

**Санкт-Петербургский государственный университет
телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича
Кафедра Конструирования и производства
радиоэлектронных средств**

**Дисциплина: «Проектная графика в конструкциях электронных
средств»**

**ТЕМА 3: «Трехмерные преобразования в
проектной графике»**

**Лекция №6 «3D моделирование в САПР
КОМПАС-3D»**

(2 часа)

**Доцент кафедры, к.п.н.,
Мордовин В.Н.**

2018 г.

СПб ГУТ)))

Учебные вопросы

1. Формообразующие операции 3D моделирования.

1.1. Последовательность построения эскиза для формообразующей операции.

1.2. Основные подходы к формированию трехмерных элементов в твердотельном моделировании.

2. Основные команды для построения и редактирования 3D объектов.

2.1. Дополнительные команды формообразующих операций.

2.2. Команды создания массивов элементов.

3. Общие рекомендации по построению трехмерных моделей.

Литература

1. Большаков В. П., Бочков А. Л. Основы 3D-моделирования. Изучаем работу в AutoCAD, КОМПАС-3D, SolidWorks, Inventor. — СПб.: Питер, 2013.
2. КОМПАС-3D v17. Руководство пользователя. 2017 ООО «АСКОН"Системы проектирования».

ВВЕДЕНИЕ

В КОМПАС"3D возможно создание двух типов моделей: **деталь и сборка.**

Деталь — тип модели, предназначенный для представления изделий, изготавливаемых без применения сборочных операций. Создается и хранится в документе «деталь», расширение файла — ***m3d***.

Сборка — тип модели, предназначенный для представления изделий, изготавливаемых с применением сборочных операций. Создается и хранится в документе «сборка», расширение файла — ***a3d***.

Разновидность сборки — технологическая сборка. Создается и хранится в документе «технологическая сборка», расширение файла — ***t3d***.

ВВЕДЕНИЕ

Трехмерная модель в КОМПАС - 3D состоит из объектов. Объекты подразделяются на:

- геометрические;
- элементы оформления;
- объекты «измерение»;
- компоненты.

К **геометрическим объектам относятся:** тела, поверхности, кривые, точки, эскизы, объекты вспомогательной геометрии.

К **элементам оформления относятся** размеры, условное обозначение резьбы, линии выноски, обозначения шероховатости, базы, позиции, допуски формы и расположения.

Введение

- **Компонент** — это объект модели, в свою очередь являющийся моделью: деталью или сборкой.
- **Ассоциативная связь** — это однонаправленная зависимость расположения или геометрии одного объекта от расположения или геометрии другого объекта.
Зависимый объект считается производным, а объект, от которого производный объект зависит— **исходным** по отношению к производному.
- Состав модели, последовательность ее построения и связи между объектами модели отображаются в **Дереве построения**.

1. Формообразующие операции 3D моделирования

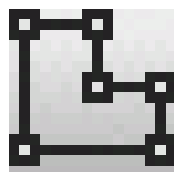
Большинство операций по созданию 3D моделей основываются на **эскизах**.

Эскиз – это обычное двухмерное изображение, размещенное на плоскости в трехмерном пространстве. В эскизе могут присутствовать любые графические элементы (примитивы), за исключением элементов оформления (обозначений) конструкторского чертежа и штриховки. Эскизом может быть как замкнутый контур или несколько контуров, так и произвольная кривая.

1.1. Последовательность построения эскиза для формообразующей операции

1. *Выделить в дереве построения или в окне документа плоскость, на которой планируется разместить эскиз (плоскость может быть стандартной или вспомогательной).* Если в модели уже есть какое-либо тело (или тела), можно в качестве опорной плоскости эскиза использовать любую из его плоских граней.

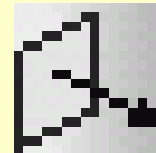
Выделить плоскую грань можно только в окне представления документа.



2. Нажать **кнопку Эскиз**

на панели инструментов **Текущее состояние**. Модель плавно изменит ориентацию таким образом, чтобы выбранная вами плоскость разместилась параллельно экрану.

- Для установки ориентации модели нормально к плоскости эскиза вручную надо выделить плоскость и воспользоваться командой **Нормально к**



которая находится в раскрывающемся меню кнопки **Ориентация**



на панели инструментов **Вид**.

3. После запуска процесса создания эскиза компактная панель изменит свой вид



Для завершения создания или редактирования эскиза отожмите кнопку Эскиз.

Расширенная панель команд →



Перпендикулярный отрезок
Перпендикулярный отрезок

4. Эскиз останется выделенным в окне документа (подсвечен **зеленым цветом**), поэтому можно вызывать нужную команду и создавать или вносить изменения в геометрию модели.

Все **трехмерные операции** в КОМПАС-3D делятся на **основные** (то есть собственно формообразующие) и **дополнительные**. **Основные операции** включают команды для добавления и удаления материала детали, булевы операции, команду создания листового тела, а также команду *Деталь-заготовка*.

Дополнительные операции представляют собой команды для реализации тех или иных конструкторских элементов на теле детали (фаски, скругления, отверстия, уклона, ребра жесткости и т. д.).

В отдельную группу можно отнести **команды построения массивов трехмерных элементов как в детали, так и в сборке**. Есть также некоторые специфические команды, доступные только для сборки.

1.2. Основные подходы к формированию трехмерных элементов в твердотельном моделировании

1. **Выдавливание.** Форма трехмерного элемента образуется путем смещения эскиза операции (рис.1а) строго по нормали к его плоскости (рис.1б). Во время выдавливания можно задать уклон внутрь или наружу (рис.1в и г). Контур эскиза выдавливания не должен иметь самопересечений.

