОТЕЛЬНОЕ 3D- ПРОЕКТИРОВАНИЕ



## ПАРАМЕТРИЧЕСКОЕ (parametric modeling)

На основе *истории модели (history-based)*, с *деревом построения (tree)*

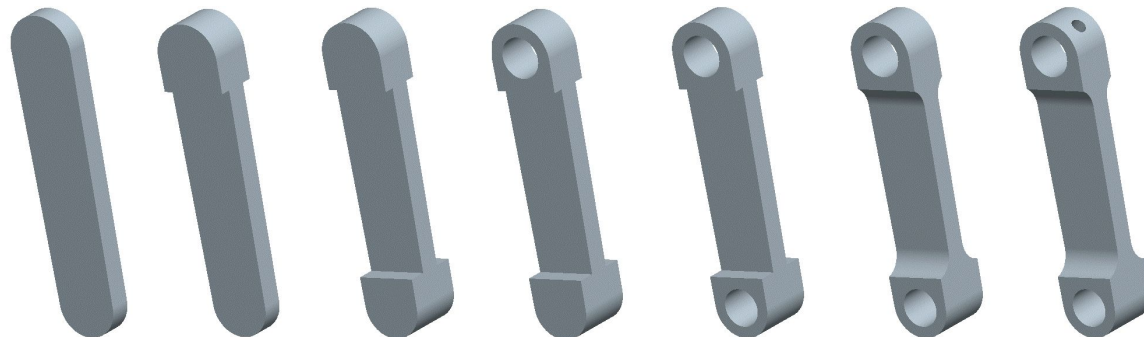
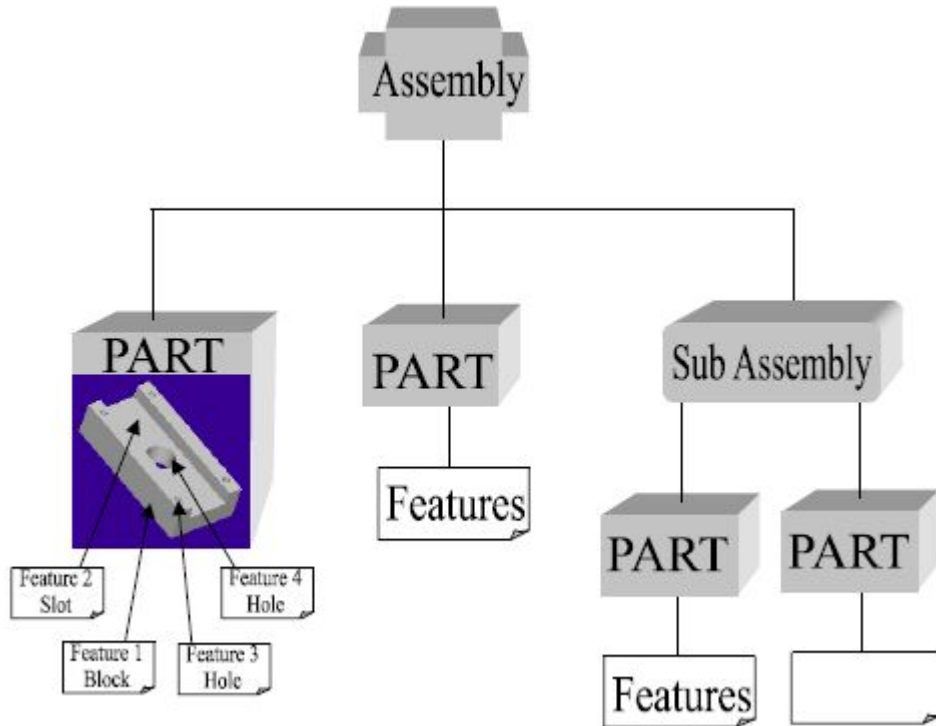
## ПРЯМОЕ (direct modeling)

На основе *непосредственного редактирования геометрии*

## СИНХРОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ (synchronous technology)

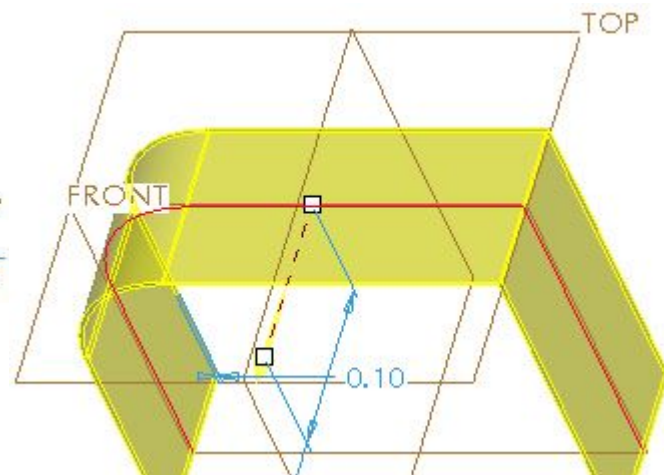
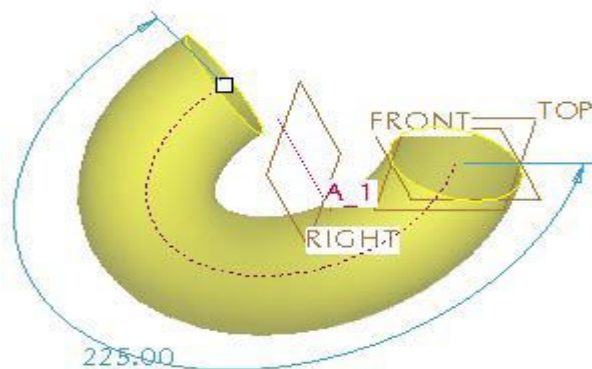
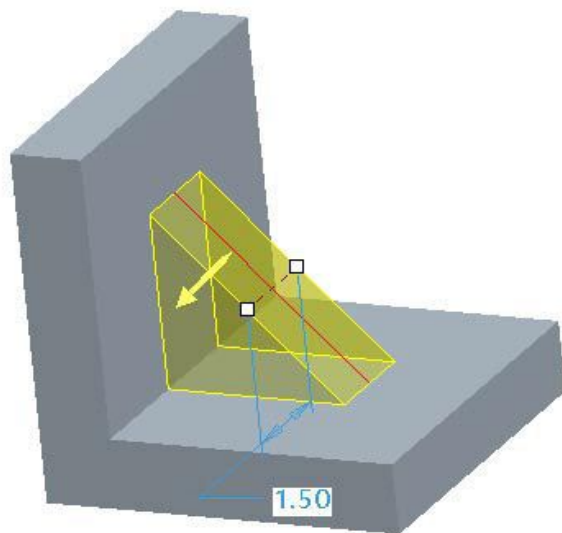
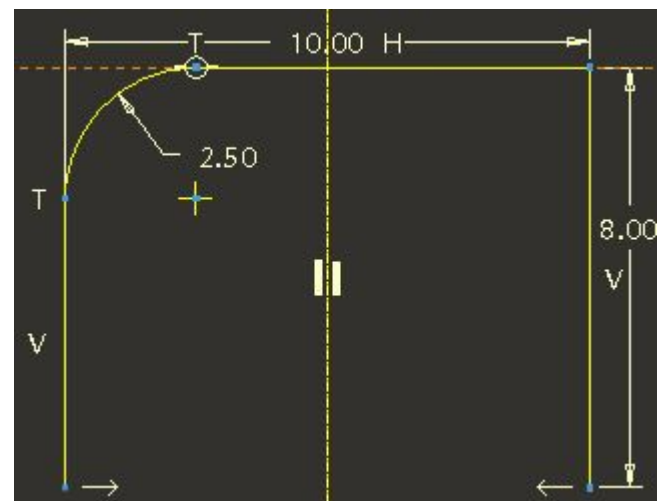
# Параметрическое проектирование

Проектирование с использованием интеллектуальных базовых конструктивных элементов – т.н. фичеров (features, feature-based modeling), способных адаптироваться к окружающей их геометрии

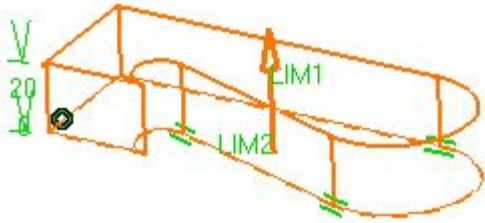


# Параметрическое проектирование. Эскизные фичеры

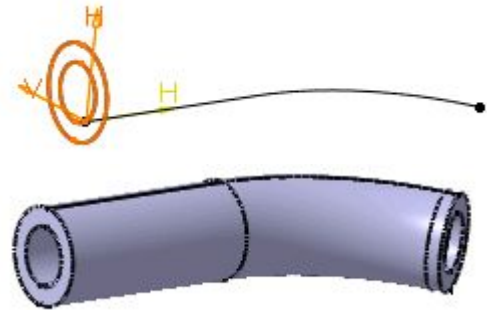
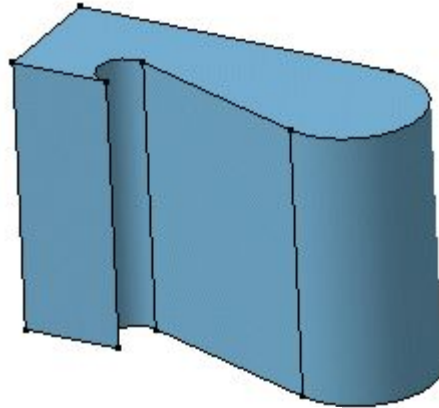
- ❑ Создание геометрии с помощью эскиза
  - Создание двухмерного эскиза
  - Прямое выдавливание эскиза в пространство инструментом Extrude (Выдавливание)
  - Поворот эскиза вокруг своей оси инструментом Revolve (Вращение)
  - Использование эскиза для создания ребер жесткости инструментом Rib (Ребра)



