

Глава 8. Компьютерная графика

§ 36. Пространственное (3D) моделирование

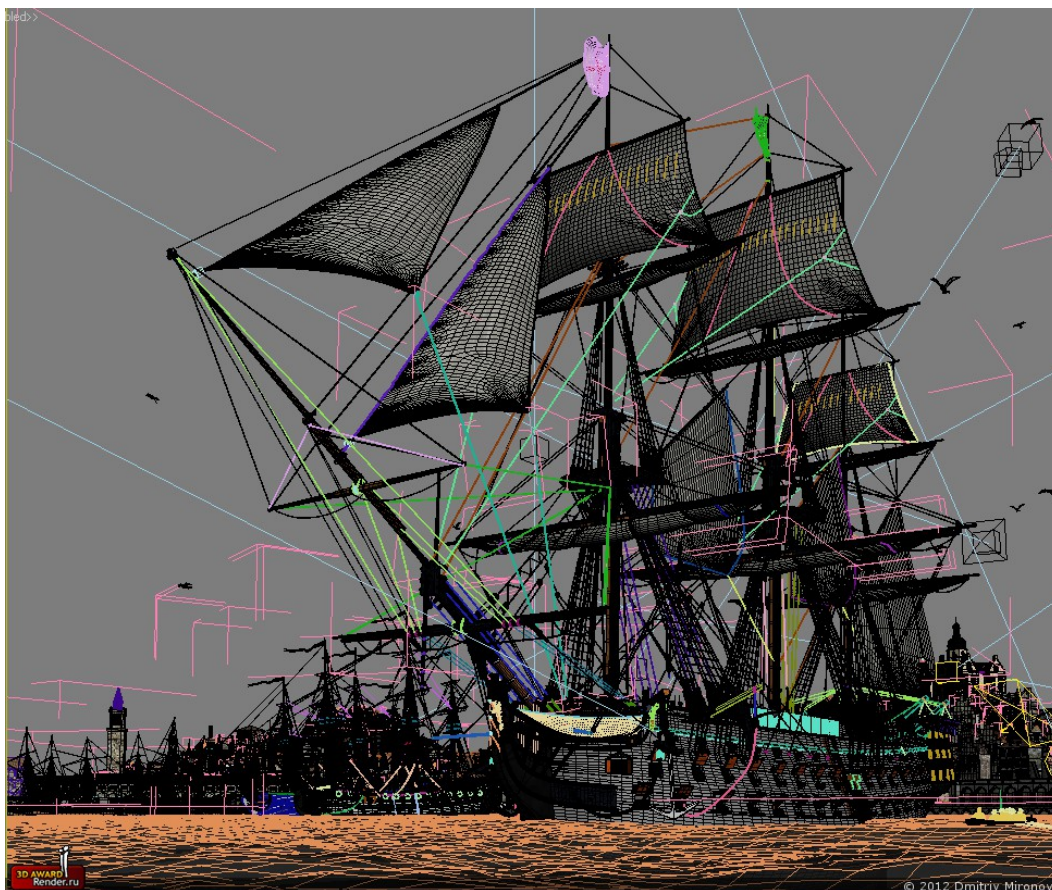
Пространственное моделирование (или как сейчас часто называют 3D-моделирование) является наиболее сильной стороной компьютерных графических систем. Различают следующие типы 3D-моделей: *каркасная модель, поверхностная модель и твёрдотельная модель.*

(С. 251У) Наглядные примеры каркасных моделей представлены на рисунках 1 и 2.

Интересно, что на рисунке 1 показана не компьютерная модель, а реальная проволочная модель, созданная китайским художником Ши Джиндиана, потратившим три года своей жизни на создание этого шедевра – проволочной модели реального военного мотоцикла Chiang Jiang 750 с люлькой.



Рис. 1. Каркасная модель мотоцикла с коляской



a)



б)

Рис. 2. Каркасная модель старинного парусника и ее визуализация средствами 3ds Max

Графическая работа № 25. Выполните пространственное моделирование детали, чертеж которой представлен на рисунке 3.

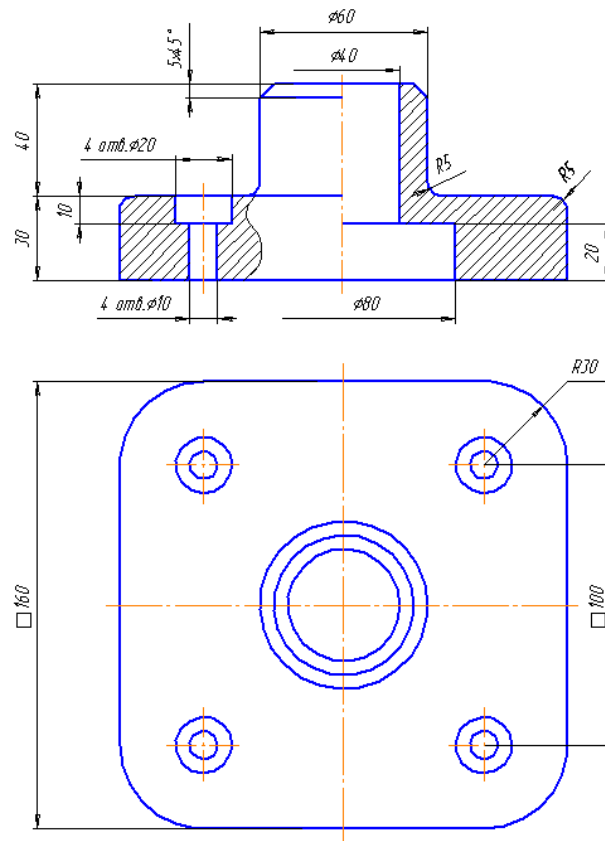


Рис. 3. Чертеж детали для выполнения графической работы № 25

Порядок выполнения работы. (С. 254У)

1. Откроем в системе новый для себя вид документа **Деталь**. Открывшееся программное окно (рис. 4) содержит некоторые пока неизвестные для нас элементы интерфейса.

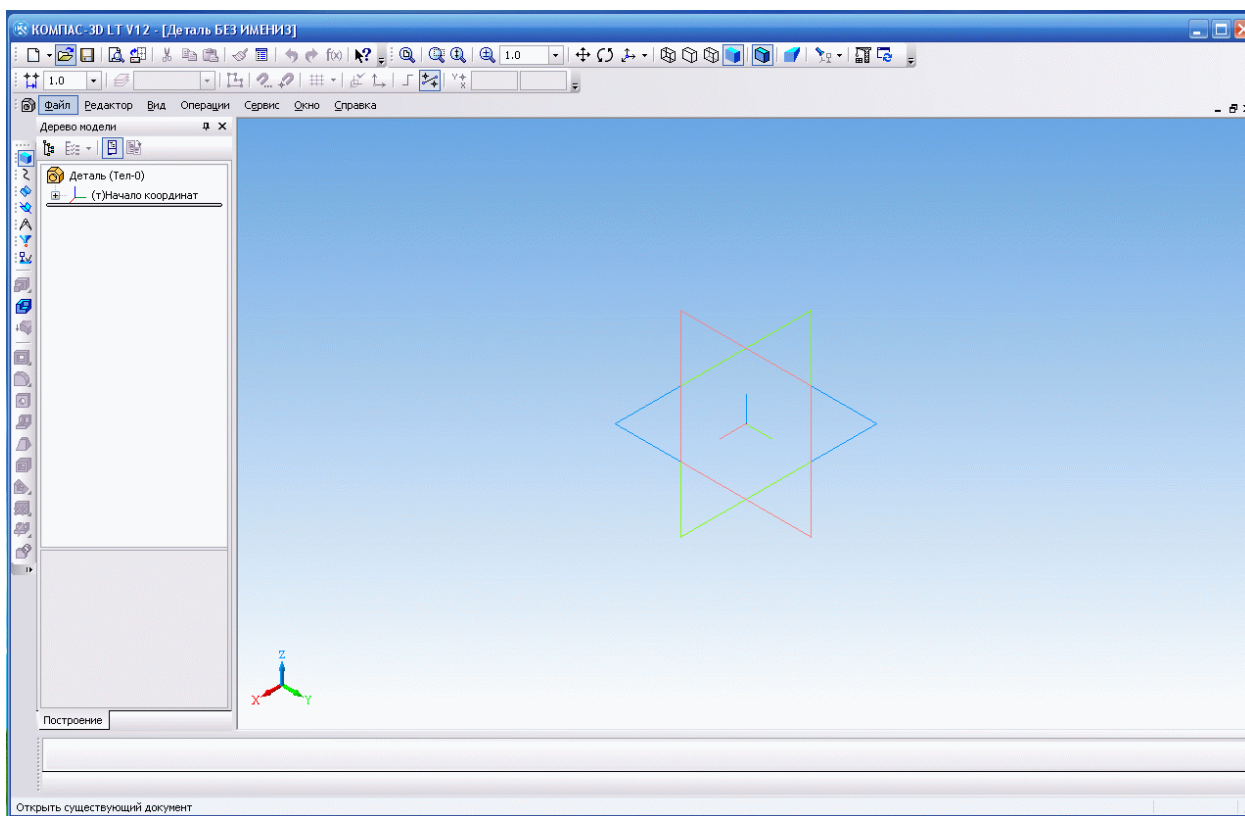


Рис. 4. Элементы интерфейса при создании детали

Обратите внимание на три взаимно перпендикулярные *координатные плоскости* в пространстве, относительно которых будут производиться все последующие построения. Для управления выбором координатных плоскостей и ведения журнала всех действий по созданию модели предусмотрено **Дерево построения** (важнейший элемент интерфейса), который располагается в левой части программного окна. Дерево построения отображает в графическом виде последовательность создания элементов, из которых формируется деталь. Пока еще никаких элементов детали не создано, то информация в Дереве построения минимальна – только имя детали (по умолчанию просто «Деталь») и значок начала координат (см. рис. 4).