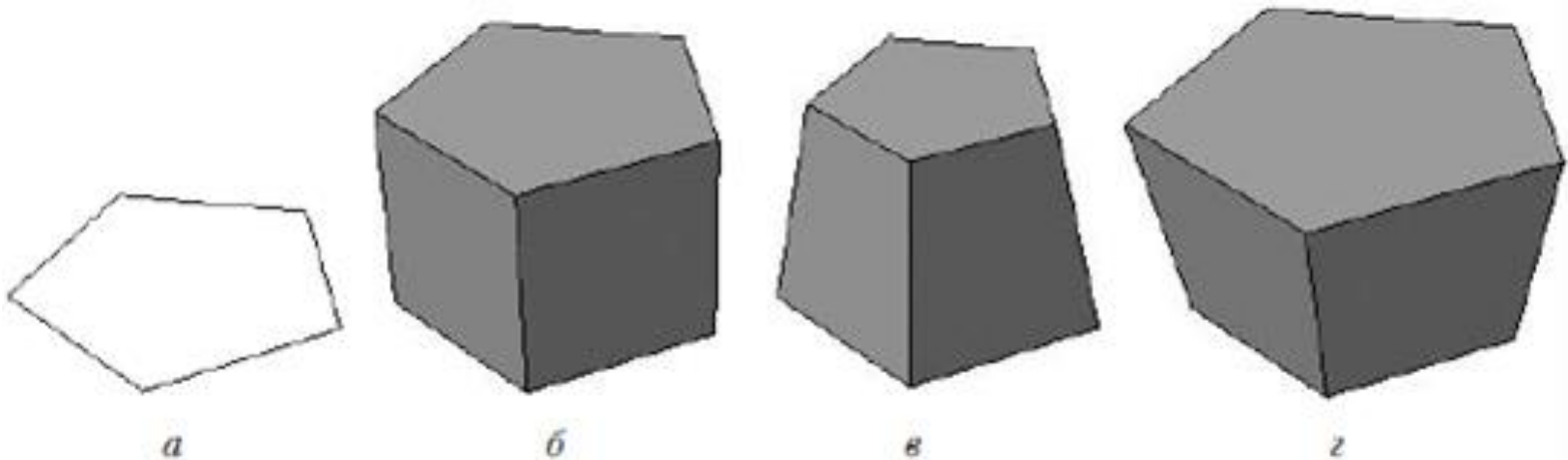
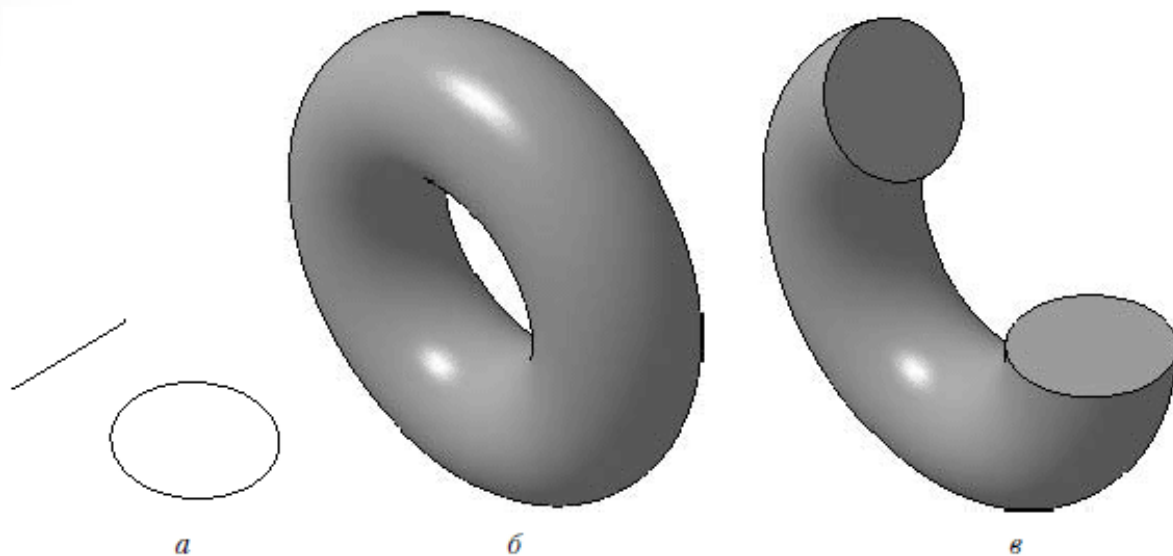


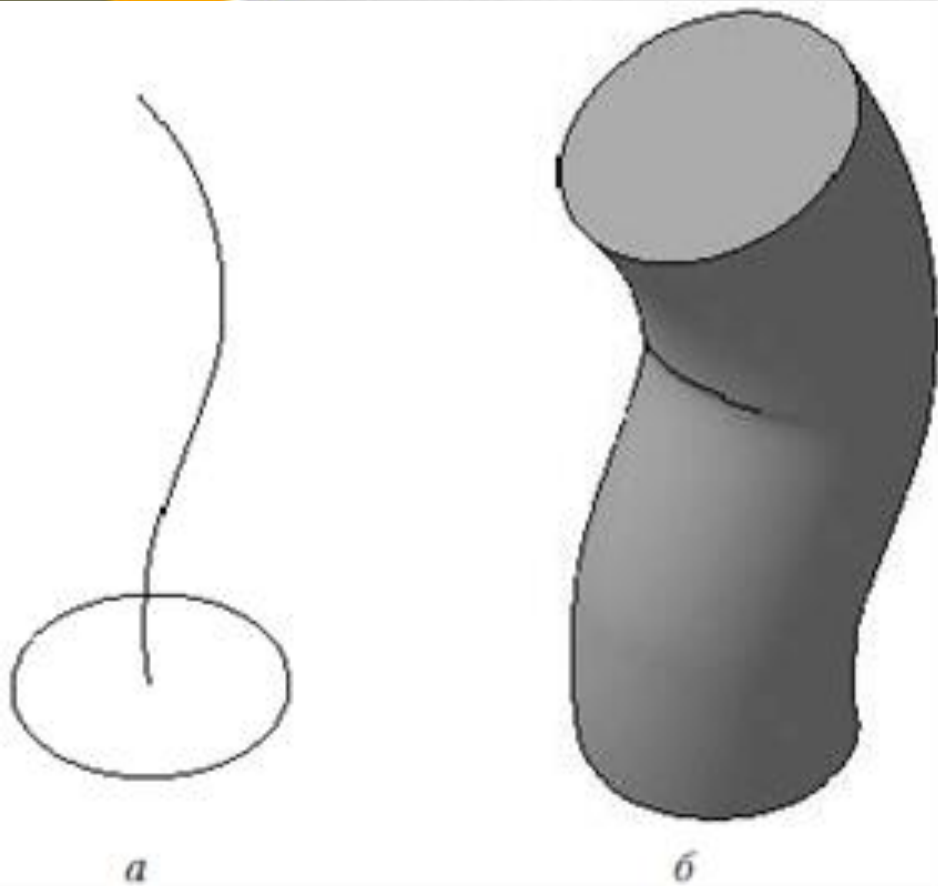
Рис. 1. Выдавливание: эскиз (а), сформированный трехмерный элемент (б), уклон внутрь (в) и уклон наружу (г).