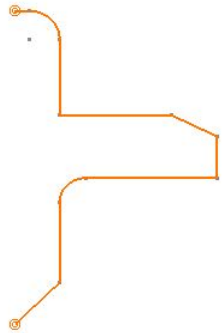
# Твердотельное эскизное моделирование



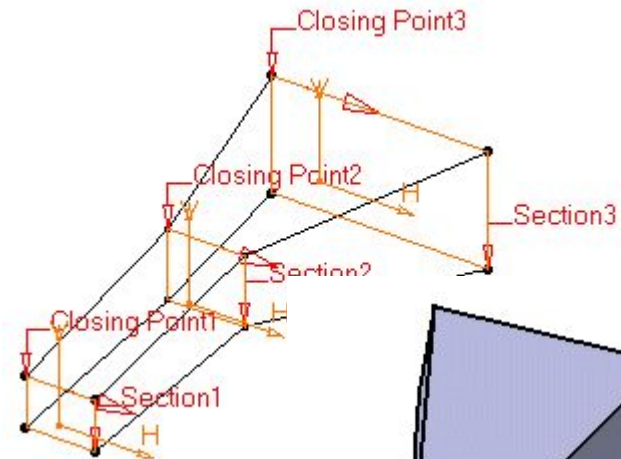
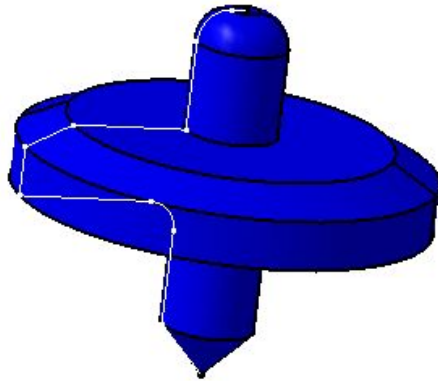
Экструзия контура



Протягивание контура по кривой

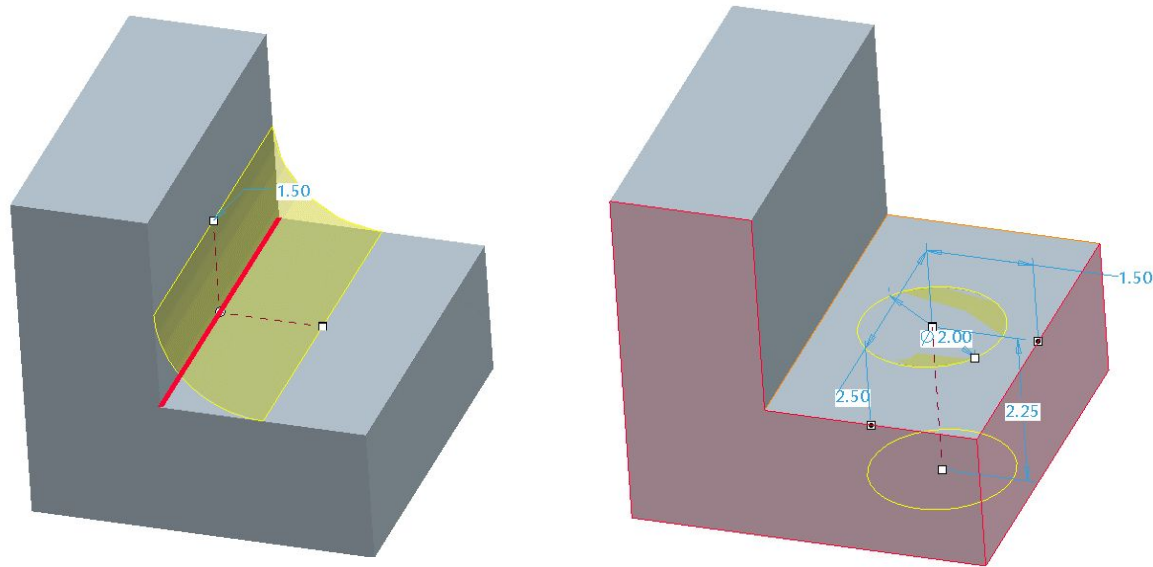


Вращение контура



Построение тела по сечениям

# Параметрическое проектирование. Безэскизные фичеры

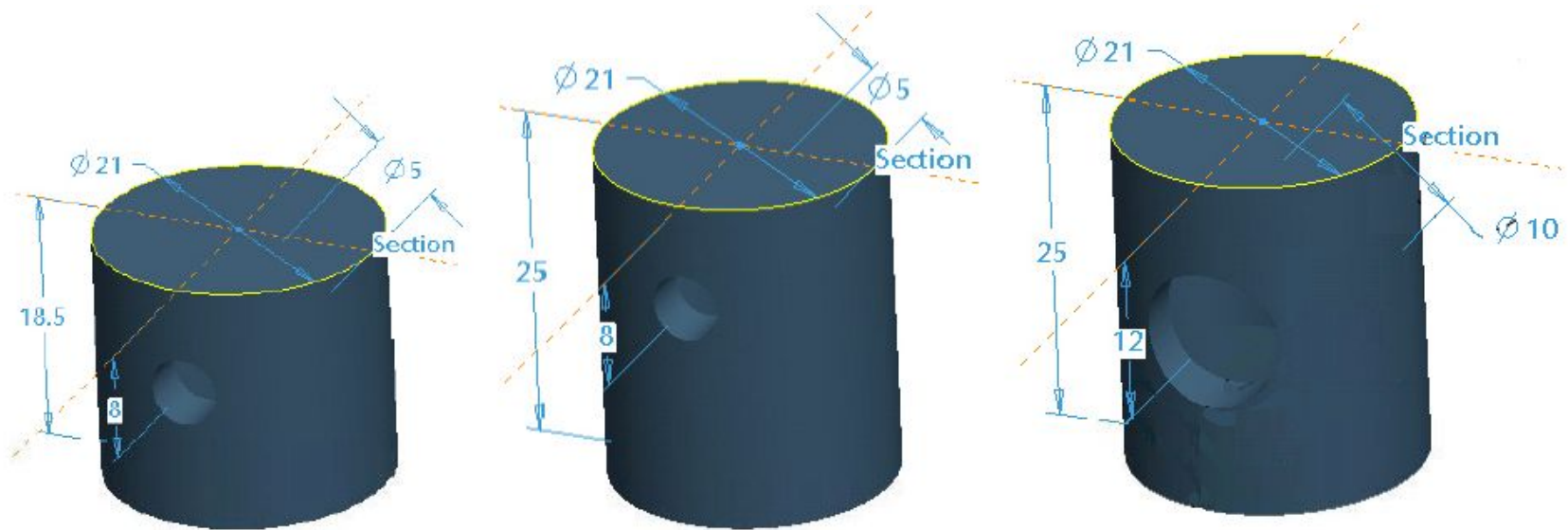


## □ Концепция

- Выбор геометрии и быстрое размещение фичера на модели.
- Возможность прямо на модели устанавливать размер, местоположение и ссылки создаваемого фичера.

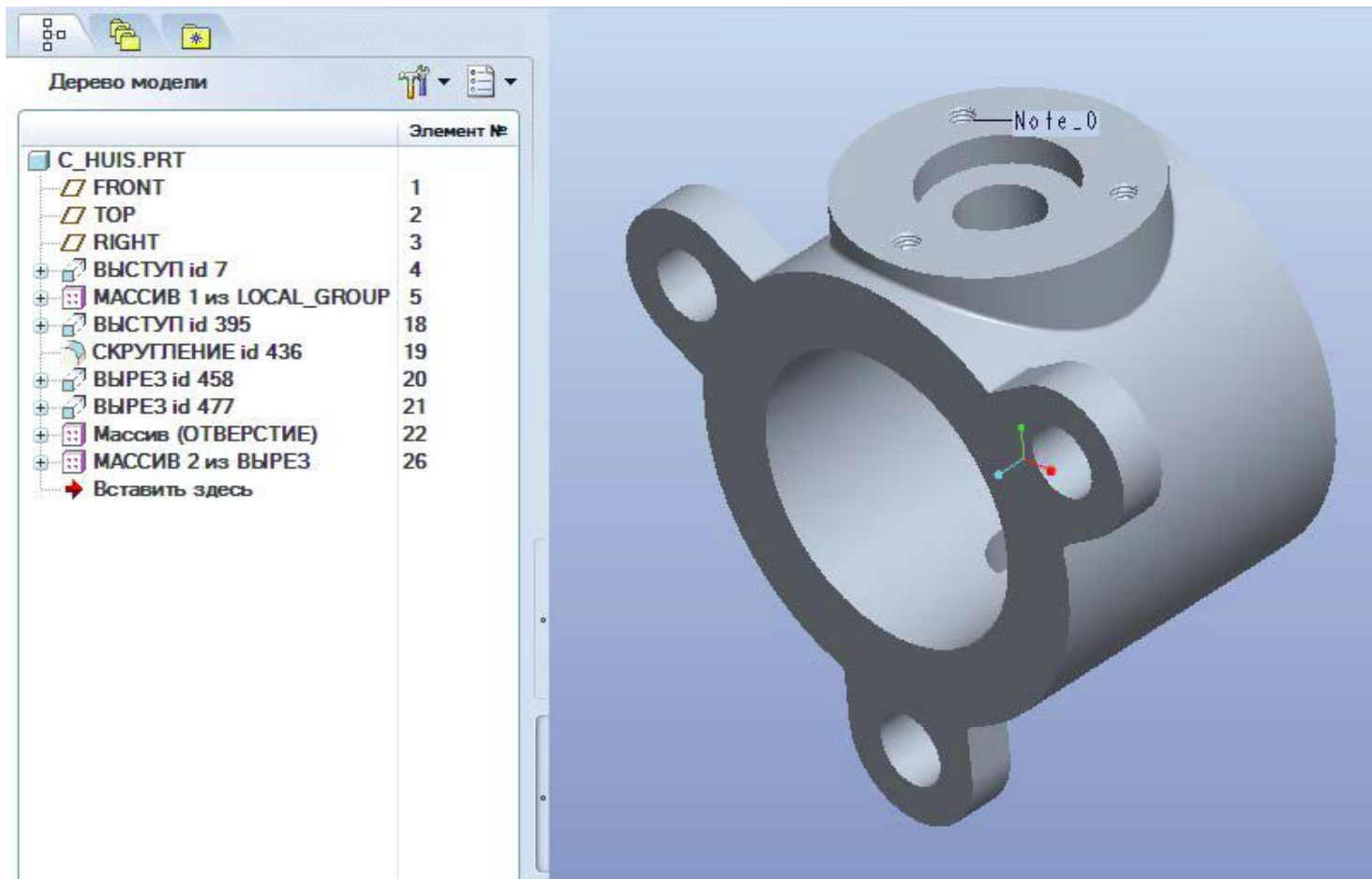
# Параметрическое проектирование. Отношение Родитель/Потомок

При создании нового фичера, фичеры, на которые ссылается создаваемый объект, становятся его Родителями. Далее это выражается в том, что изменение родительского фичера повлечет за собой изменения объектов, ссылающихся на данный фичер (Потомков).