2. Активизируем координатные оси. *Построение детали всегда начинается с основания – первого формообразующего элемента.* Основание есть у любой детали и при этом всегда одно. В качестве основания удобнее всего выбрать тот элемент детали, к которому проще добавлять все остальные элементы этой детали. В нашем случае (см. рис. 3) это нижняя часть детали – пластина размерами 160×160 , контур который необходимо построить в горизонтальной плоскости xOy . Чтобы сделать эту координатную плоскость «рабочей» щелкнем ЛКМ в Дереве построения на знаке «+», что приведет к раскрытию Деревя (рис. 5, а) – типичная операция раскрытия дерева в Windows-приложениях. В раскрывшемся дереве появятся элементы, с которых можно начать построение основания – координатные

плоскости и координатные оси. Выделим необходимую Плоскость XY, в результате чего на рабочем поле она станет активной (подсветится – рис. 5 б). При нажатии ПКМ появится контекстное меню (рис. 5, в), из которого необходимо выбрать опцию **Эскиз**.

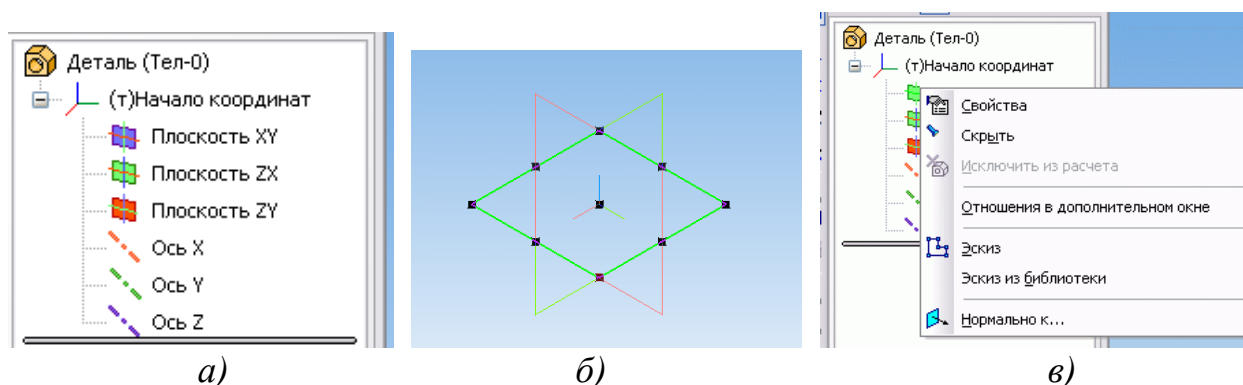


Рис. 5. Начало построения основания: а – раскрытие Древа построения; б - выбор Плоскости XY для построений; в – выбор опции «Эскиз»

3. Плоскость XY стала рабочим полем построения эскиза (которым будет контур основания). О том, что это произошло, будет видно следующим образом: на Древе построения появился новый элемент – **Эскиз 1** (рис. 6, а) с замочком около него, говорит о том, что именно этот эскиз находится в режиме создания (или редактирования). На **Компактной панели** появилась хорошо знакомая кнопка **Геометрия**, открывающая доступ ко всем ее инструментам. Выберем среди инструментов кнопку команды **Прямоугольник по центру и вершине** и нарисуем прямоугольник с центром в точке начала координат. Размеры прямоугольника и положение его центра, известные из исходного задания (см. рис. 3) – 160×160 , зададим эти размеры в соответствующих окнах ввода панели свойств (также как и при создании плоских чертежей). Но сейчас обеспечим требуемые размеры иначе, используя замечательное свойство – **параметризация**.

4. Итак, построим прямоугольник по центральной точке с произвольными размерами сторон, проставим размеры, показанные на рисунке 6, б. Для использования свойства параметризации дважды щелкнем ЛКМ на одном из размеров, например, 56 (рис. 6, в), после чего этот размер выделится (подсветкой зеленым цветом) и появится окно «Установить значение размера» с отображенным в нем числом 56. Если вместо 56 ввести новое значение – необходимое 80, и нажать кнопку **ОК**, то чертеж автоматически перестроится так, чтобы значение этого размера стало именно 80. Сделаем то же самое с остальными размерами, введя нужные значения (рис. 6, г). Таким образом, получено требуемое изображение с «правильными» размерами: – они будут видны только в режиме эскиза, а при желании их на эскизе можно скрыть.

Таким образом, **параметризация** – это возможность изменять уже построенное изображение вводом новых значений управляющих размеров.

Хотя само изображение при этом изменяется, но связи, использованные при его создании (перпендикулярность, параллельность, привязки и т. п.) сохраняются. При создании 3D-объектов режим параметризации включается автоматически, 2D-объектов – нет, но может быть использован при выполнении некоторых действий.

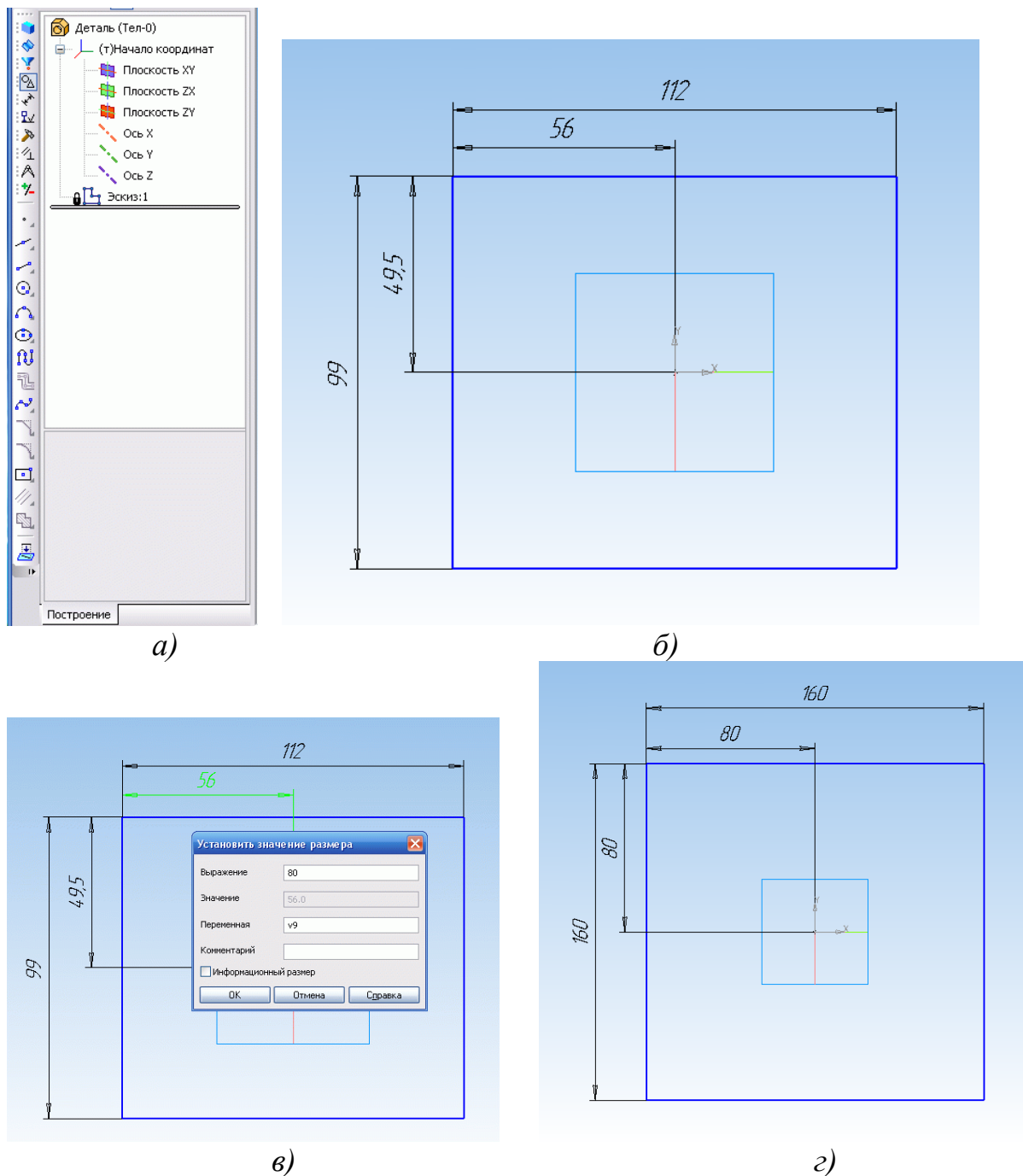


Рис. 6. Построение контура основания

5. Продолжим построение контура основания – в соответствии с исходным чертежом проведем скругление контура, после чего осуществим выход из режима эскиза. Для этого после нажатия ПКМ выберем из появившегося контекстного меню подсвеченную опцию **Эскиз** (рис. 7, а),

либо сразу задействуем командную кнопку **Редактирование детали** (рис. 7, б). В окне доступных команд этой кнопки выберем команду

Операция выдавливания (рис. 7, в), после чего в окне модели увидим предполагаемый результат выполнения операции выдавливания (рис. 7, г). Так как высота этого элемента детали однозначно задана на исходном чертеже, то в окно ввода «Расстояние» на Панели свойств (рис. 7, д) введем число 30. После нажатия кнопки **Создать объект** будет сформирована твердотельная модель этого элемента детали (рис. 7, е).