2. Вращение. Формообразующий элемент является результатом вращения эскиза (рис. а) в пространстве вокруг произвольной оси (рис. б). Вращение может происходить на угол 360° или меньше (рис. в).

Обратите внимание, **ось вращения ни в коем случае не должна пересекать изображение эскиза!**

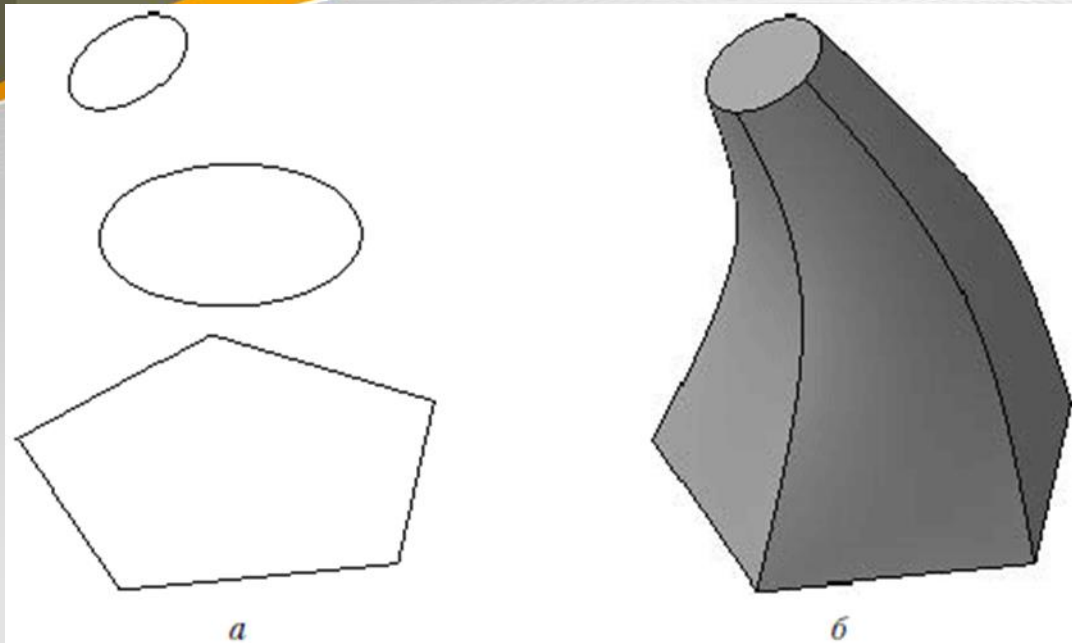


Если контур в эскизе незамкнут, то создание тела вращения возможно в двух различных режимах: **сфероид** или **тороид**.



3. Кинематическая операция. Поверхность элемента формируется в результате перемещения эскиза операции вдоль произвольной трехмерной кривой (рис.) Эскиз должен содержать обязательно замкнутый контур, а траектория перемещения – брать начало в плоскости эскиза. Траектория не должна иметь разрывов.

Рис. 3. Кинематическая операция: эскиз и траектория операции (а), трехмерный элемент (б).



4. Операция по сечениям. Трехмерный элемент создается по нескольким сечениям-эскизам (рис. 4).

Эскизов может быть сколько угодно, и они могут быть размещены в произвольно ориентированных плоскостях. Эскизы должны быть замкнутыми контурами или незамкнутыми кривыми. В последнем эскизе может размещаться точка.

Рис. 4. Операция по сечениям: набор эскизов в пространстве (а), сформированный трехмерный элемент (б).

В 90 % случаев твердотельного инструментария достаточно для построения неживых объектов.

2. Основные команды для построения и редактирования 3D объектов

Все команды для построения и редактирования детали расположены на панели инструментов **Редактирование детали** (рис.). Для перехода к этой панели надо щелкнуть на одноименной кнопке компактной панели (при активном документе КОМПАС-Деталь).

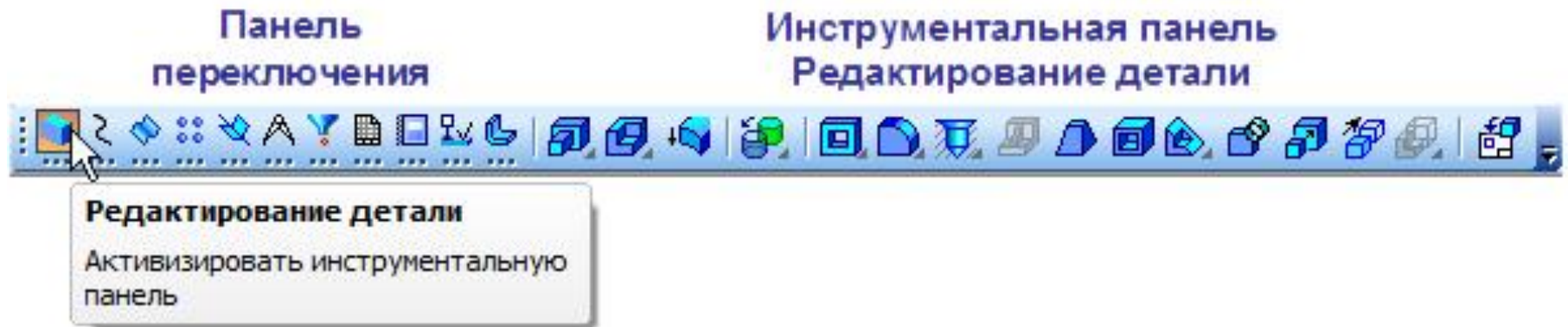
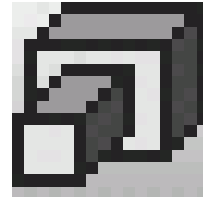


Рис. 5. Панель инструментов Редактирование детали.