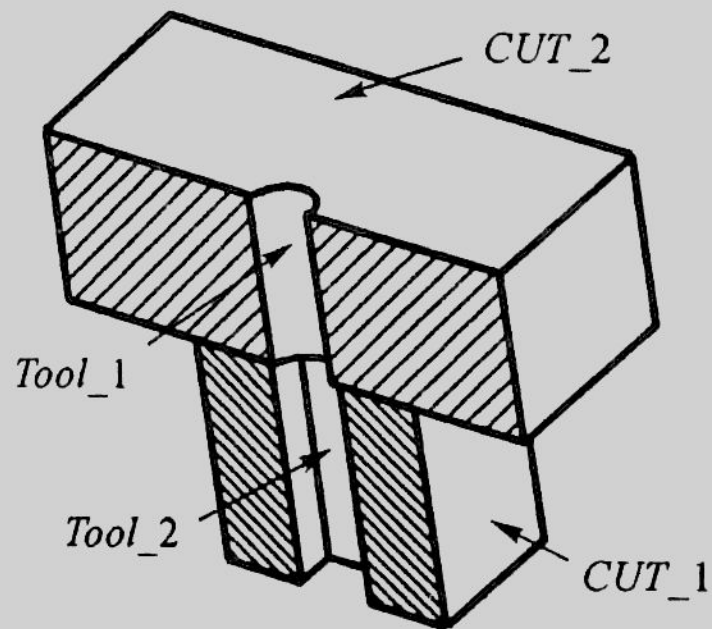
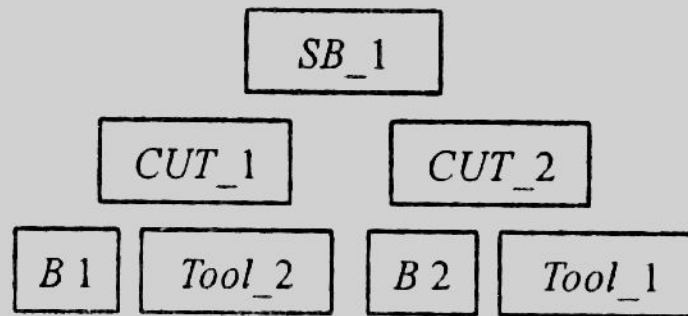
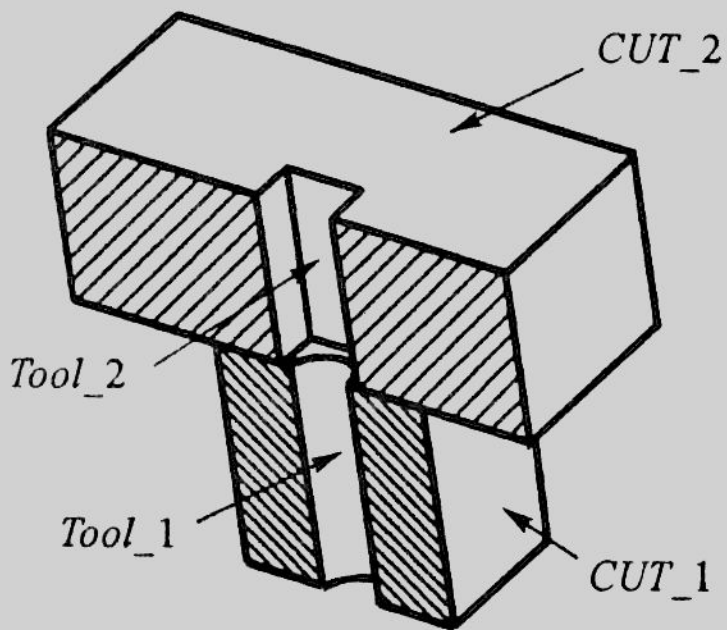
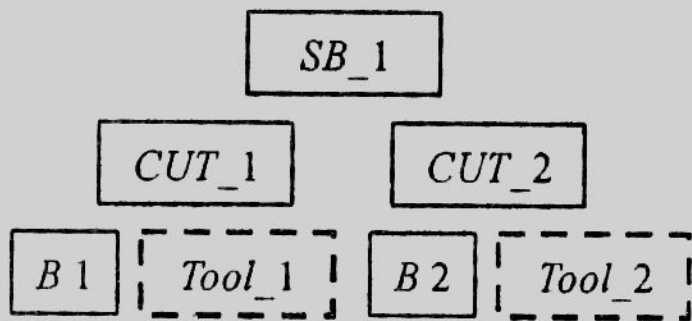


# Параметрическое проектирование. Дерево модели





# История и дерево создания твердотельного объекта

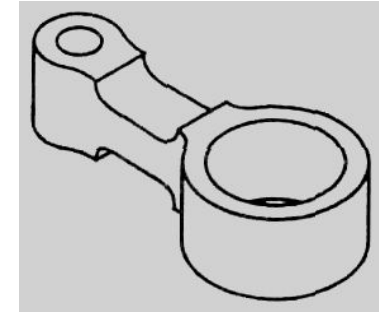
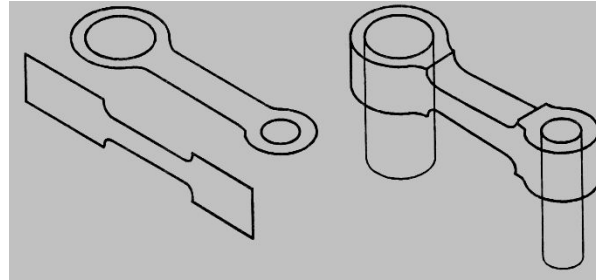
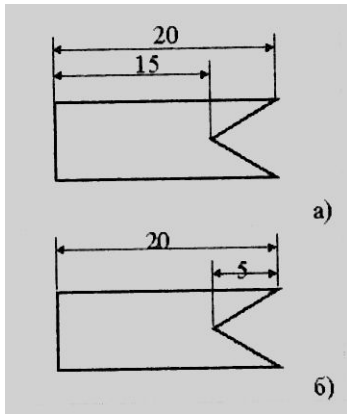


# Примеры параметрического описания изделий

**Параметризация:** геометрия модели управляется размерами и параметрами. Изменение значения размера или параметра приведет к обновлению геометрии.

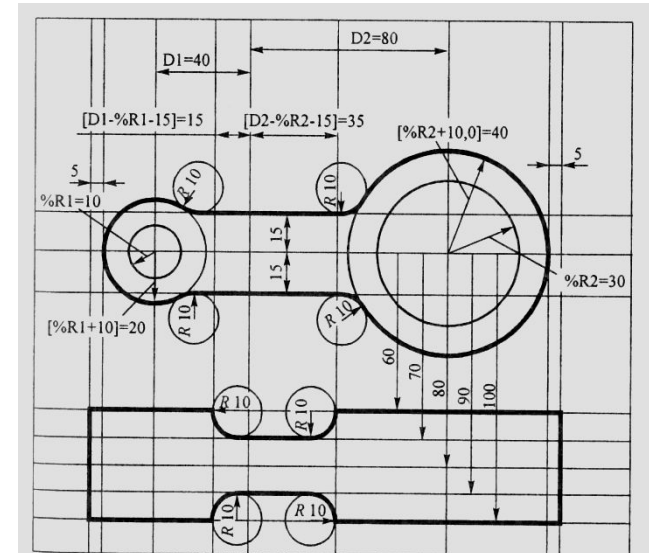
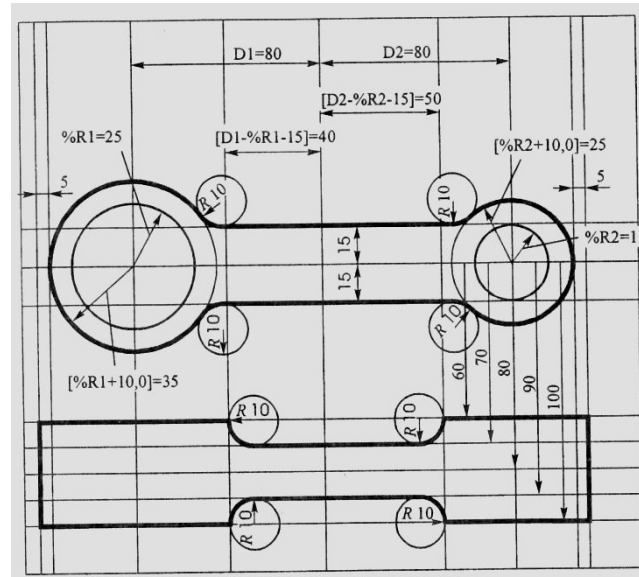
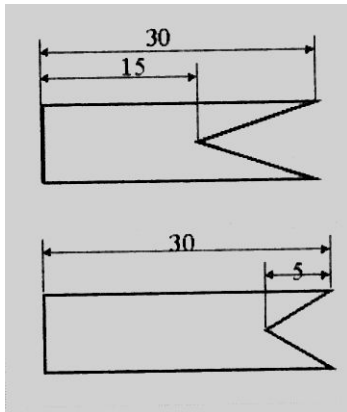
Свободная параметризация