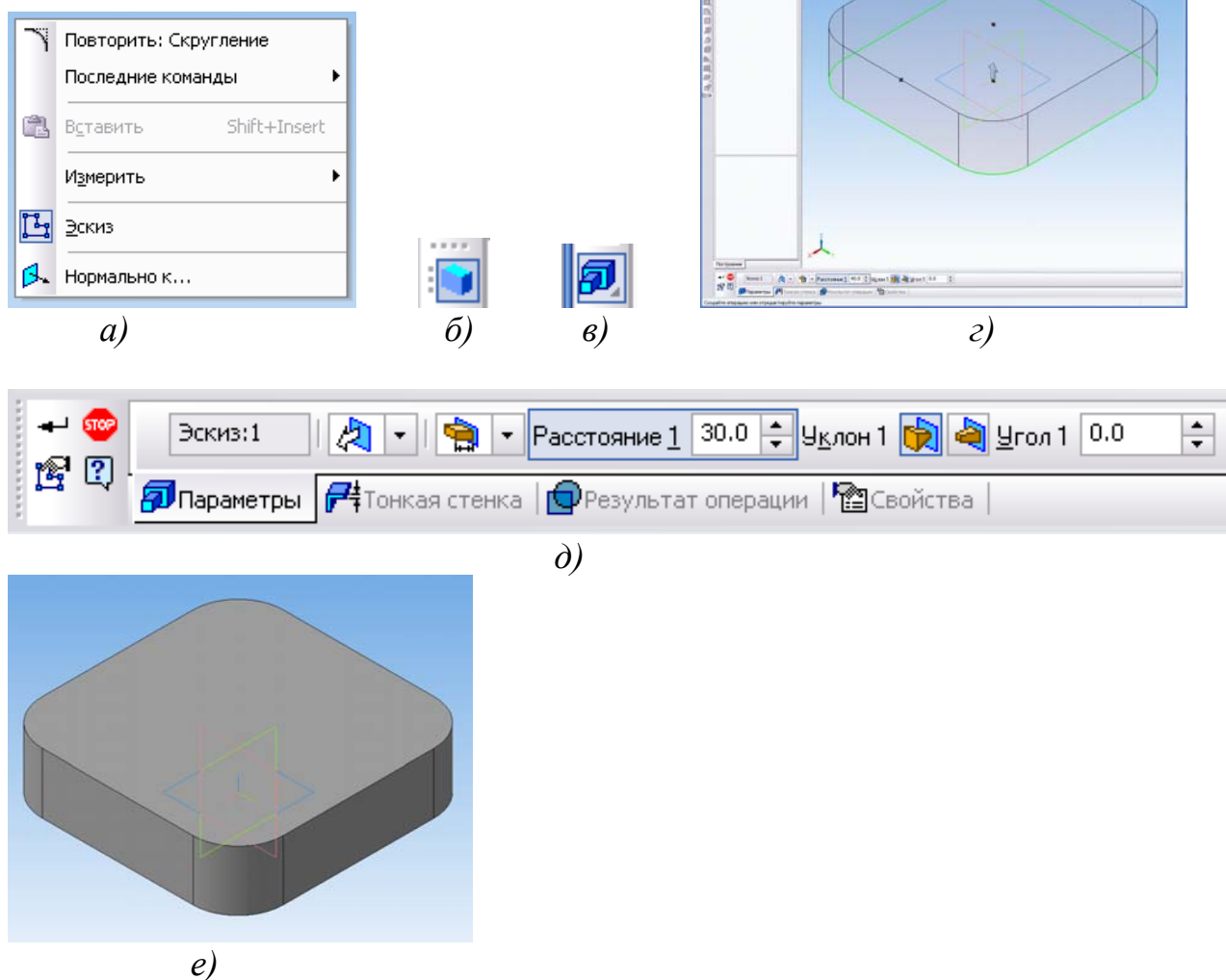


Рис. 7. Построение основания: а – выход из режима эскиза через контекстное меню; б – переходом в режим «Редактирование детали»; в – кнопка **Операция выдавливания**; г – предварительной просмотр результата выдавливания; д – Панель свойств операции выдавливания; е – создание твердотельного элемента выдавливанием

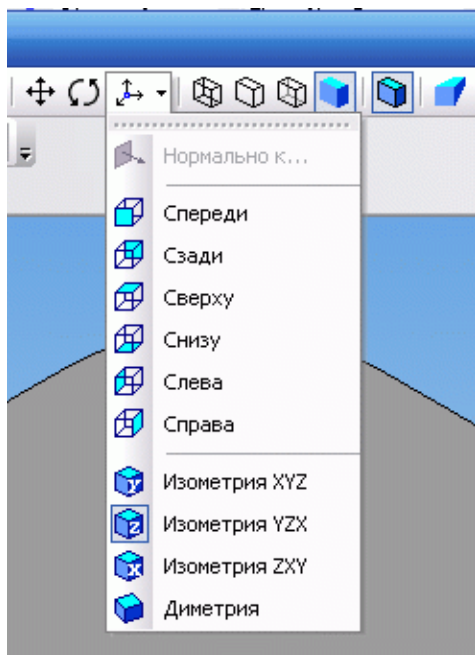
5. Теперь, когда на экране появился твердотельный элемент, необходимо научиться управлять изображением. Вращением колесика мыши

можно удалять или приближать деталь. Другие необходимые для этого элементы интерфейса размещены на Стандартной панели (рис. 8, а). Первая кнопка **Сдвинуть** на этом рисунке позволяет переместить деталь, вторая **Повернуть** – повернуть его изображение на экране, о чём впрочем, легко догадаться из обозначения этих кнопок. Третья кнопка с изображением системы координат **Ориентация** содержит выпадающие меню, позволяющие найти нужную основную проекцию детали.

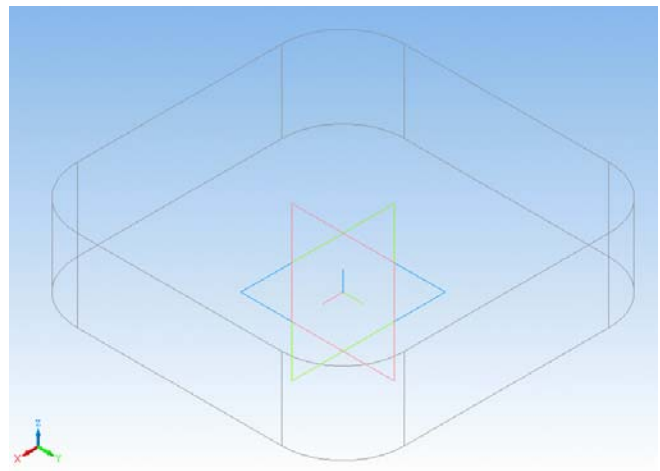
Следующая группа кнопок управляет режимом отображения детали на экране. По умолчанию задействован режим **Полутоновое с каркасом** (рис. 8, а) – именно эта кнопка активна. В этом режиме отображения (см. рис. 7, е) черными линиями показываются границы поверхностей. Кнопка **Каркас** отображает только все грани и ребра детали, видимые и невидимые (рис. 8, б), следующая за ней кнопка **Без невидимых линий** скрывает все невидимые в данной ориентации грани и ребра детали (рис. 8, в). Следующая кнопка **Невидимые линии тонкие** (рис. 8, г) оставляет невидимые линии, но изображает их белым цветом и, наконец, кнопка **Полутоновое** убирает из изображения границы между поверхностями, ограничивающими деталь (рис. 8, д).

Конечно, наиболее наглядное представление о детали дает ее полутоновое изображение. В дальнейшем мы узнаем, что такой режим отображения позволяет учитывать и оптические свойства поверхности детали – цвет, блеск, диффузию. Но этот режим требует максимальных затрат мощности компьютера для построения изображения, поэтому для очень сложных объектов будет подтормаживать компьютер. В этом случае переходят на различные виды каркасных режимов. Кроме того, они позволяют «добраться» до внутренних элементов детали, невидимых на полутоновых изображениях. Поэтому выбор режима отображения зависит от ситуации, но пока наши детали очень простые, имеет смысл работать в самых наглядных полутоновых изображениях (в режимах по умолчанию).