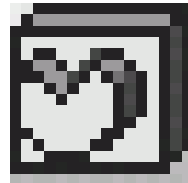
Подобно прочим панелям инструментов, панель **Редактирование детали** содержит как одиночные кнопки, так и группы кнопок.

Первая группа кнопок, позволяет добавить материал детали (или создать основание). В нее входят команды:

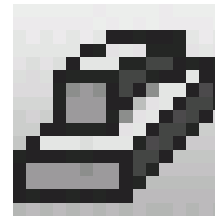
Операция выдавливания



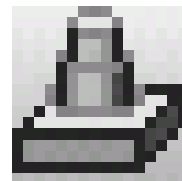
Операция вращения

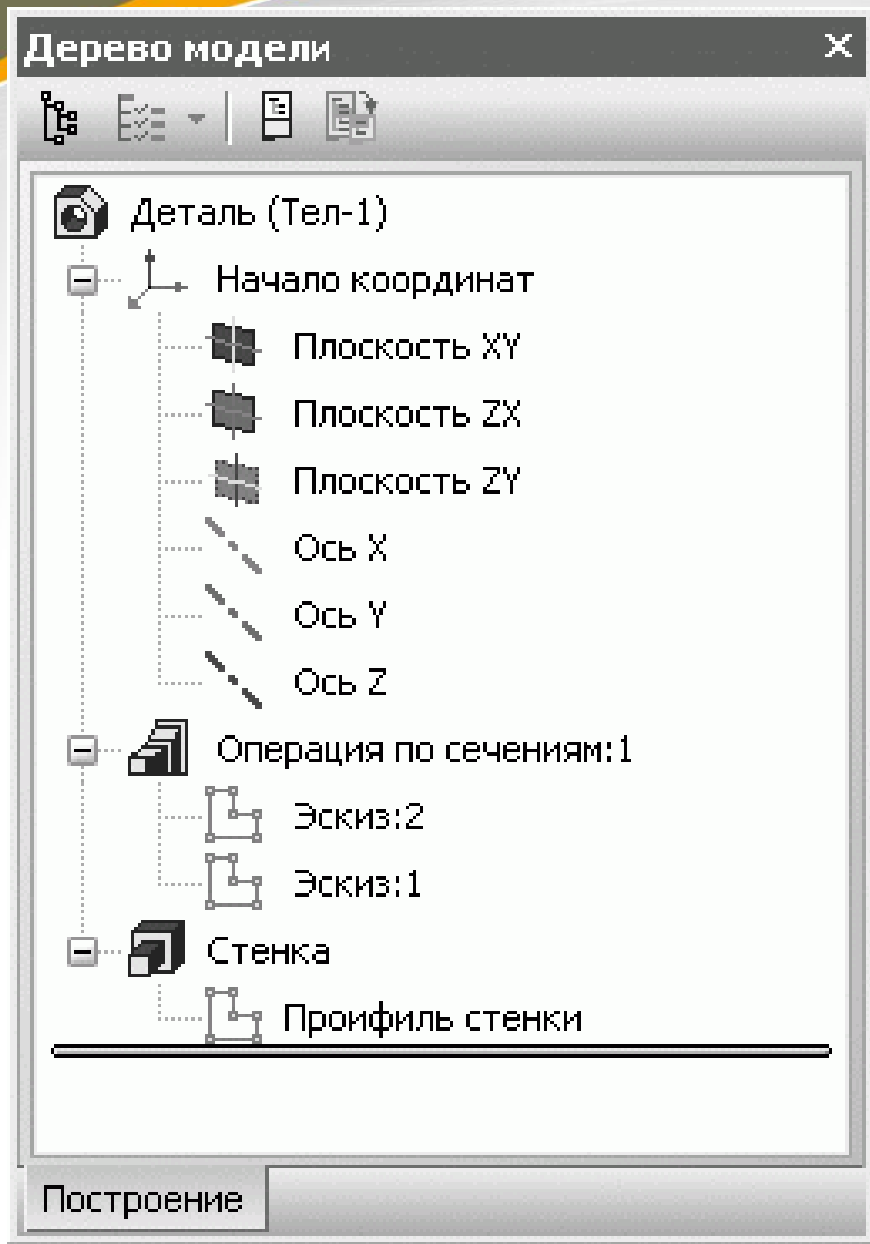


Кинематическая операция



Операция по сечениям



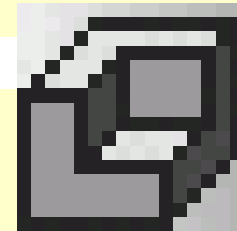


После создания любой формообразующей операции в **дерево построения добавляется новый узел со значком выполненной операции и с ее названием, а в подчиненной ветке этого узла содержится перечень эскизов, используемых в операции (рис. 6).**

Рис. 6. Отображение последовательности операций в дереве построения модели.

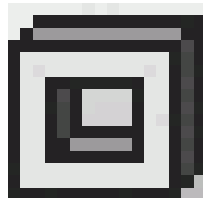
Еще одной операцией, с которой нередко начинается построение детали, является **Деталь-заготовка**

Эта команда позволяет использовать в качестве заготовки другую, ранее построенную и сохраненную деталь.

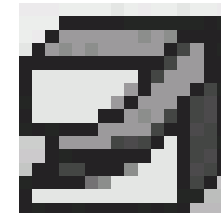


За командой вставки заготовки идет группа команд удаления материала детали (**команды вырезания**):

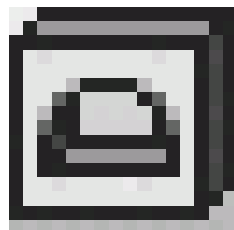
Вырезать выдавливанием



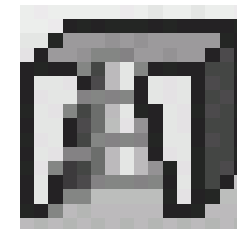
Вырезать кинематически



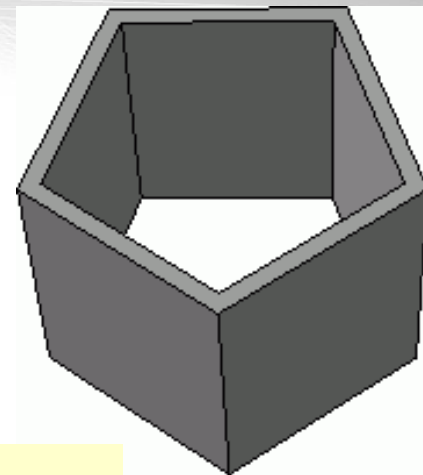
Вырезать вращением



Вырезать по сечениям



Важной особенностью всех команд добавления и вырезания является возможность формирования не только сплошных трехмерных элементов, но и так называемой тонкой стенки (рис.7).