Принудительная параметризация

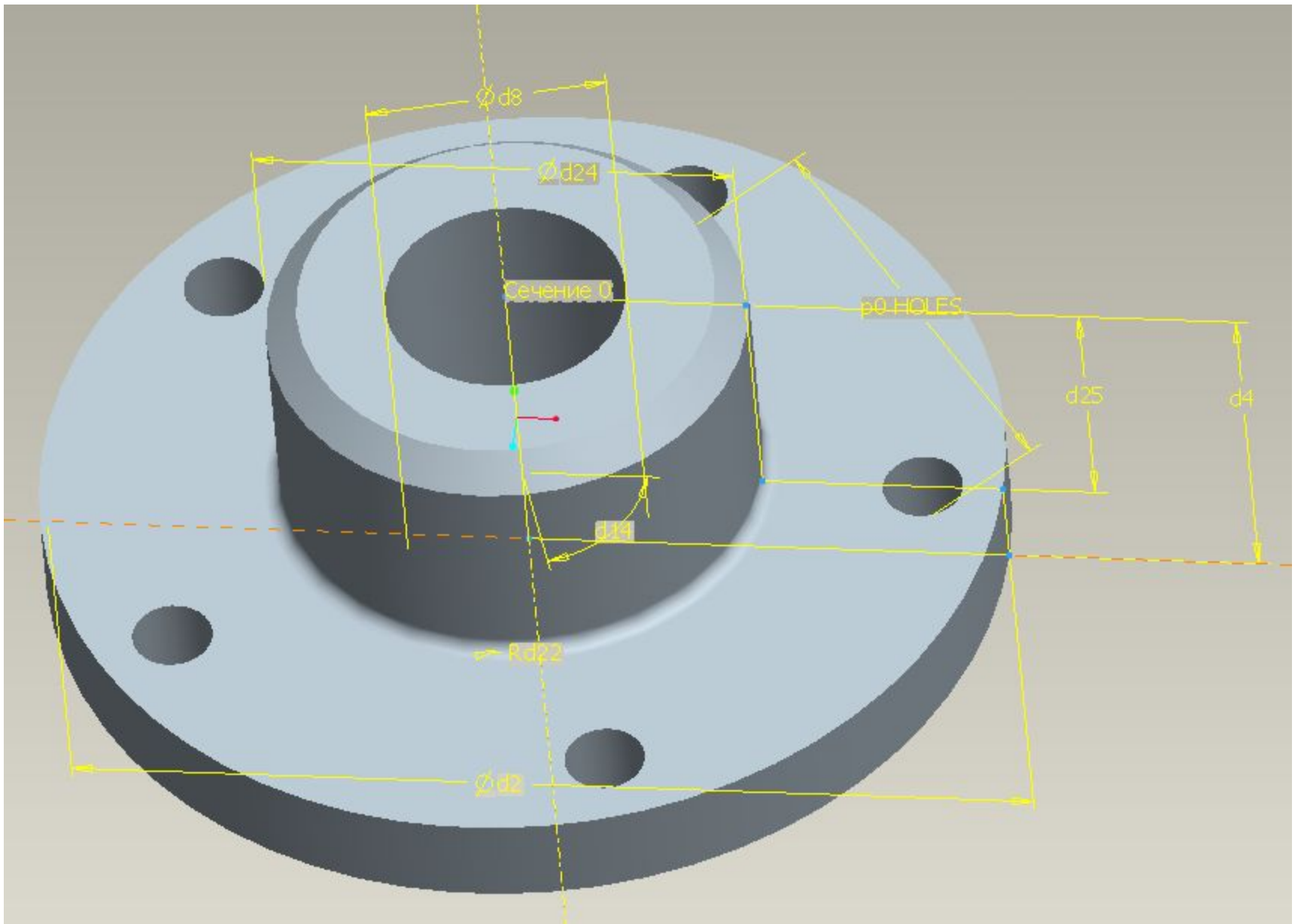


$D1 = D2 = 80, R1 = 25,$   
 $R1 + 10 = 35, R2 = 15,$   
 $R2 + 10 = 25, D1 - R1 - 15 = 40, D2 - R2 - 15 = 50.$

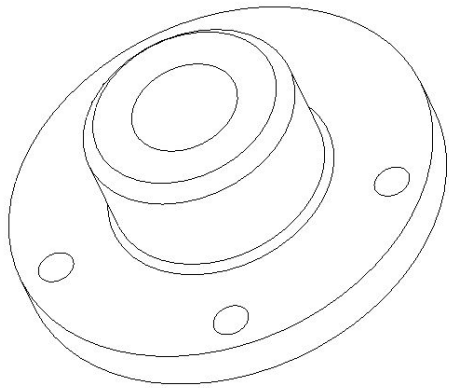
$D1 = 40, R1 = 10, R2 = 30.$



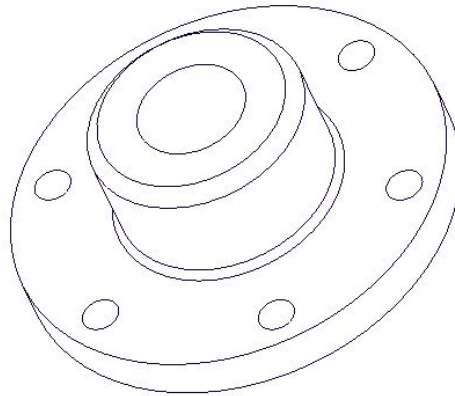
# Параметрическое описание с помощью зависимостей (уравнений)



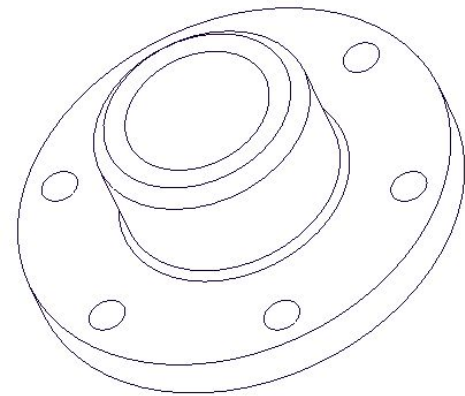
# Параметрическое описание с помощью зависимостей (уравнений)



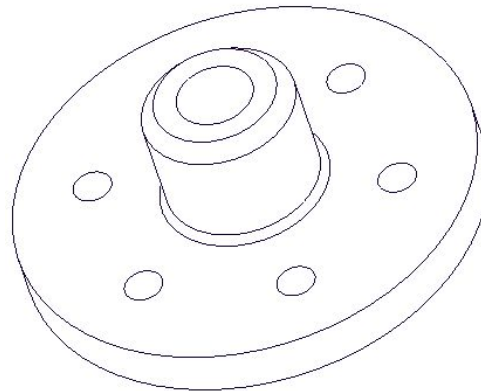
**Исходная  
модель**



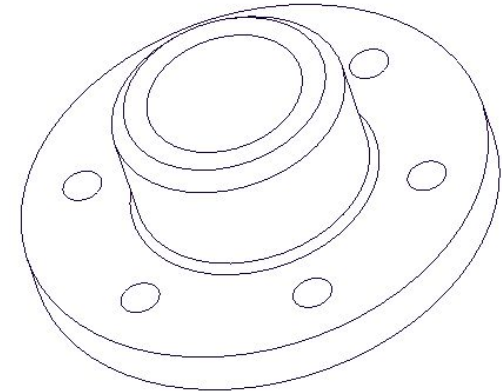
**Управление расположением  
отверстий**  
 $d14 = 360 / p0$



**Управление толщиной  
стенки**  
 $d24 = d8 = 2 * THICKNESS$



**Управление  
расположением  
центральных отверстий**  
 $d12 = (d2 + d24) / 2$



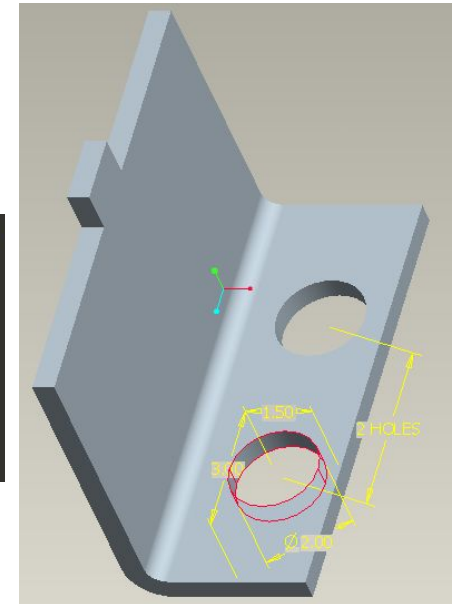
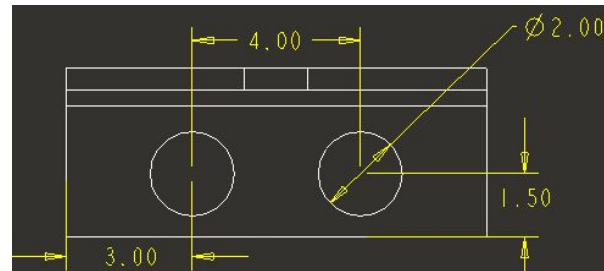
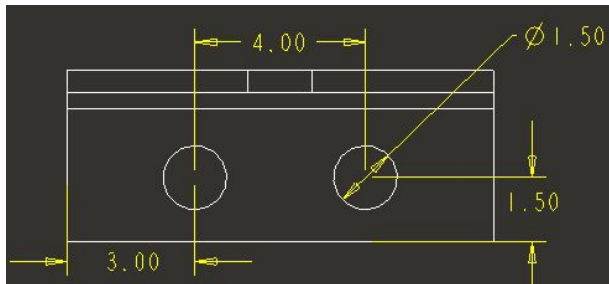
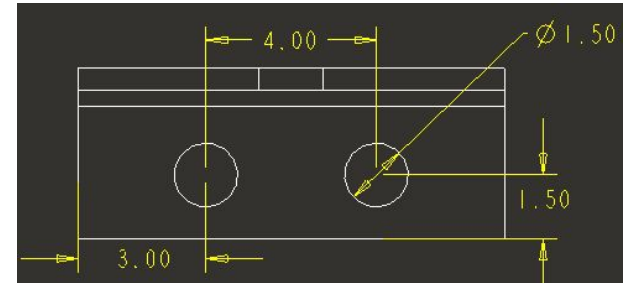
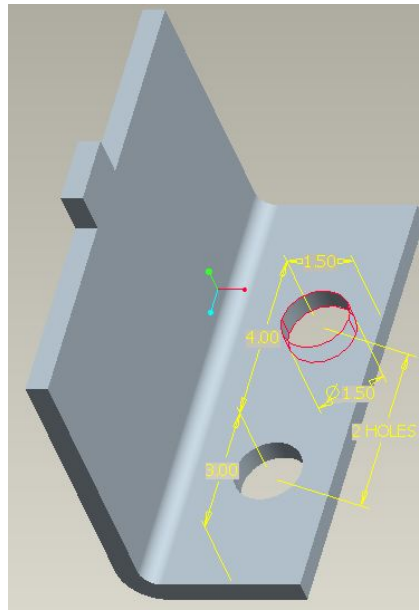
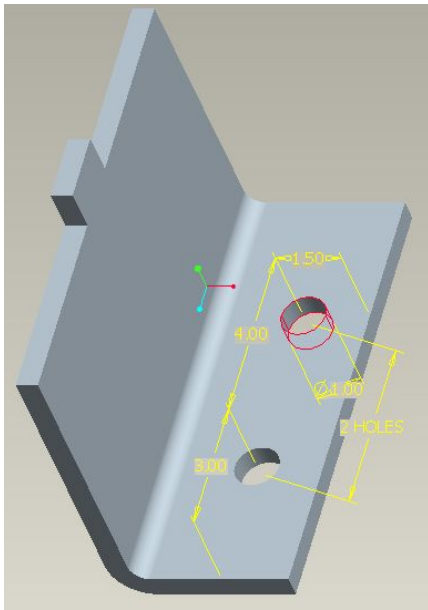
**Управление  
внешним  
диаметром фланца**  
 $d2 = d24 * 2$

# Параметрическое проектирование. Ассоциативность

## Единое и однозначное представление информации о модели

- Наличие единой ассоциативной БД, обеспечивающей единое представление и полную ассоциативность данных для всех приложений
- Изменение одной модели автоматически отразится на других моделях, где есть ссылки на изменяемую модель
- ассоциативность двунаправленная – изменение чертежа модели приведет к изменению самой 3D-модели и отразится на всех ее прочих вхождениях режимах (сборки, технология производства и т.д.)