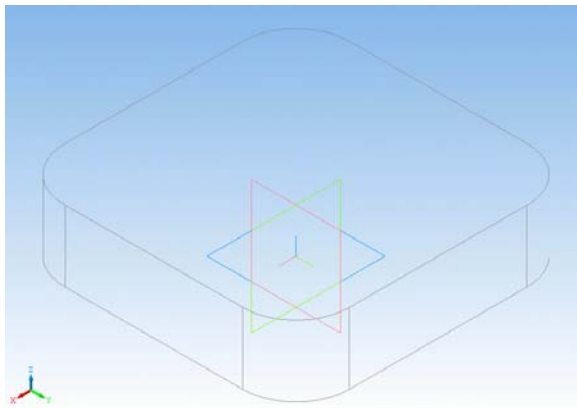
6. Продолжим построения. Курсором, который по умолчанию находится в режиме выделения, выделим верхнюю часть детали (при этом она подсветится зеленым цветом – рис. 9, а) и щелчком ПКМ войдем в режим «Эскиз». В этом случае именно выбранная плоскость станет плоскостью эскиза. В режиме эскиза в соответствии с исходным заданием нарисуем на ней окружность $\varnothing 60$ и выдавим ее на 40 мм (рис. 9, б). Следующая операция – плавное сопряжение граней радиусом 5 мм. Такой гранью в детали является только одна – та, на которой уже сформирован цилиндрический выступ. Снова выделим ее (рис. 9, в) и задействуем в инструментальной панели кнопку **Скругление** (рис. 9, г). В окно Панели свойств этой операции введем заданный исходным чертежом радиус скругления 5 мм (рис. 9, д). При этом очень любопытно смотреть на изображение детали в рабочем окне, в котором предварительно отображается результат выполнения этой операции с текущим значением параметра (рис. 9, е).



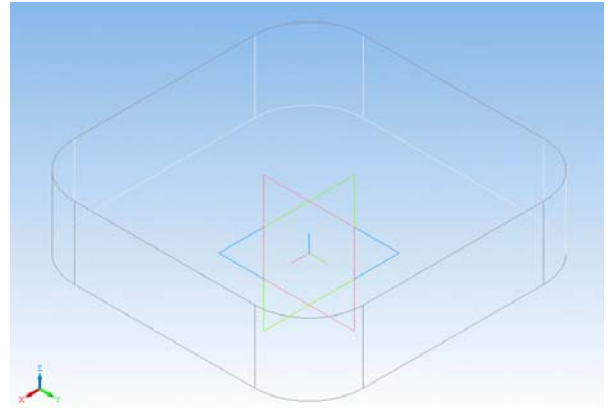
а)



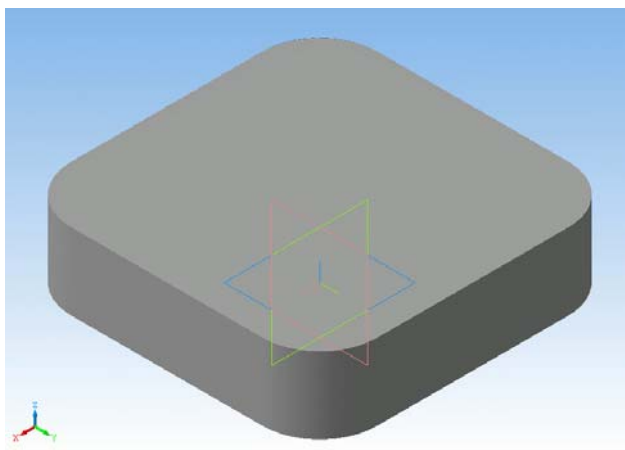
б)



в)

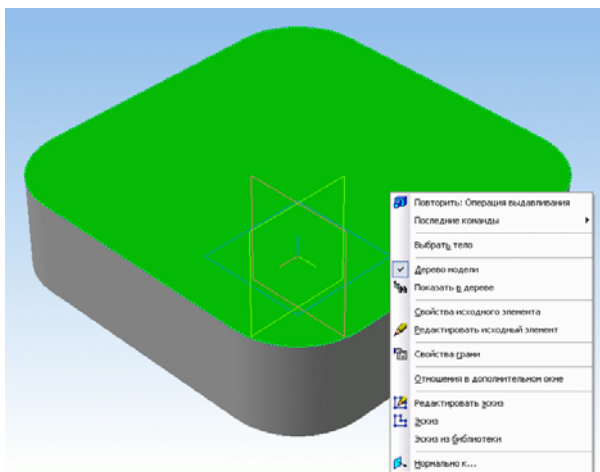


г)

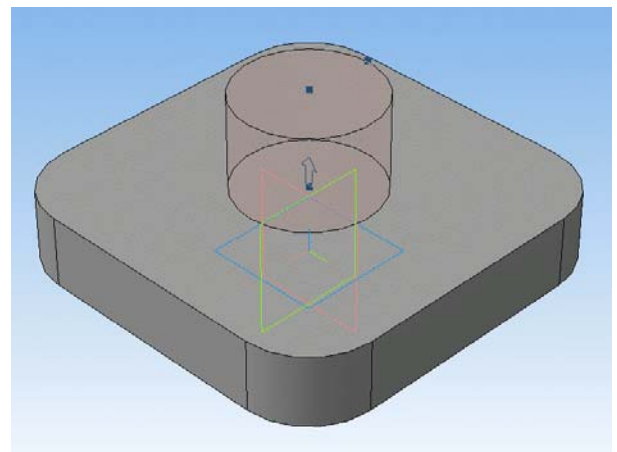


д)

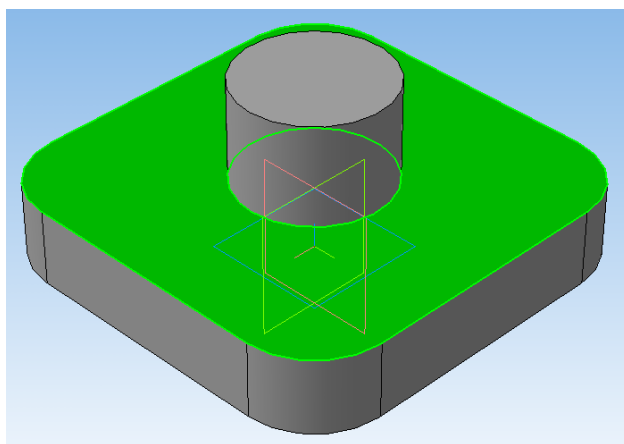
Рис. 8. Кнопки, управляющие положением и изображением на экране детали



а)



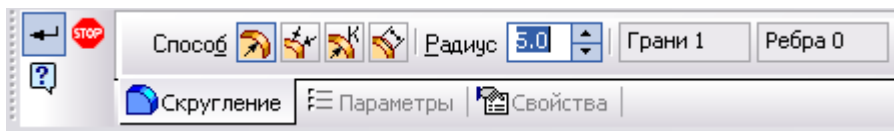
б)



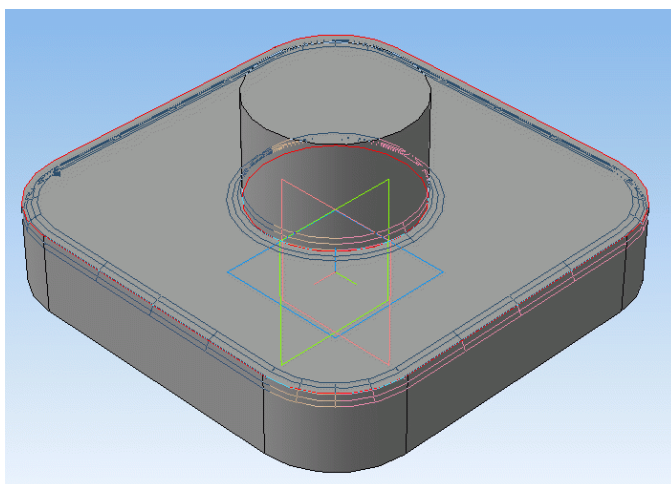
в)



г)



д)



е)

Рис. 9. Выполнения операций выдавливания и скругления

7. Следующий этап построений – построение фаски $5 \times 45^\circ$. Кнопка **Фаска** расположена вместе с кнопкой **Скругление**, достаточно задержать на

ней на несколько секунд ЛКМ  (рис. 10, а). Выделим на детали верхнее ребро (оно подсветится зеленым – рис. 10, б) и в Панели свойств этой команды зададим требуемые параметры фаски (рис. 10, в). На этом рисунке видно, что возможны и другие способы задания фаски, например по двум катетам. После завершения команды кнопкой **Создать объект** на детали появится фаска.

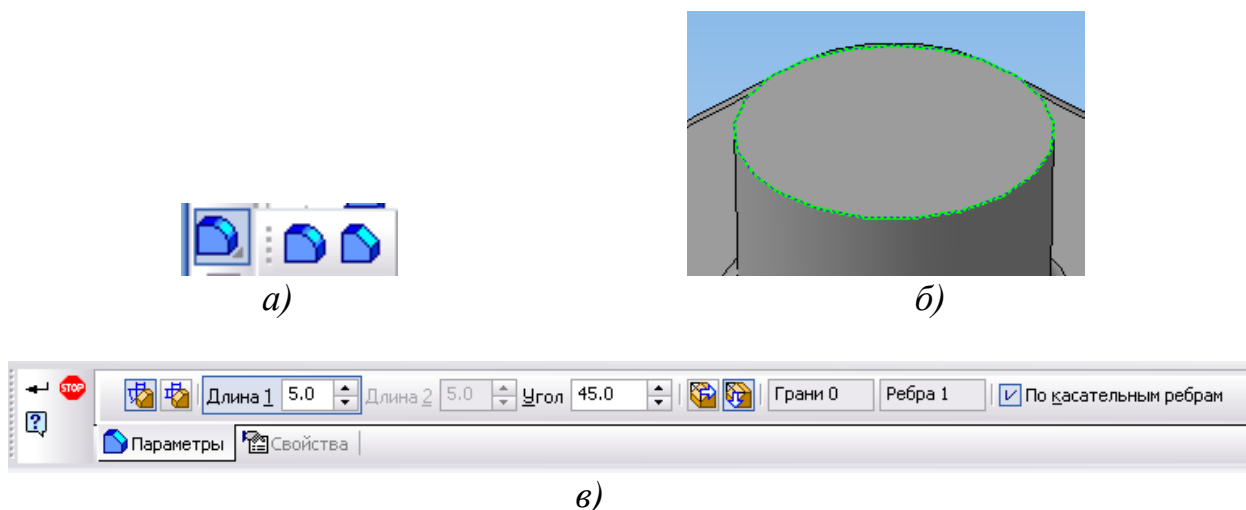
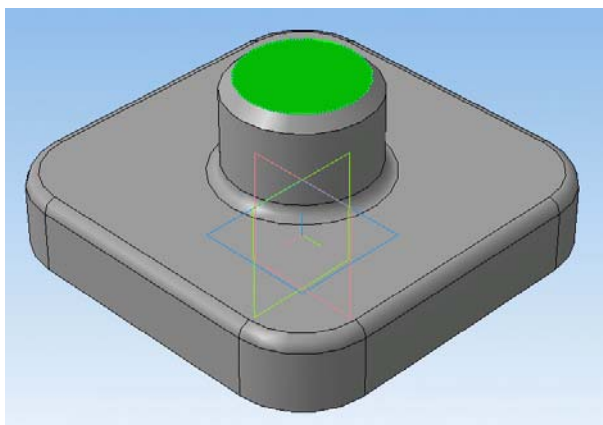