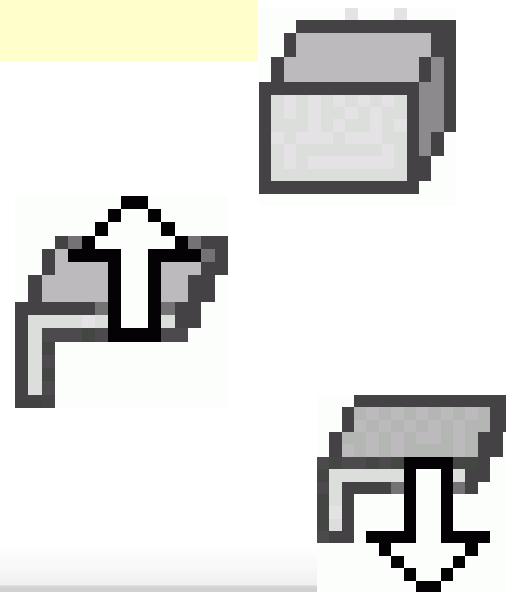


Настройка – на вкладке **Тонкая стенка** панели свойств при выполнении любой из команд добавления или удаления материала. Раскрывающийся список **Тип построения** тонкой стенки имеет варианты:

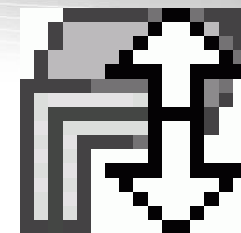
Нет – формообразующий элемент создается сплошным

Наружу – тонкая стенка строится наружу от контура эскиза

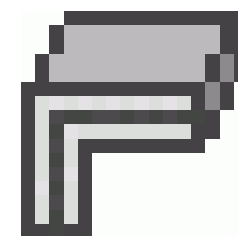
Внутри – тонкая стенка строится внутрь от контура



Два направления – тонкая стенка строится в обоих направлениях сразу, причем толщину стенки по каждому из направлений можно задавать различной.



Средняя плоскость – тонкая стенка строится на одинаковое расстояние (равное половине заданной толщины) в обе стороны от контура эскиза.

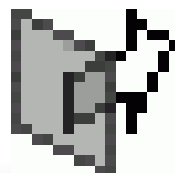


При выполнении отдельных команд добавления или удаления материала (в частности, выдавливания и вращения) можно задавать направление операции.

**Прямое
направление**



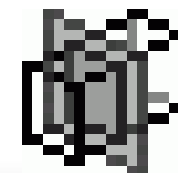
**Обратное
направление**



**Два
направления**

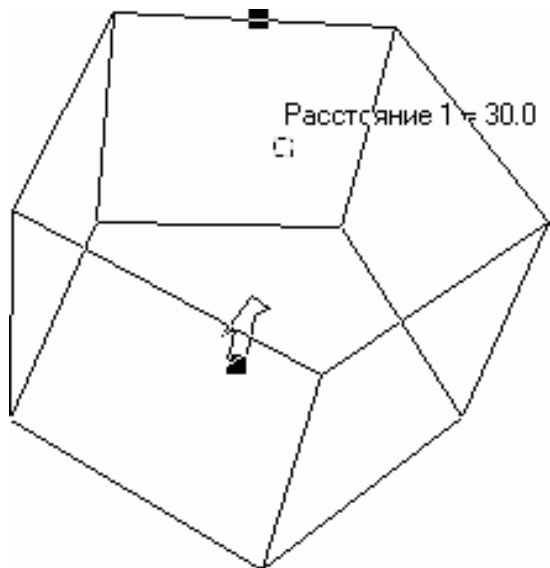


**Средняя
плоскость**



При выборе определенного направления в окне документа сразу изменяется **фантом формообразующей операции**.

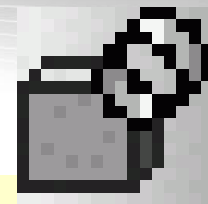
Фантом трехмерного элемента – это условное временное отображение изменений, которые коснутся детали при выполнении той или иной операции (рис.8). Фантом трехмерного элемента всегда прозрачен, его контур отрисовывается серыми тонкими линиями.



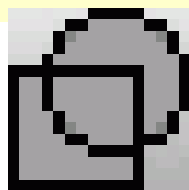
Фантом – это изменения в форме детали вследствие проведенной операции, зависящие от направления операции и не зависящие от направления нормали.

Рис. 8. Фантом операции выдавливания.

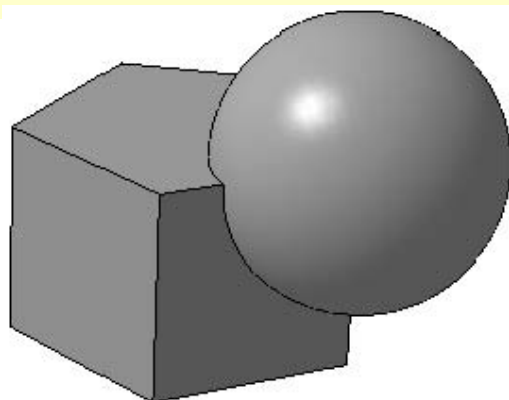
Еще одной из главных формообразующих операций является **Булева операция**



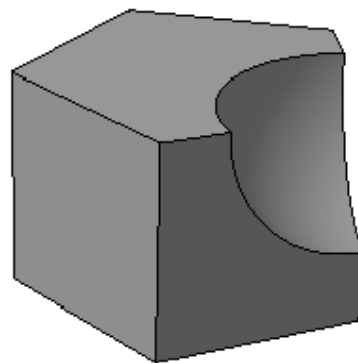
Она доступна, только если в детали присутствует более одного тела. Данная операция предназначена **для объединения, вычитания или пересечения** указанных тел.