# Параметрическое проектирование. Двухнаправленная ассоциативность



# Параметрическое проектирование. Достоинства

- четкая и однозначная реализация замысла, заложенного конструктором изделия, в конструктивных элементах и их иерархии;
- эффективное и предсказуемое обновление (регенерация) параметрической модели при внесении изменений;
- высокая степень автоматизации проектирования;
- точный контроль размеров.



# Параметрическое проектирование. Недостатки

- 1 понимание поведения модели требует детального изучения дерева ее построения;
- 2 зачастую полным знанием о модели обладает только ее непосредственный разработчик;
- 3 изменение конструкторского замысла в процессе проектирования сопряжено со значительными изменениями дерева модели;
- 4 значительное время затрачивается на поиск и локализацию необходимого конструктивного элемента в дереве построения;
- 5 изменение геометрии конструктивного элемента влечет за собой необходимость изменений на уровне эскиза;
- 6 даже незначительные изменения геометрии сложных сборок могут приводить к непредсказуемым последствиям для геометрии и возникновению ряда трудно поддающихся исследованию и разрешению ошибок (коллизий);
- 7 большие затраты времени на цикл обновления модели после внесения изменений;
- 8 потеря истории построения при переносе файла модели между различными САПР; причем полностью восстановить ее автоматизированными методами, как правило, невозможно.

# Прямое проектирование

## Достоинства:

- ▮ высокая гибкость процесса проектирования;
- ▮ быстрое внесение изменений в геометрию;
- ▮ относительная простота освоения.

## Недостатки:

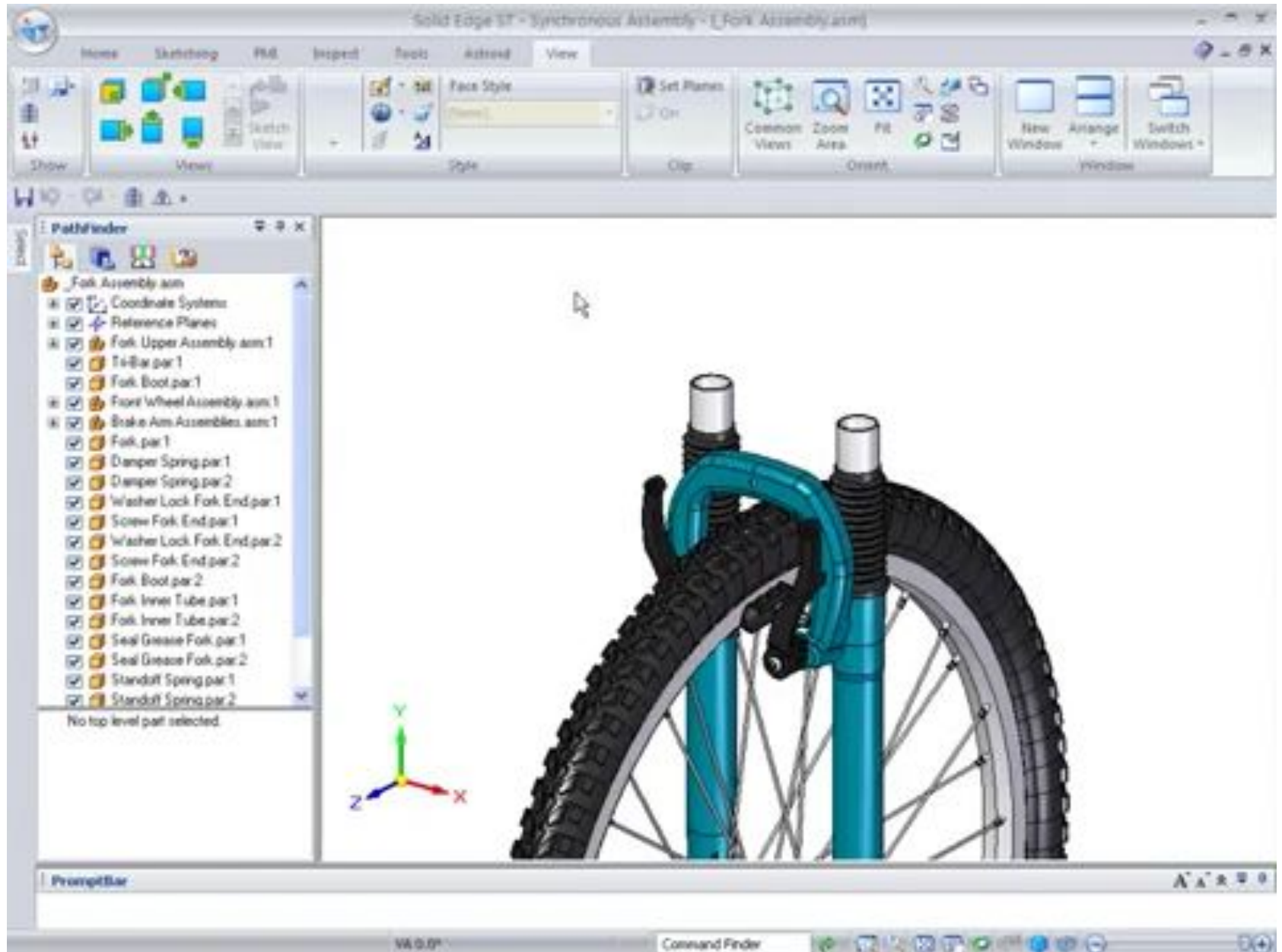
- ▮ трудности с построением сложной геометрии;
- ▮ трудность обеспечения контроля размеров;
- ▮ значительность изменения модели в результате операции редактирования, зачастую приводящую к искажению конструкторского замысла;
- ▮ невозможность ограничить внесение изменений, нарушающих структурную целостность модели.

# Синхронная технология

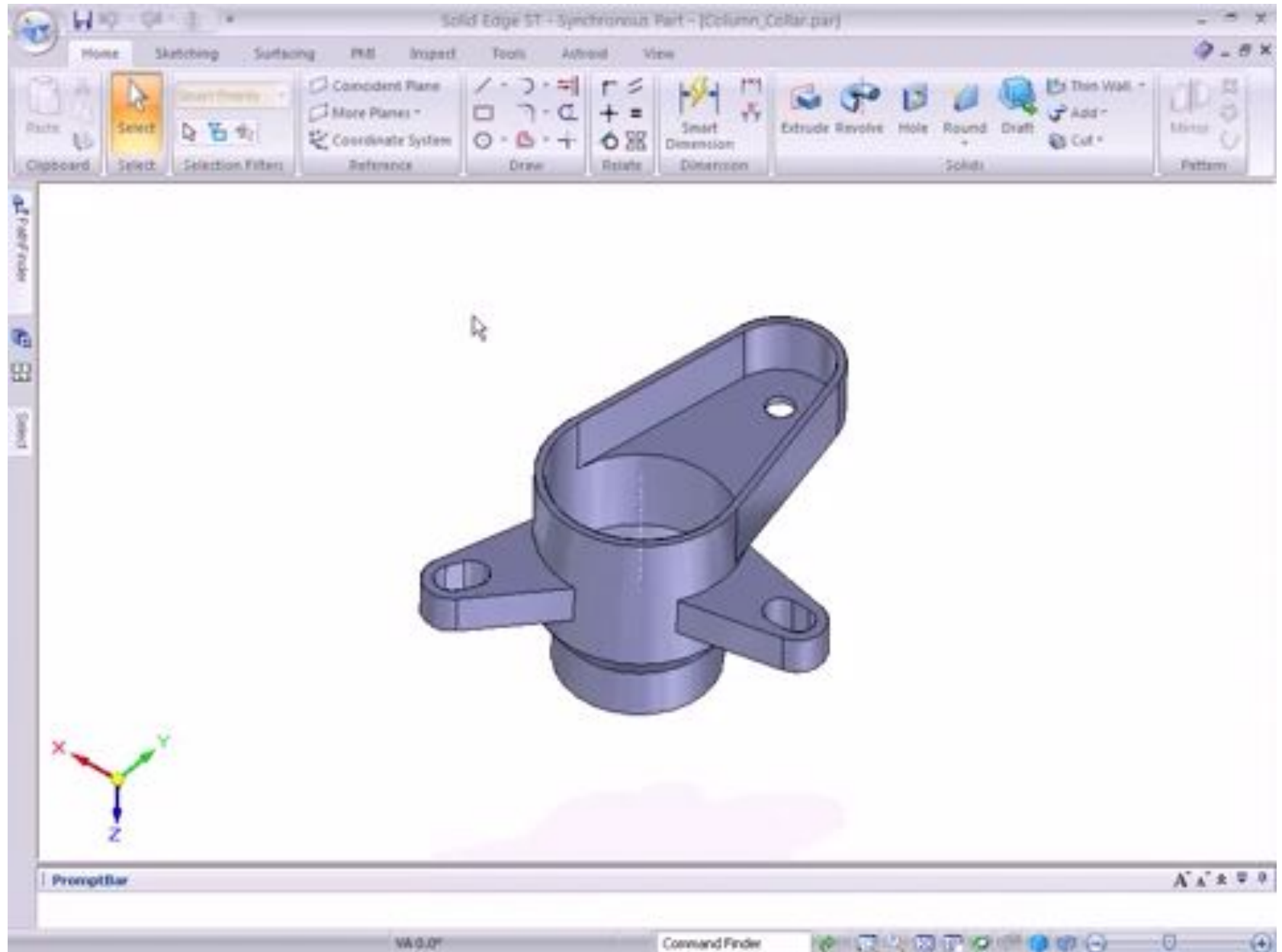
Siemens PLM Software, 2008 г.