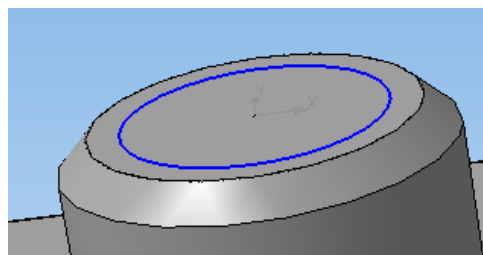
Рис. 10. Построение фаски

8. Создание внутренних отверстий в детали – новая операция. Выделим на детали самую верхнюю грань (рис. 11, а) и сделаем ее плоскостью эскиза. В этом эскизе создадим заготовку будущего элемента детали – окружность диаметром 40 мм (рис. 11, б). Но если раньше с помощью такого эскиза мы прибавляли к детали дополнительные элементы, то теперь, в соответствии с исходным чертежом, пришло время вычитать их. Для этого задействуем на инструментальной панели кнопку **Вырезать**

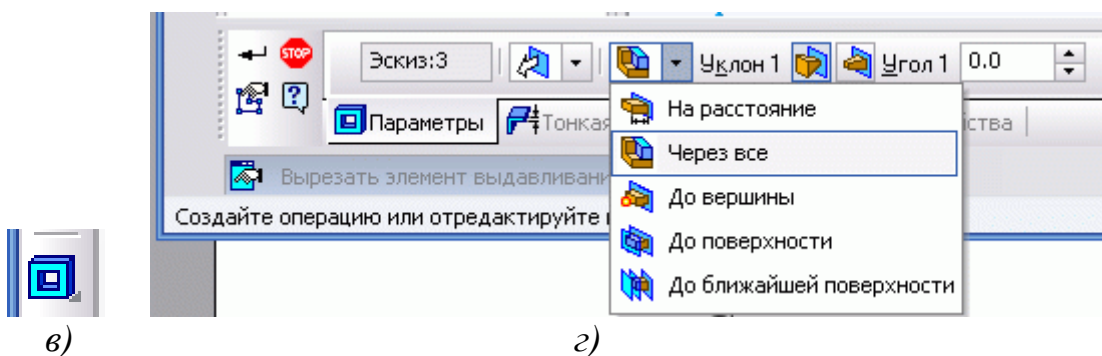
 (рис. 11, в). В Панели свойств этой операции устанавливаем режим операции **Через все** - (рис. 11, г). В рабочем окне обязательно обратите внимание на предварительный показ операции – стрелка направления должна быть направлена в тело детали (рис. 11, д). Если это так – то все в порядке, можно создавать объект, если иначе, то надо изменить направление выреза (рис. 11, е). Вращая на экране деталь, убедимся в том, что создалось сквозное отверстие.



а)

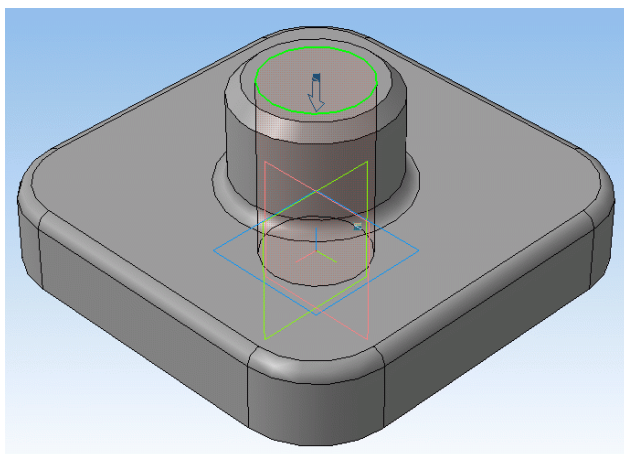


б)

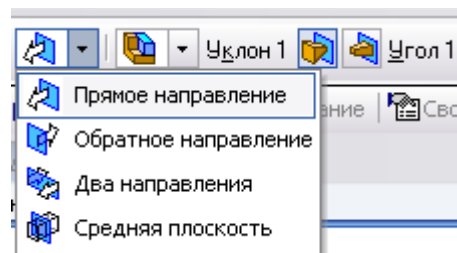


в)

г)



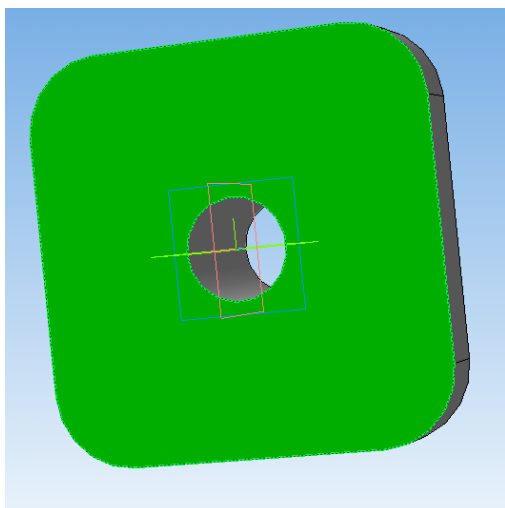
д)



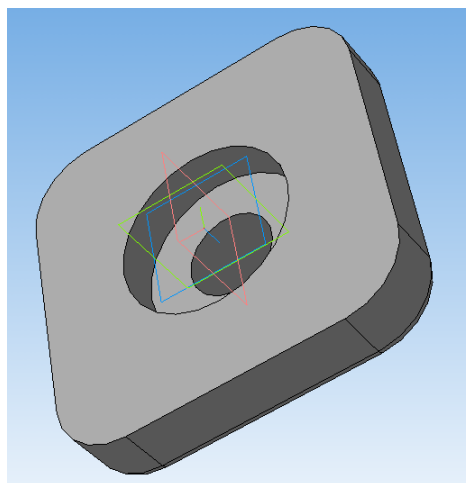
е)

Рис. 11. Этапы создания сквозного отверстия диаметром 40 мм

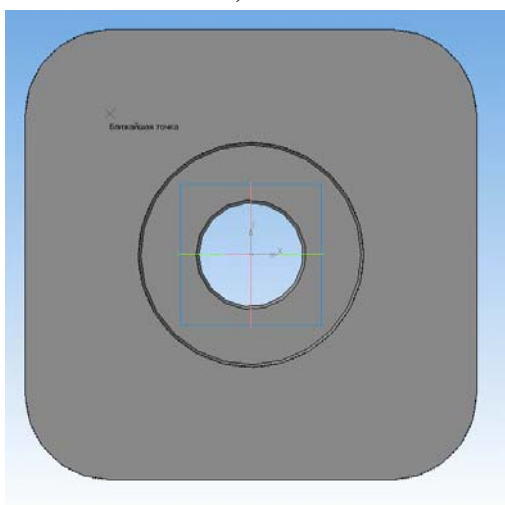
9. Для создания не сквозного отверстия диаметром 80 мм выделим нижнюю часть детали (рис. 12, а), которую сделаем плоскостью эскиза. Нарисовав на ней окружность $\varnothing 80$, выйдем из эскиза и вырежем выдавливанием отверстие этого диаметра на расстояние 20 мм (на заданную чертежом глубину – рис. 12, б).