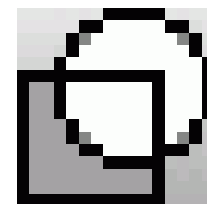
объединение



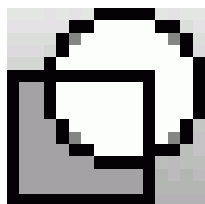
а



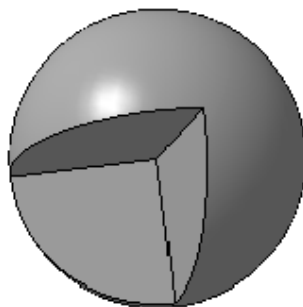
б



вычитание
шара из
призмы



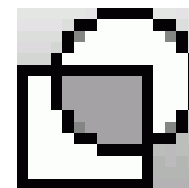
вычитание
призмы из
шара



в



г



пересечение

2.1. Дополнительные команды формообразующих операций

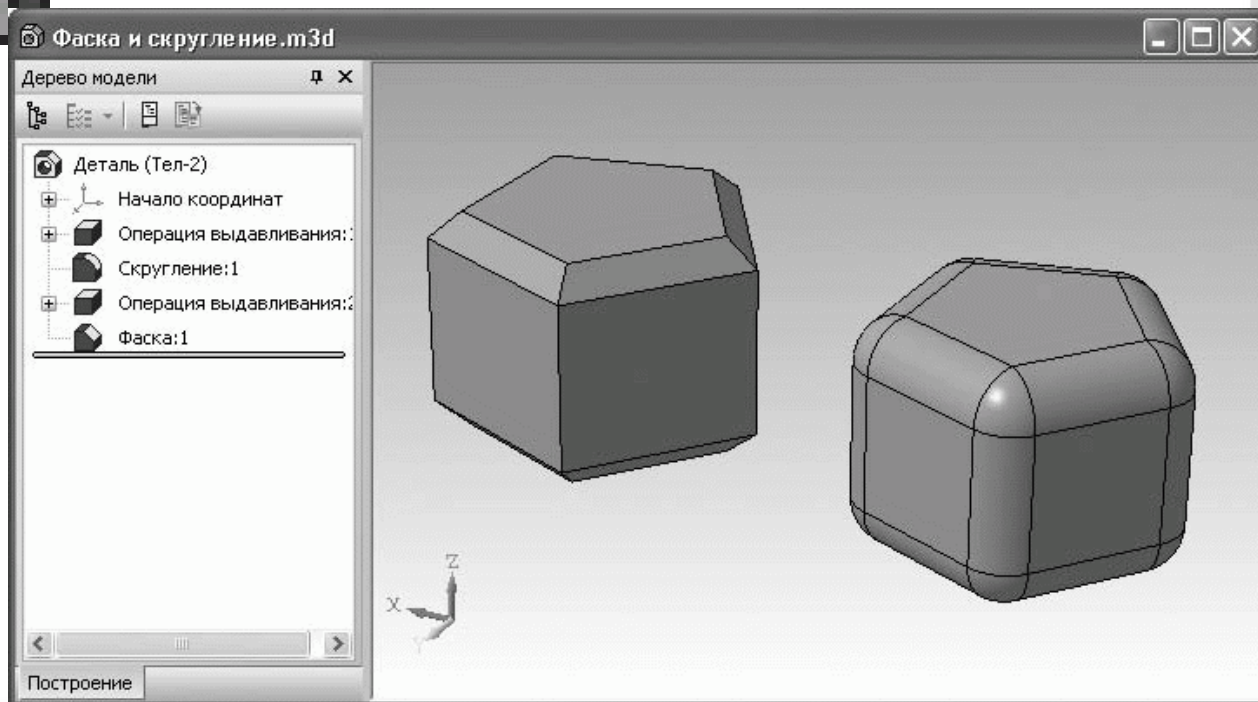
Все эти команды доступны, только *если в модели уже есть построенные тела*, созданные с помощью одной или нескольких основных формообразующих команд. Трехмерные элементы, созданные с использованием дополнительных операций, находятся в зависимости от основных элементов.

Часто используют дополнительные команды **Фаска** и **Скругление**



Для этих операций на панели Редактирование детали не требуется создавать эскиз.

За один вызов команды Фаска или Скругление можно создавать фаску или скруглить сколько угодно ребер (рис.11)



В системе КОМПАС-3D есть возможность настройки фильтров выделения. Это можно сделать на панели инструментов Фильтры (рис. 12). С помощью кнопок на этой панели можно включить или выключить возможность выделения следующих объектов:

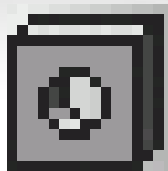
- граней;
- ребер;
- вершин;
- конструктивных плоскостей;
- конструктивных осей.



Рис. 12. Панель Фильтры.