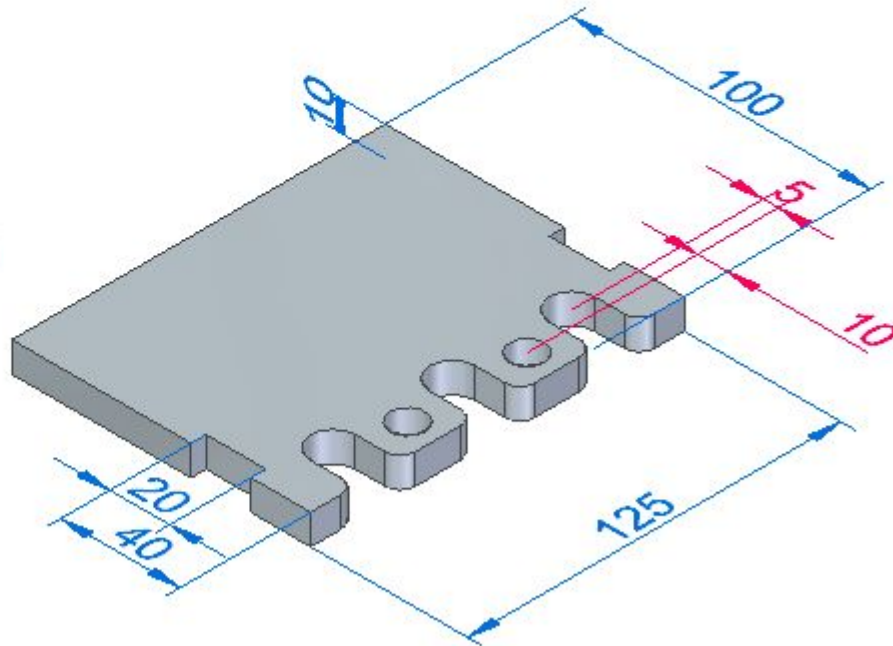
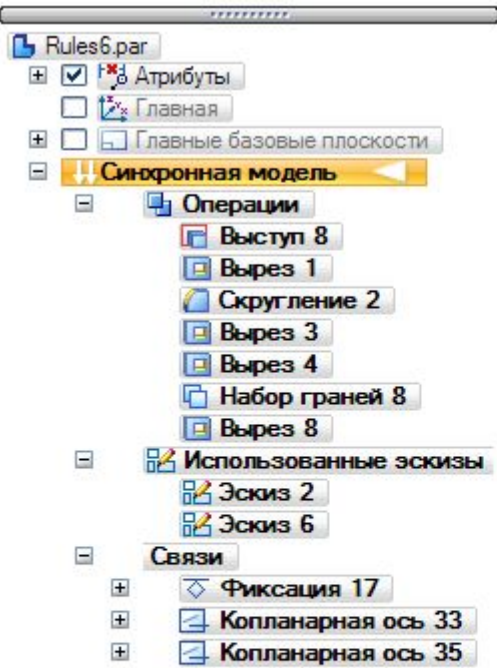
# Синхронная технология



# Синхронная технология



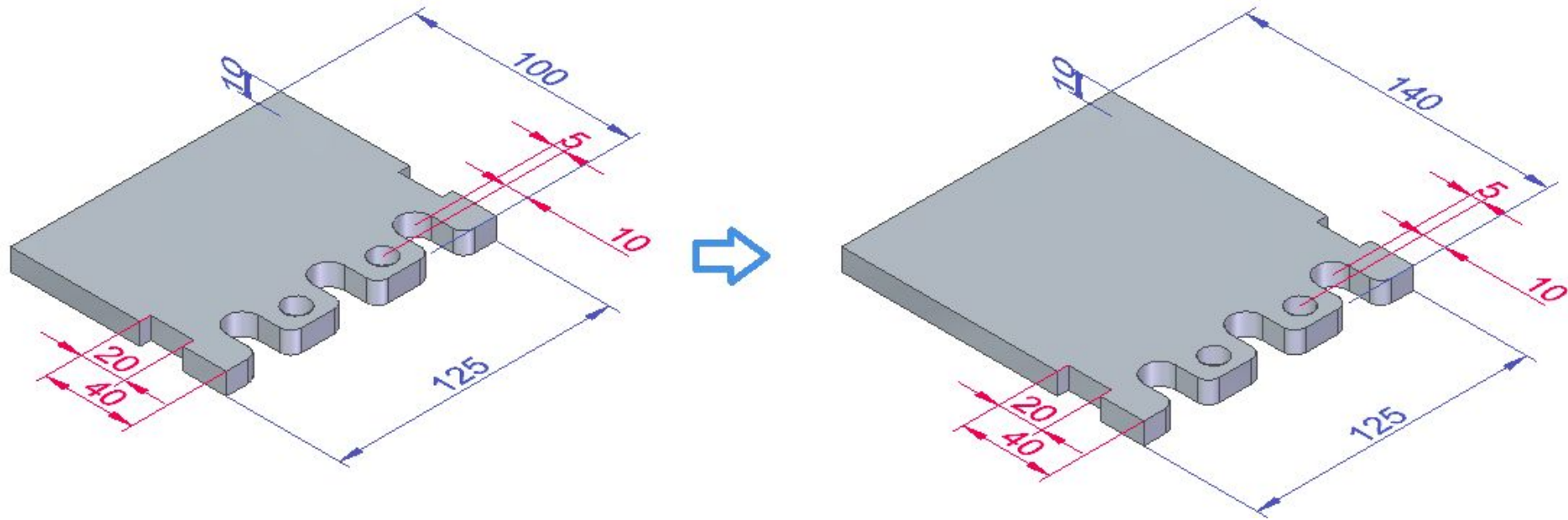
## Управляющие 3D-размеры



- ✓ построение 2D-эскиза происходит непосредственно в среде 3D-моделирования
- ✓ 3D-геометрия «поглощает» эскиз, а заданные в нем размеры мигрируют в 3D-модель и становятся *управляющими 3D-размерами*
- ✓ эскиз после использования больше не управляет построенным на его основе конструктивным элементом