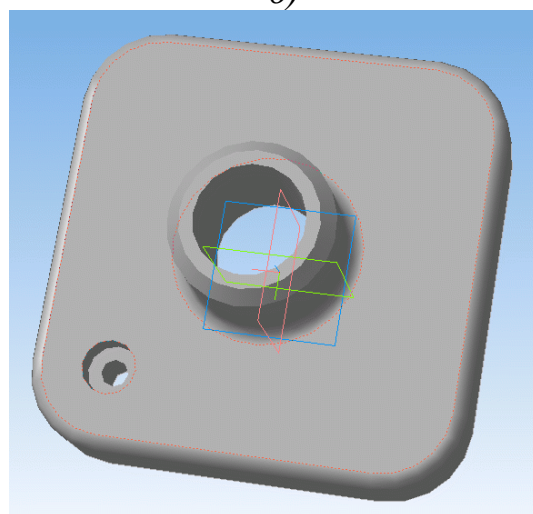
а)



б)

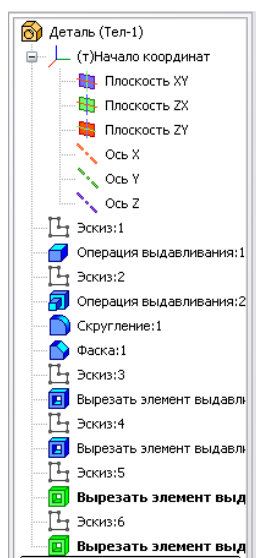


в)



г)

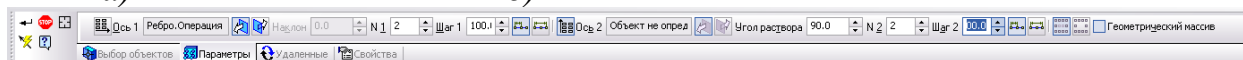
Рис. 12. Этапы создания отверстий в детали



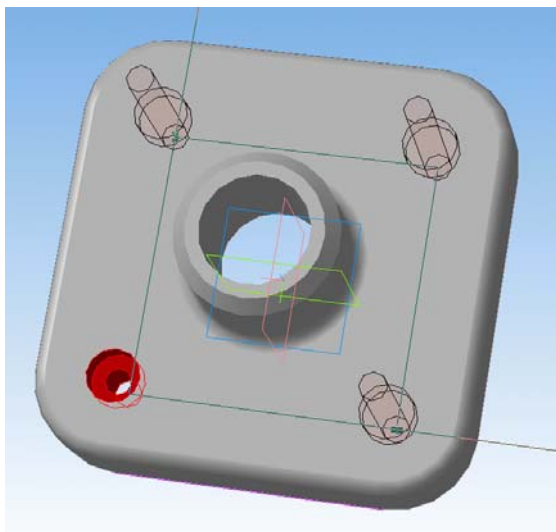
а)



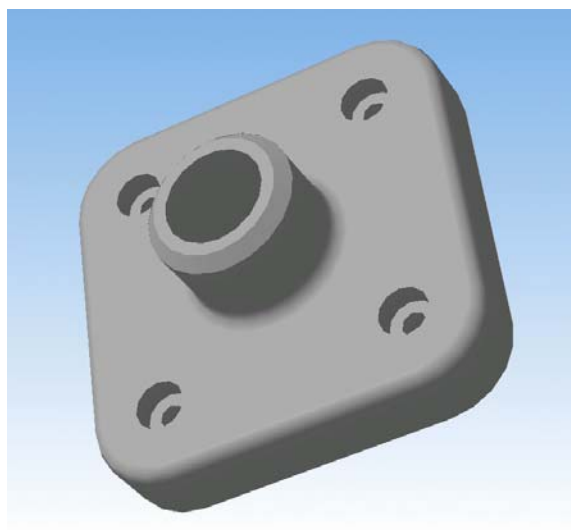
б)



в)



г)



д)

Рис. 13. Этапы создания массива отверстий

10. Далее в этой же плоскости эскиза (см. рис. 12, а) найдем положение центра отверстия диаметром 10 мм. Сделать это очень просто – его центр совпадает с центром бокового скругления радиусом 30. Заготовку отверстия – окружность $\varnothing 10$ – привязываем к центру скругления (на эскизе он проявится как **Ближайшая точка** – (рис. 12, в). Сделав этой окружностью вырез «Через все», выберем в качестве поверхности эскиза верхнюю плоскость детали и с центром в этой же точке вырежем на расстояние 10 отверстие $\varnothing 20$ (рис. 12, г). Таким образом, одно из боковых отверстий детали сформировано нами полностью.

11. Последнюю операцию можно повторить 4 раза, но требуемый результат может быть получен быстрее. Для этого посмотрим на Дерево построения (рис. 13, а). Видно, что за время работы над деталью оно сильно разрослось – каждое действие по созданию какого-либо элемента детали нашло в нем свое отражение. Более того, всегда можно увидеть операцию прямо на готовой детали – стоит ЛК мыши выделить на Дереве построения какую-либо операцию, и созданный этой операцией элемент тут же подсветится на готовой модели. Выделение другой операции приведет к подсветке другого элемента детали. Любую операцию в Дереве построения можно удалить клавишей **Delete** – это тот час отразится на самой модели.

Нам же необходимо размножить результат выполнения сразу двух операций – создания отверстий диаметрами 10 и 20 мм. *Добавление операций к уже выделенным осуществляется их выделением при нажатой клавише **Ctrl*** (см. рис. 13, а). В этом случае на модели подсветятся оба отверстия.

Далее задействуем кнопку **Массив по сетке**  (рис. 13, б), в результате чего появится Панель свойств, на которой зададим количество элементов массива и расстояние между ними (рис. 13, в). Если в окошке **Ось 1** будет надпись «Объект не определен», выделите одно из ребер детали,

параллельное направлению создания массива. В любом случае ожидаемый при заданных параметрах результат операции легко увидеть на рабочем поле (рис. 13, *г*). Как только он нас устроит (будет соответствовать данным чертежа на рис. 3) построение можно считать завершенным.

12. Чтобы получить большее удовольствие от созерцания своей работы проделаем операции

Вид → Скрыть → Системы координат.

На рабочем поле исчезнут координатные плоскости и деталь примет завершенный вид (рис. 13, *д*).

Изменение построенной модели. В результате выполнения графической работы № 25 построена *геометрическая модель* детали, заданной чертежом (рис. 3), можно сказать, построена *параметрическая модель*. Это значит, что параметры любого из элементов детали могут быть изменены, что приведет к изменению построенной модели. Покажем, как это делается. Предположим, что в уже созданной детали (рис. 13, *д*) в силу некоторых причин (конструктивных, экономических, эстетических и т. п. требуется существенно изменить некоторые размеры (рис. 14). Означает ли это, что создание детали с новыми размерами следует начинать заново? В параметрических системах компьютерной графики этого не требуется.

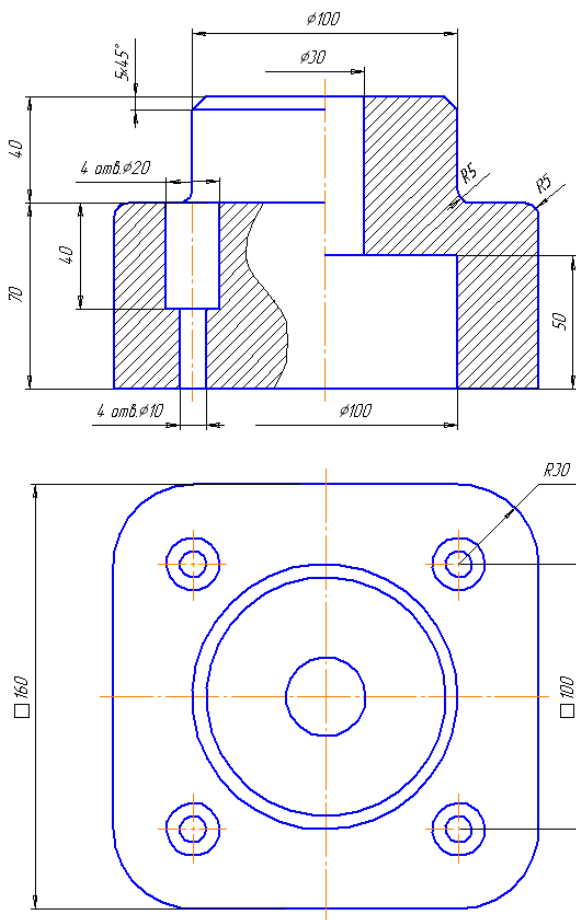
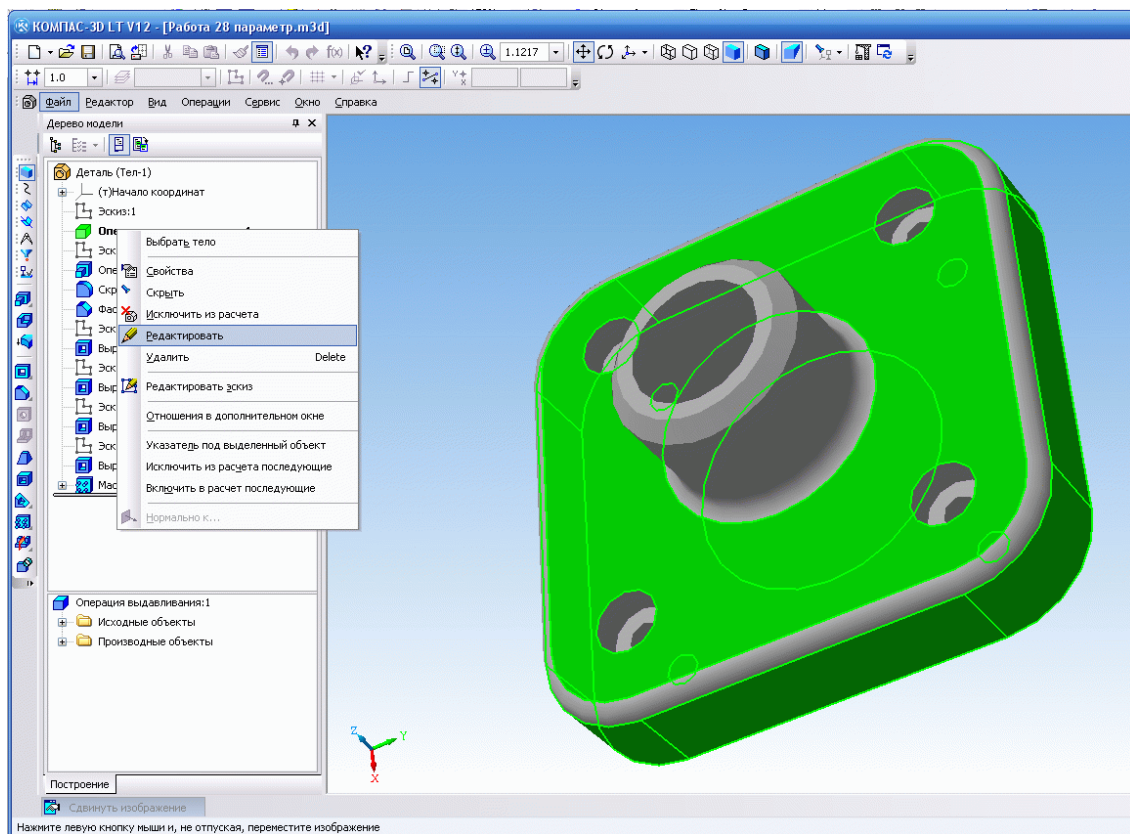
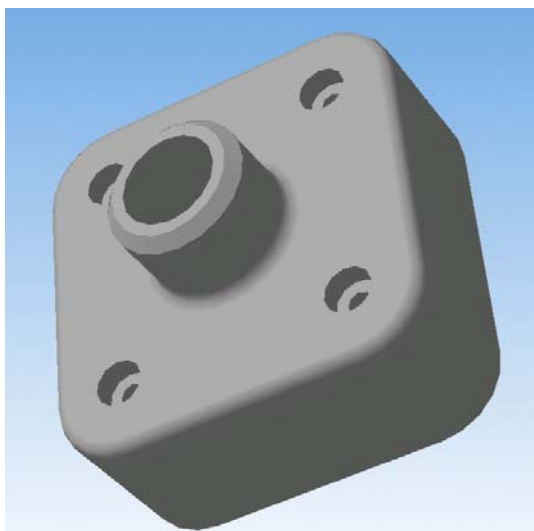