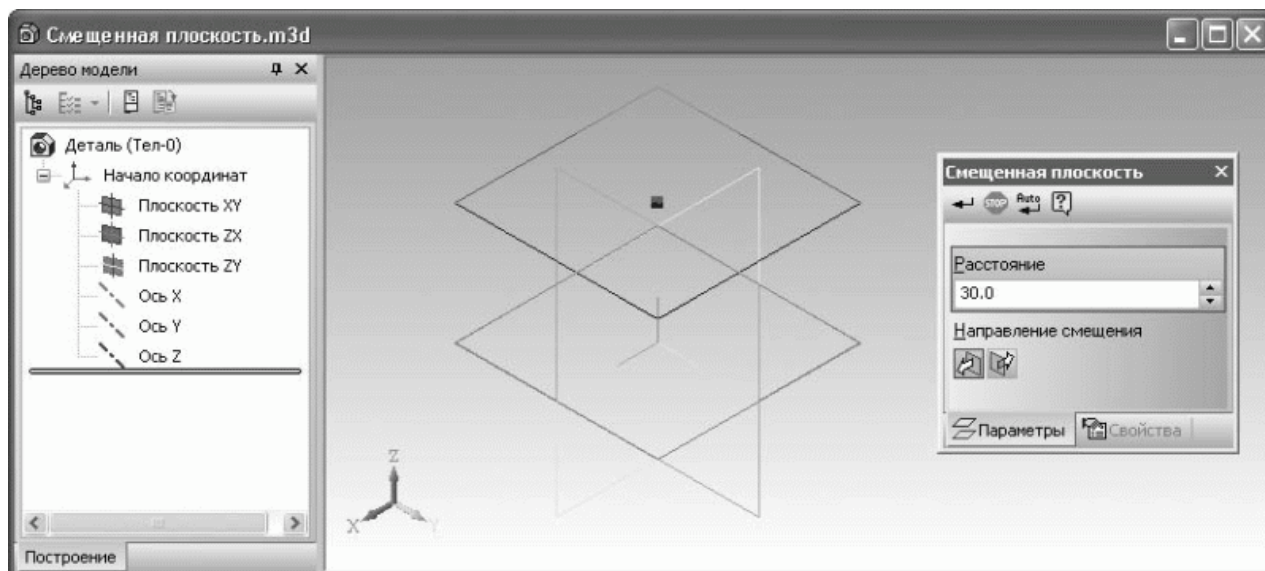
По умолчанию на этой панели нажата кнопка Фильтровать все, которая позволяет выделять все трехмерные элементы модели.

Команда **Отверстие**



очень удобна для быстрого

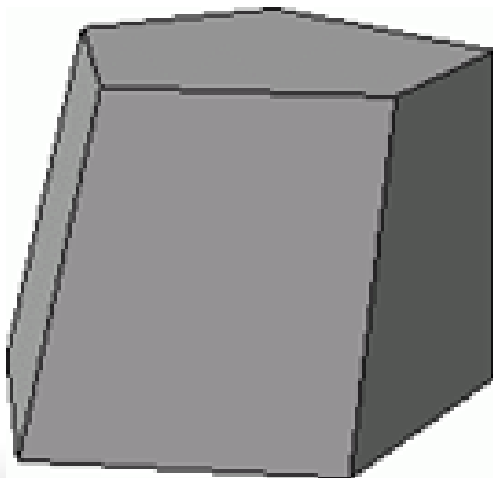
создания различных отверстий со сложным профилем в теле детали. Эта команда доступна, если в модели выделена плоская грань, которая автоматически становится базовой для отверстия. Для формирования отверстия необходимо задать его координаты на базовой плоскости, а главное – выбрать тип (профиль) отверстия и определить его размеры. Тип отверстия можно указать на панели **Выбор отверстия** (рис.) вкладки **Параметры** панели свойств.





Предназначена для придания уклона плоских граней, которые были перпендикулярны основанию (рис. 13). Эта команда отличается от уклона, придаваемого элементам выдавливания, следующими особенностями:

- уклон придается не всем граням относительно основания, а лишь выбранным пользователем;
- одновременно можно формировать уклон для граней, принадлежащих трехмерным элементам, которые сформированы разными формообразующими операциями;
- для операции не требуется эскиз.



Операцию Уклон желательно применять на самом последнем этапе построения модели.

Рис. 13. Две грани, наклоненные к основанию с помощью команды Уклон.

Используя команду **Оболочка** можно преобразовать твердотельную деталь в тонкостенную оболочку (рис. 14). При формировании оболочки вам следует лишь указать грань или грани, которые будут удалены с тела модели (на рис. 14 это нижняя опорная грань детали), а также задать толщину стенки.

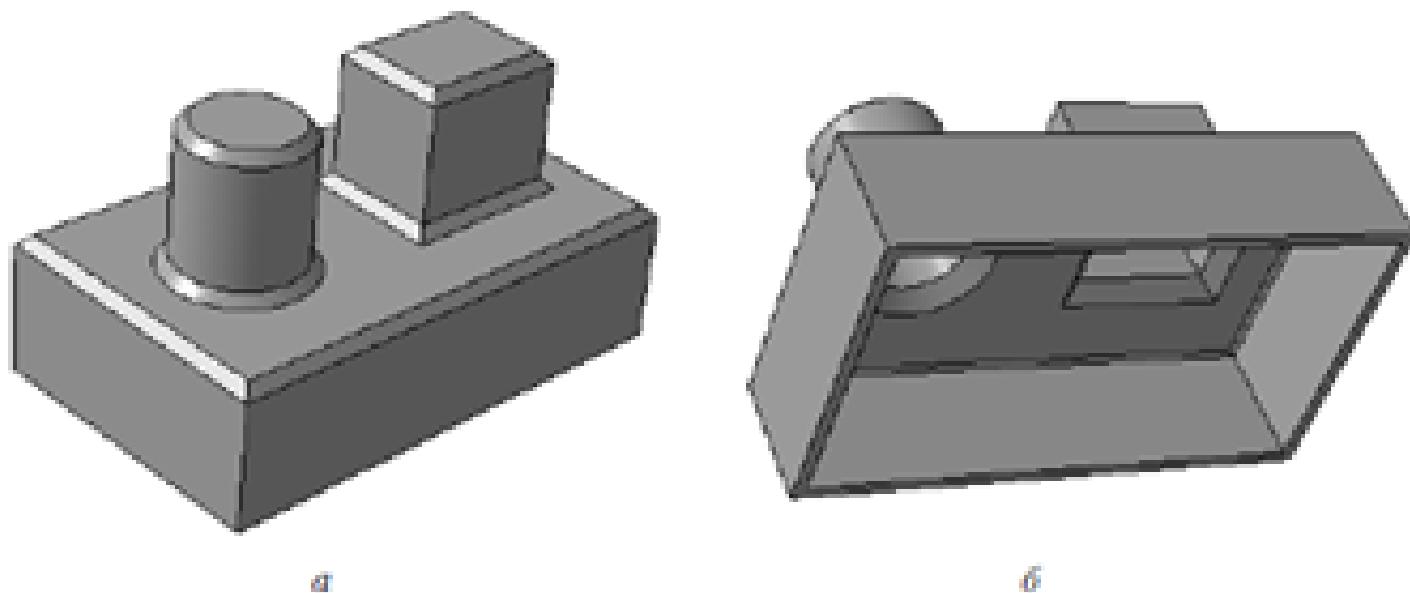
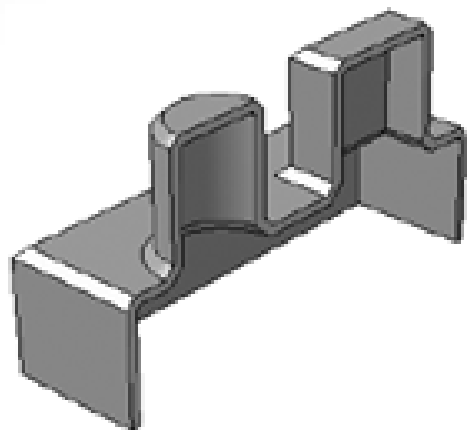
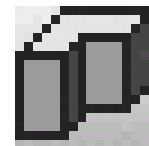


Рис. 14. Сплошная деталь (а) и результат применения команды Оболочка (б).