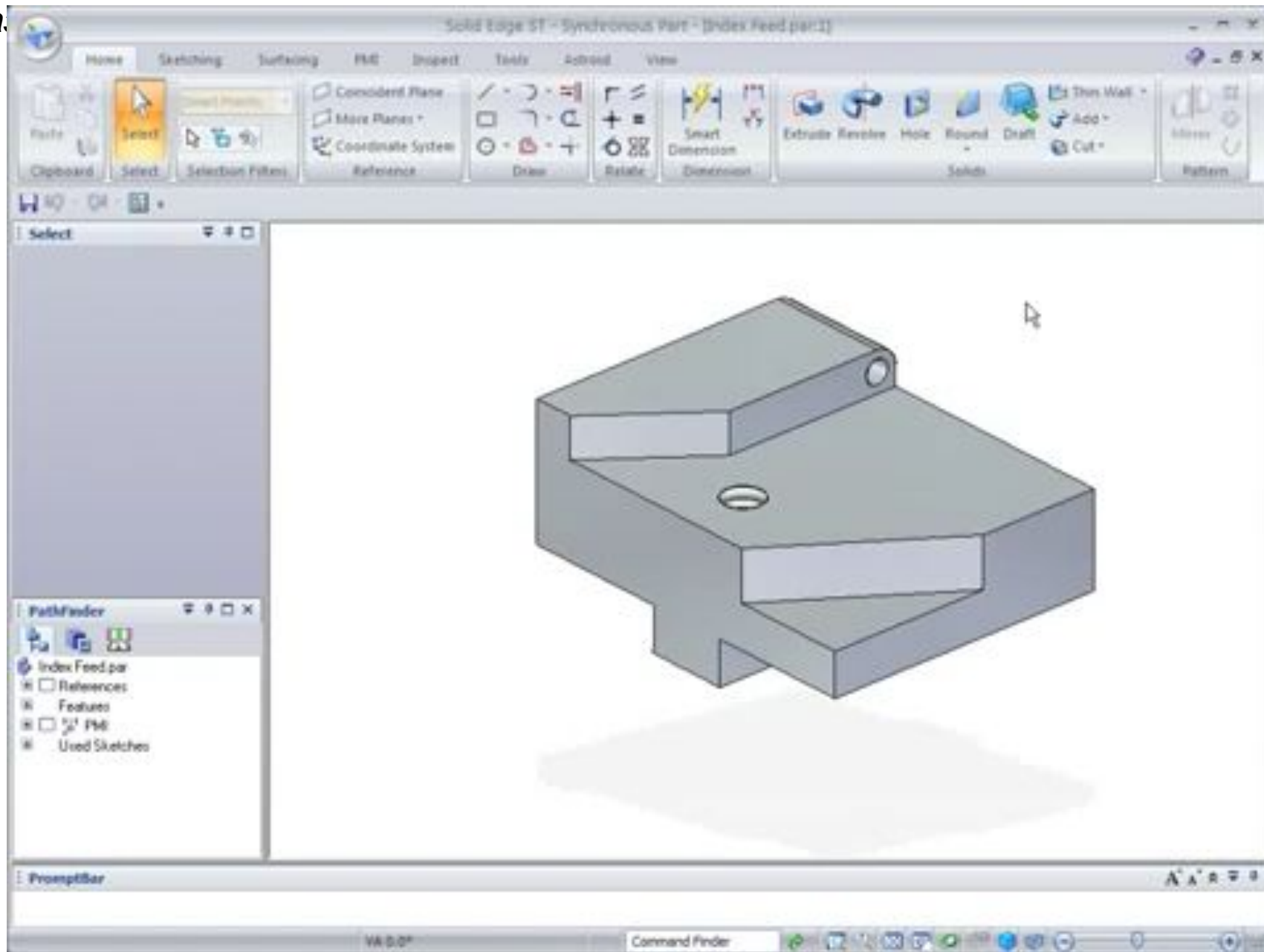
## Управляющие 3D-размеры



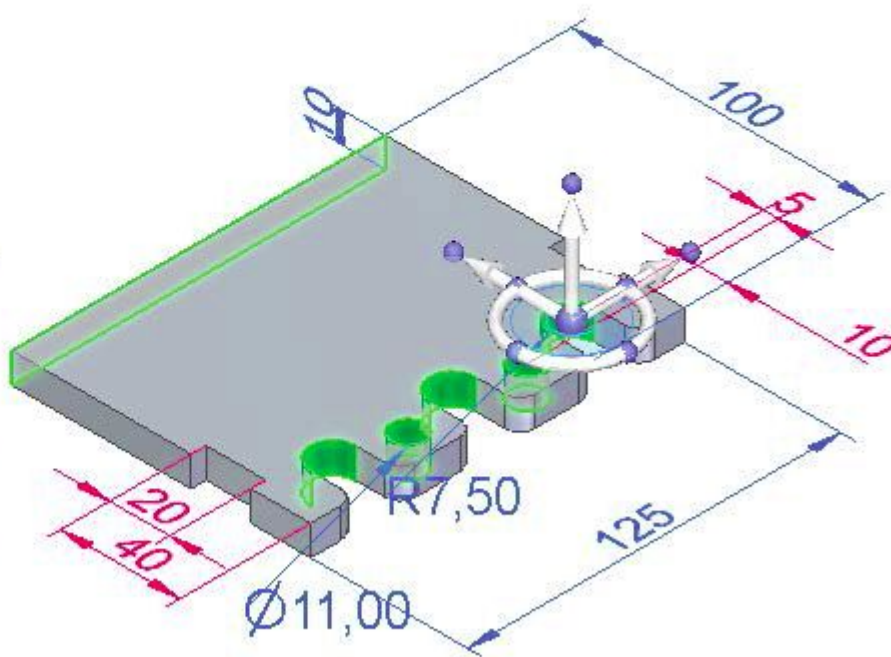
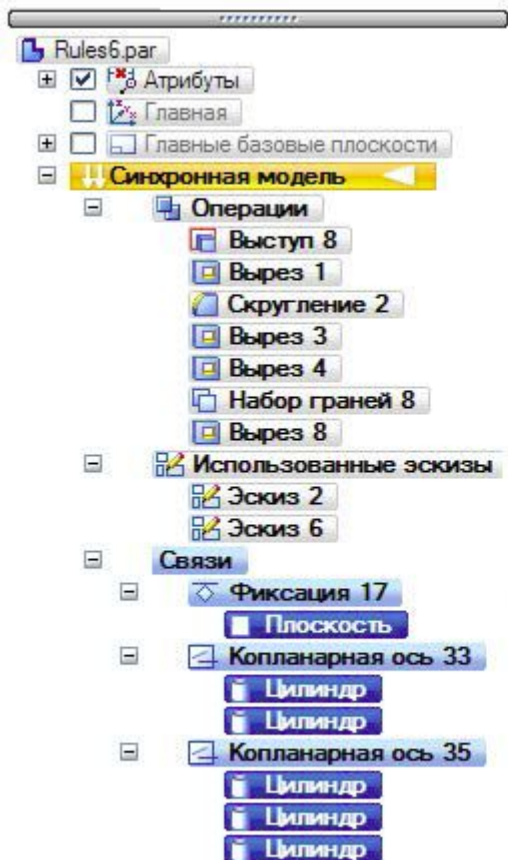
- ✓ Управляющие 3D-размеры подразделяются на **фиксированные** (не могут изменяться в результате внешнего управления) и **свободные**.
- ✓ Сочетание применения размеров этих двух видов позволяет гибко управлять геометрией и вместе с тем поддерживать конструкторский замысел.
- ✓ **Не имеют значения** история построения модели и место создаваемого/изменяемого конструктивного элемента в ней.



# Управляющие 3D-ра.

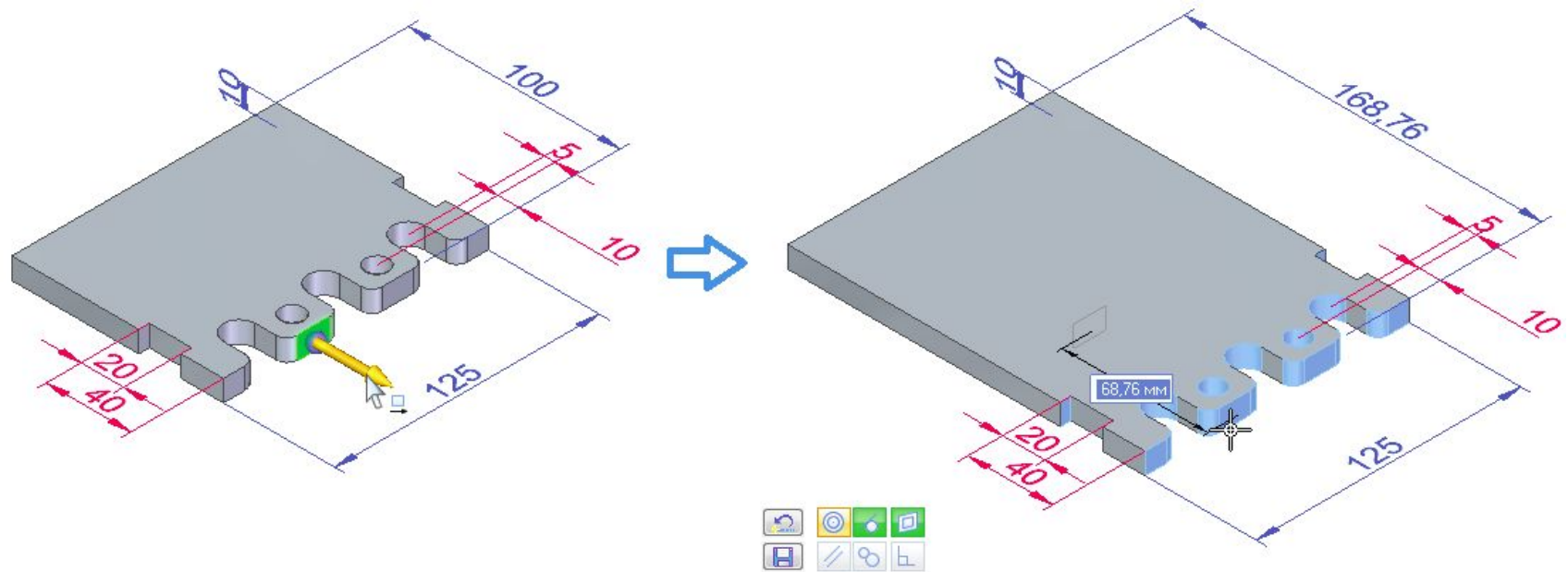


## 3D- СВЯЗИ



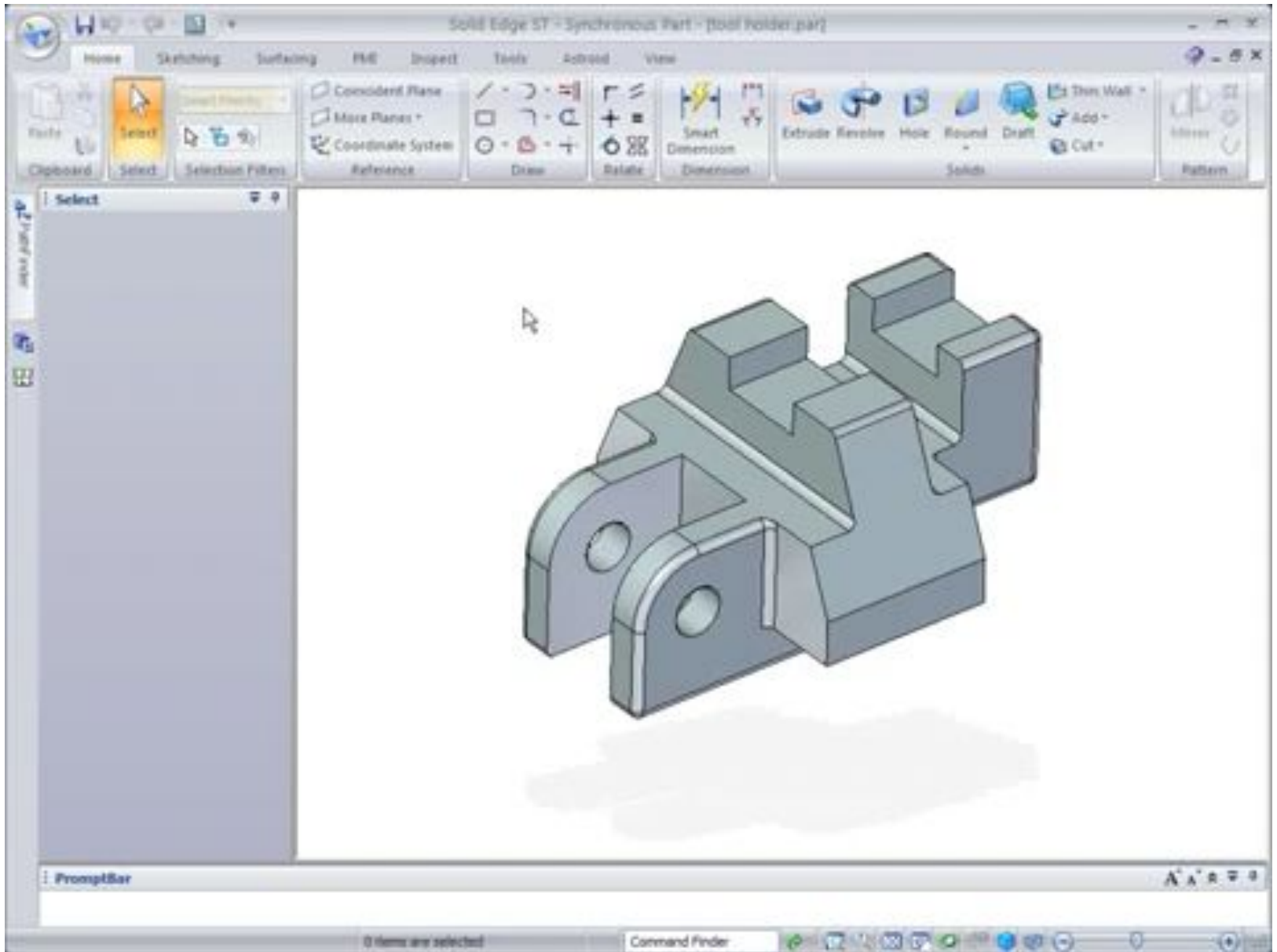
- ✓ На конструкцию модели, в том числе и на импортированную геометрию, можно накладывать 3D-связи, полностью аналогичные 2D (симметрия, копланарность и т. д.).
- ✓ Группа связей помещается в специальную коллекцию «Связи» синхронной модели.