Рис. 14. Измененные размеры детали

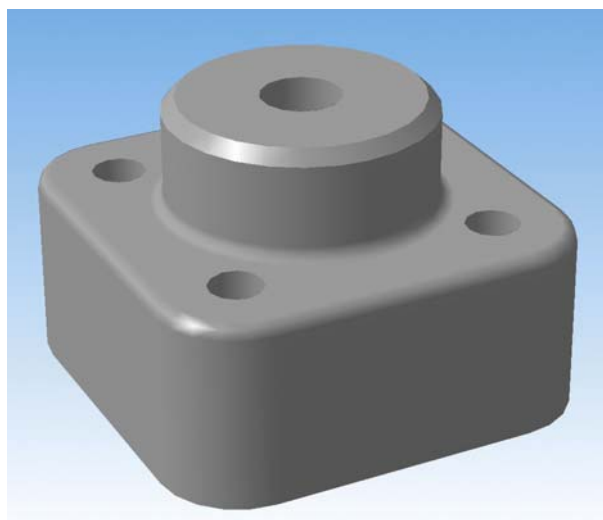
Начнем изменение с толщины основания детали, сравнивая рисунки 3 и 14 видно, что он увеличился с 30 до 70 мм. Для этого в Дереве построения найдем операцию, отражающую выдавливание этого элемента, – **Операция выдавливания: 1**, именно при ней подсветилось все нижнее основание детали (рис. 15, а). При нажатии ПКМ в контекстном меню появились два вида редактирования – «*Редактировать*» и «*Редактировать эскиз*» (последняя – недоступная операция в учебной версии системы). Чтобы изменить параметры операции, а не эскиза, необходимо выбрать опцию «*Редактировать*», в результате чего появится Панель свойств этой операции (см. рис. 7, д). Изменив параметр «*Расстояние*» с 30 на 70, получим новую форму детали (рис. 15, б). Точно таким же образом изменим и другие параметры выдавливания – глубину боковых отверстий с 10 до 40 мм. Обратите внимание, что изменение этого параметра на одном отверстии отразится на всех его копиях.



а)



б)



в)

Рис. 15. Этапы редактирования детали

Для других элементов детали изменяется не только параметр выдавливания, но и исходный эскиз. Выделим в Дереве построения интересующий нас эскиз и применим к нему (т. е. к эскизу) операцию «Редактировать». Эскиз в рабочем поле высветится, после чего его можно выделить и необходимым образом изменить параметры эскиза в Панели свойств. Для измененного таким образом эскиза будут доступны и все 3D-операции. Окончательный вид детали показан на рис. 15, в.

Следующая графическая работа в учебнике не представлена.

Графическая работа № 25. Дополнение. Выполните пространственное моделирование детали, изображенной на рисунке 16.

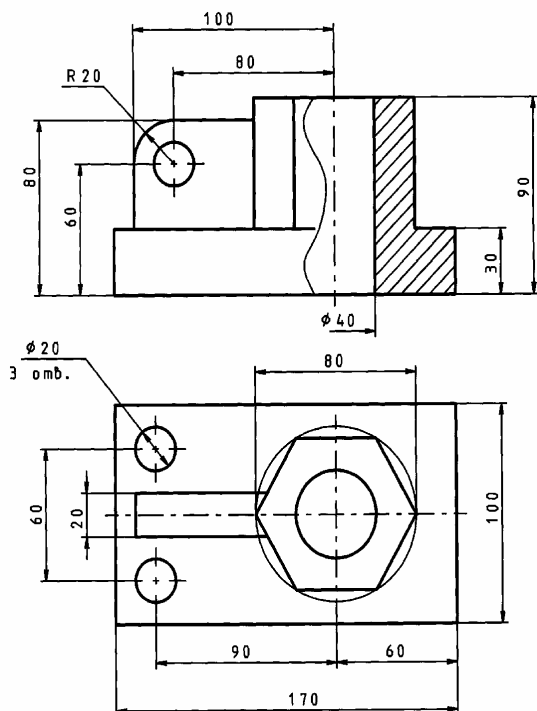


Рис. 16. Задание для выполнения графической работы

Выполнение предыдущей графической работы достаточно подробно описано, т. к. в ней впервые встретились с операциями пространственного 3D = моделирования. В этой графической работе модель также создается операциями выдавливания, но они будут происходить в разных координатных плоскостях. Будем подробно описывать только те операции, которые еще не встречались.

Порядок выполнения работы

1. Выделяем плоскость XY, в которой строим прямоугольник – эскиз основания по размерам, указанным на исходном чертеже (рис. 17, а). Выдавливает этот эскиз на расстояние 30 и получаем основание. Выделив верхнюю часть основания в качестве плоскости эскиза, строим на нем правильный шестиугольник, вписанный в окружность $\varnothing 80$. Шестиугольник выдавливаем на расстояние 60, т. к. $90-30 = 60$, (рис. 17, б). В верхней части шестиугольника, как в плоскости эскиза, нарисуем окружность $\varnothing 40$, посредством которой осуществим операцию «Вырезать выдавливанием» с опцией «Через все». Таким образом, в детали создано сквозное отверстие $\varnothing 40$.

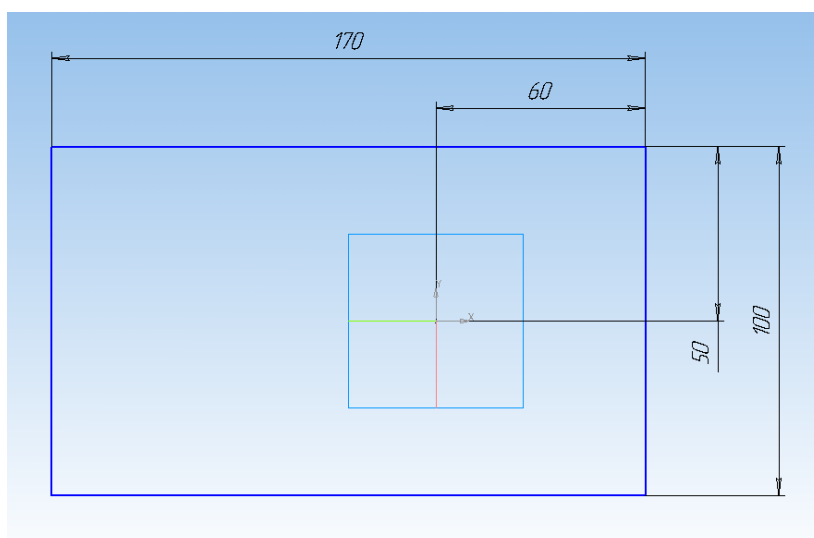
2. Теперь начинается новая для нас операция – использование в качестве эскиза другой координатной плоскости. В Дереве построения ЛКМ выделим плоскость ZX и после нажатия ПКМ из контекстного меню выберем опцию **Эскиз** (выделенная плоскость станет плоскостью эскиза, а изображение на экране примет вид, показанный на рисунке 17, в). Нарисуем на этом эскизе прямоугольник, после чего параметрически изменим размеры так, как показано на рисунке 17, в. Эти размеры определяются исходным заданием. Положение правой (см. рис. 17, в) стороны прямоугольника нас не волнует – главное, чтобы она не залезла в сквозное отверстие. Скруглим этот прямоугольник в нужном углу радиусом 20.