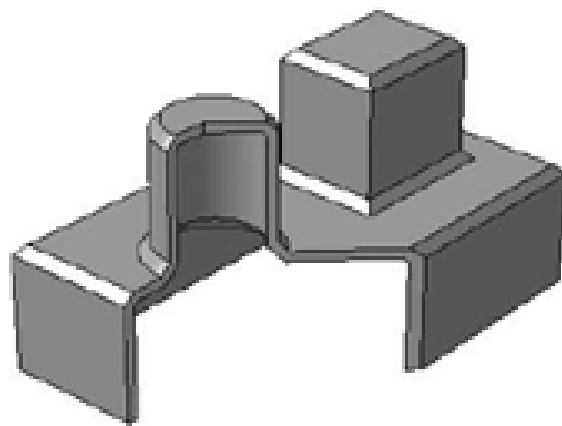
Последними среди дополнительных операций являются команды создания сечений в модели: **Сечение поверхностью** (рис. 15, а)



и **Сечение по эскизу** (рис. 15, б)



а



б

Главное отличие этих команд в том, что для первой не требует создания эскиза, а для второй он обязателен (что и следует из названия команды).

Рис. 15. Результаты выполнения команд создания сечений: поверхностью (а) и по эскизу (б).

2.2. Команды создания массивов элементов

Для детали есть три разные команды создания массивов (на панели **Редактирование детали** их кнопки объединены в одну группу):

- **Массив по сетке**



– размещает копируемые элементы в узлах двухмерной сетки, количество копий по каждому из направлений задается отдельно. Сетка не обязательно должна быть ортогональной;

- **Массив по концентрической сетке**



– копии выбранных трехмерных элементов располагаются равномерно по концентрическим окружностям;

- **Массив вдоль кривой**

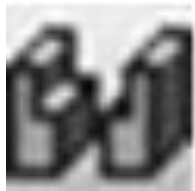
– создает одномерный массив трехмерных элементов, которые размещаются вдоль произвольной кривой.





Есть еще одна команда, предназначенная для копирования элементов модели, – ***Зеркальный массив***

Она служит для создания зеркального отражения выбранных элементов модели относительно плоскости или плоской грани. Как и все прочие команды формирования массивов, ***Зеркальный массив не может создавать новые тела.***



Команда ***Зеркально отразить тело*** (она находится в одной группе с командой зеркального массива) позволяет получить как одно целое тело, симметрично отразив созданную его часть относительно грани или плоскости, так и два отдельных, симметричных друг другу относительно выбранной плоскости.

3. Общие рекомендации по построению трехмерных моделей

- Старайтесь строить модель с использованием *как можно меньшего количества* трехмерных формообразующих операций.
- В КОМПАС-3D есть команды, которые за один вызов позволяют выполнять *несколько формообразующих операций*. В таком случае следует выполнять как можно больше операций за один сеанс работы с такой командой. Такие операции, как Скругление, Фаска, Уклон и пр., желательно выполнять *на завершающем этапе построения* модели, когда вся основная геометрия уже построена.
- Перед началом формирования детали *особое внимание уделите созданию основания*. Если при доработке модели вы выполняете операцию сечения, которая удаляет из модели все основание, то возможно возникновение ошибок расчета модели. Этого следует избегать.

- *Не перегружайте модель вспомогательной геометрией: используйте при возможности плоские грани модели в качестве опорных плоскостей, а в качестве осей или направляющих – ребра.*
- *Старайтесь строить деталь так, чтобы ее как можно проще было разместить в сборке. Например, строить деталь так, как будто она наклонена под определенным углом, под которым она должна быть размещена в сборке.*
- *Как в детали, так и в сборке для копирования типовых элементов максимально используйте команды создания массивов.*
- Если вы не создаете параметрическую модель, то:
 - отключите параметризацию;
 - зафиксируйте деталь после ее окончательного размещения в сборке и удалите ненужные сопряжения.

Справочная документация к системе предлагает два основных способа построения: **снизу вверх и сверху вниз**.

Способ проектирования снизу вверх подразумевает построения каждой детали отдельно с последующим их добавлением в сборку.

При проектировании **снизу вверх**:

- проектирование начинается с нижних уровней и завершается на верхнем уровне;
- разработка компонентов, как правило, выполняется в отдельных окнах, вне контекста сборки;
- по мере готовности компоненты размещаются в сборке (подсборке).



Рис. 16. Схема проектирования снизу вверх.

Проектирование сверху вниз – это последовательное создание всех деталей прямо в сборке (Рис.17).

Схема проектирования сверху вниз:

- проектирование начинается с верхнего уровня и завершается на нижних уровнях;
- компоненты, как правило, создаются в контексте сборки.

Этот способ используется очень редко.



Рис. 16. Схема проектирования сверху вниз

Чаще всего **применяется смешанный способ**, при котором большая часть деталей проектируется и редактируется отдельно, а потом вставляется и размещается в сборке.

Заключение

В рамках описанных выше подходов реализуются следующие методики проектирования:

- «Сверху вниз с предварительной компоновкой».
- «Сверху вниз с преобразованием тел в компоненты».
- «Снизу вверх с предварительной компоновкой».
- «Снизу вверх с размещением компонентов».

Назначение методик — помощь при выборе сценария разработки сборки в целом. На практике в ходе разработки сборки обычно сочетаются несколько методик.