## Технология автоматического нахождения и поддержания связей в 3D-модели – «Текущие правила»

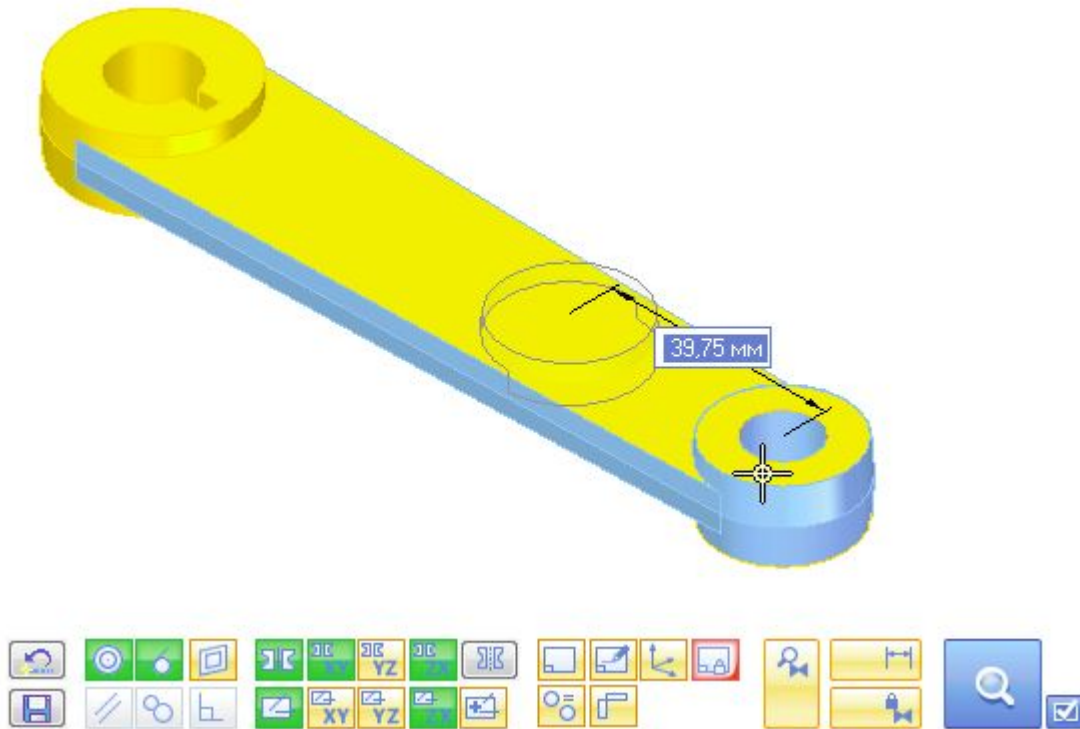


- ✓ Система сама выполняет поиск связей и отслеживает их при изменении 3D-геометрии модели. Это позволяет автоматически поддерживать конструкторский замысел, повышает гибкость редактирования и избавляет пользователя от необходимости самому накладывать очевидные геометрические ограничения.
- ✓ По умолчанию поддерживаются поиск и отслеживание таких связей, как горизонтальность/вертикальность, копланарность, касательность, концентричность, симметрия.
- ✓ При необходимости набор связей может быть расширен (добавлены параллельность, перпендикулярность, равенство радиусов и прочее).

*Технология автоматического нахождения и поддержания связей в 3D-модели – «Текущие правила»*

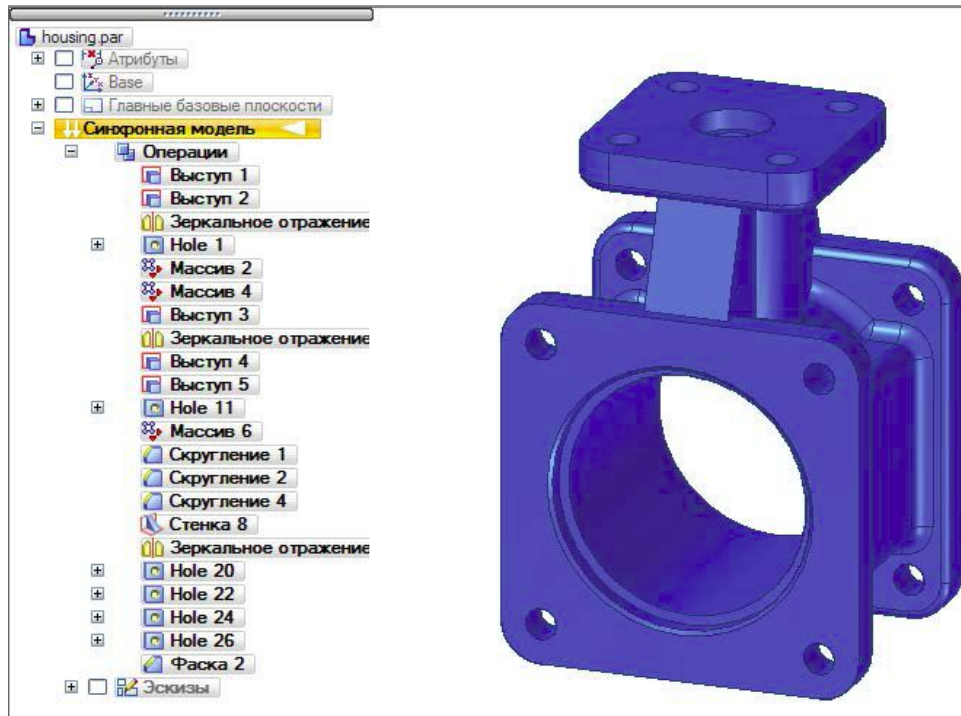


*Технология автоматического нахождения и поддержания связей в 3D-модели – «Текущие правила»*



**Пример распознавания «чужой» геометрии и автоматического наложения 3D-связей**

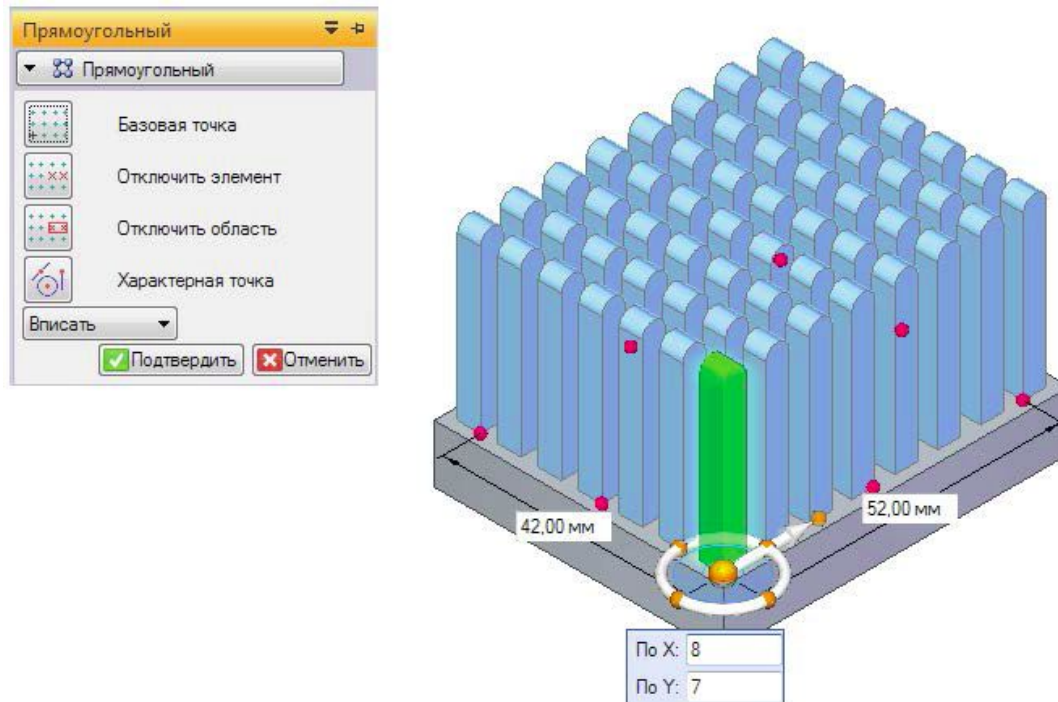
## Хранение конструктивных элементов в коллекции



- ✓ Конструктивные элементы, представляющие собой набор граней, хранятся не в дереве модели, а в **коллекции** → возможно **локально** перестраивать модель (изменять порядок, перетаскивать грани, изменять значения 3D-размеров) только там, где это необходимо, без полного пересчета модели.



*Процедурные конструктивные элементы (отверстия, тонкостенные оболочки, массивы, фаски/скругления и пр.)*



- ✓ Для построения сложных конструктивных элементов, требующих определенного уровня параметризации, в рамках синхронной технологии присутствует механизм **процедурных элементов**.
- ✓ Построение процедурных элементов ведется с помощью **диалогового процесса** задания параметров, а не прямого моделирования.
- ✓ Полученные элементы **не связываются** друг с другом отношениями «родитель–потомок», поэтому их редактирование не ведет к перестройке всей модели, и она может обновляться локально.



Процедурные конструктивные элементы (отверстия, тонкостенные оболочки, массивы, фаски/скругления и пр.)



# Синхронная технология. Достоинства

- Реализация более естественного подхода к проектированию, чем традиционное параметрическое проектирование.
- Возможность вносить в конструкцию ограничения и накладывать геометрические и размерные связи по мере построения модели, оставляя не нужные на данном этапе связи и размеры неопределенными.
- Нет необходимости обладать законченным конструкторским замыслом на начальном этапе проектирования – этот замысел может реализовываться постепенно, подвергаться изменениям и гибко трансформироваться непосредственно во время проектирования.
- Возможность сочетания с параметрическим подходом в рамках одной модели и конвертации параметрических элементов в синхронные, в т.ч. «на лету».

# Синхронная технология. Достоинства