3. Построенный эскиз вполне готов для построения элемента детали «тонкая стенка». Вызвав команду **Операция выдавливания** впервые в окне свойств этой операции выберем для выдавливания два направления (рис. 17, г), задав по каждому направлению расстояние выдавливания 10 мм. Если фантом создаваемого элемента выглядит так, как на рисунке 17, д, то все сделано правильно и можно завершать эту операцию.

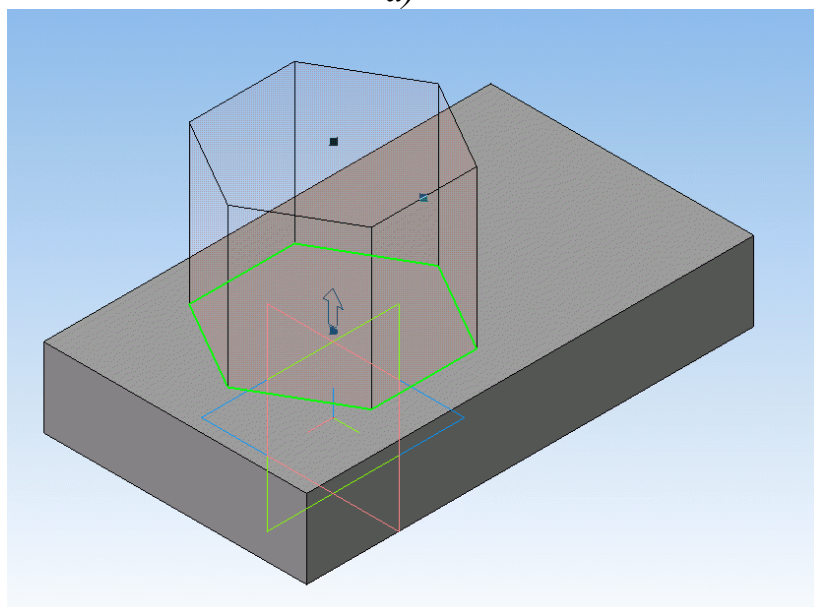
4. Построим 3 отверстия $\varnothing 20$ мм. Для построения одного отверстия из них, которое располагается в тонкой стенке, выберем одну из ее боковых стенок в качестве плоскости эскиза (рис. 17, е), а на этом эскизе сформируем окружность $\varnothing 20$, которая и станет прообразом будущего сквозного отверстия (рис. 17, ж). Так как центры отверстия $\varnothing 20$ и скругления R20 совпадают, то объектом привязки окружности $\varnothing 20$ является «Ближайшая точка» - центр скругления.

5. С другими двумя отверстиями чуть сложнее – в качестве поверхности эскиза выбираем верхнюю плоскость основания и на ней в

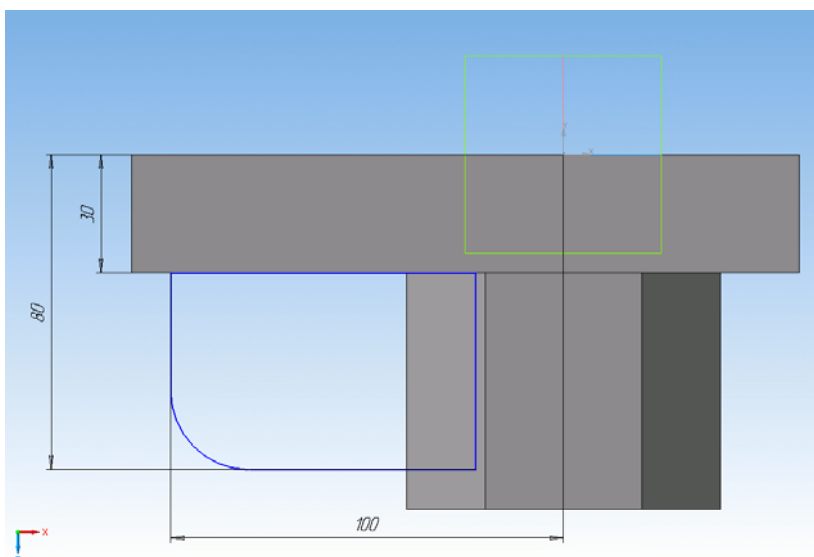
режиме эскиза строим окружность $\varnothing 20$ по размерам расположения, указанным на исходном чертеже (рис. 17, з). После создания отверстия в основании создадим последнее отверстие как зеркально отраженное относительно плоскости симметрии ZX. Для этого нажатием ЛК мыши выберем команду **Зеркальный массив** (рис. 86, и). В Панели свойств этой команды необходимо задать исходный объект копирования (только что созданное отверстие) и плоскость симметрии (ZX), после чего сформируется фантом отверстия, симметричного копируемому отверстию (рис. 17, к). Завершение этой операции и является завершением создания заданной модели.



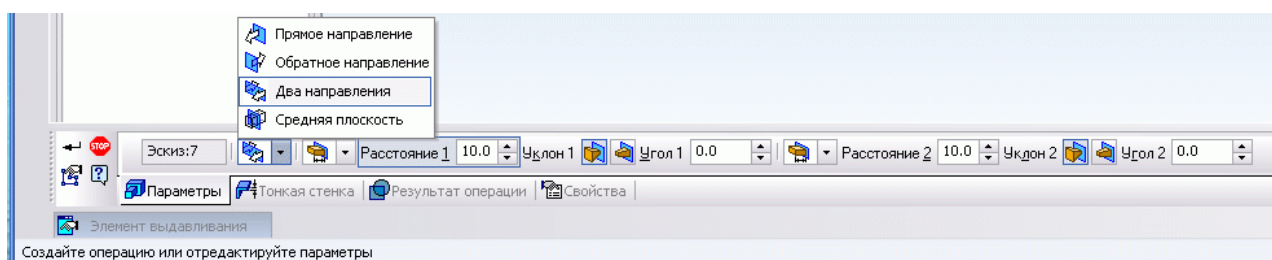
а)



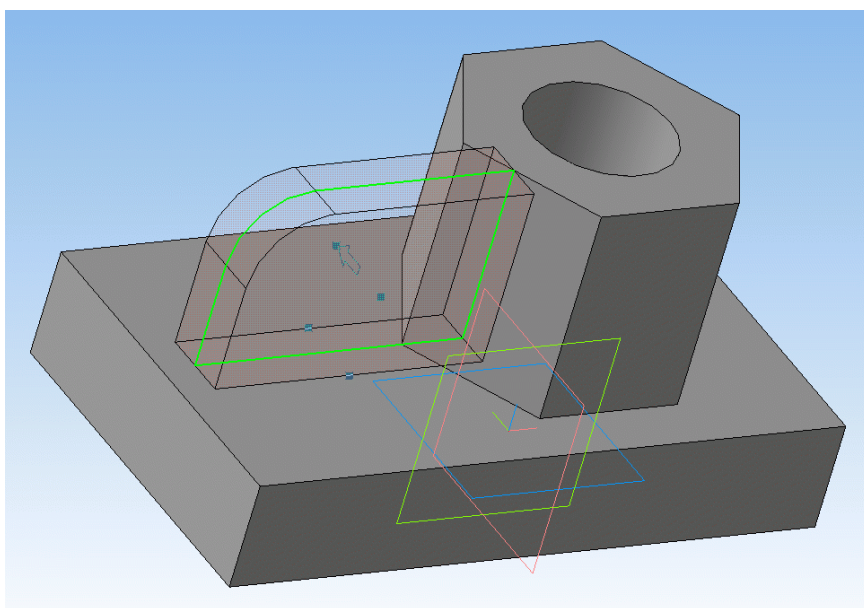
б)



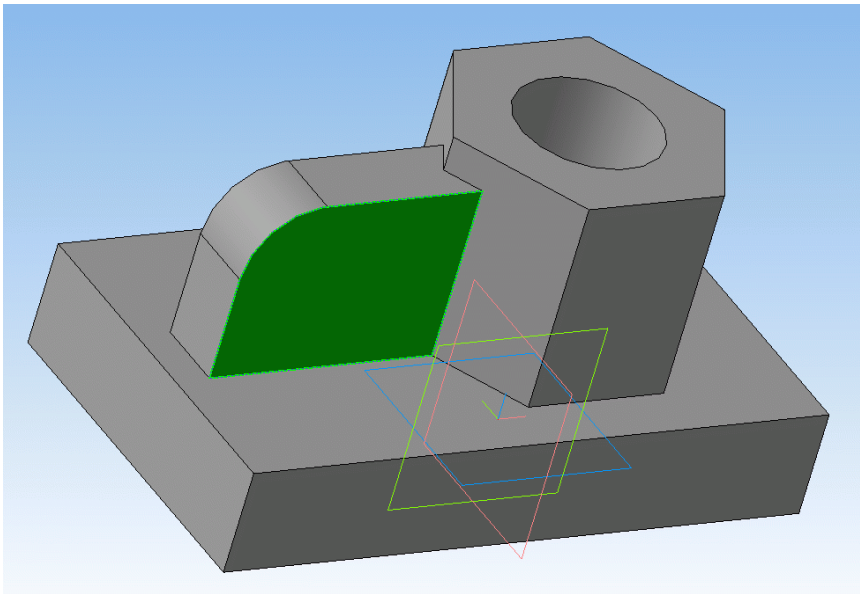
б)



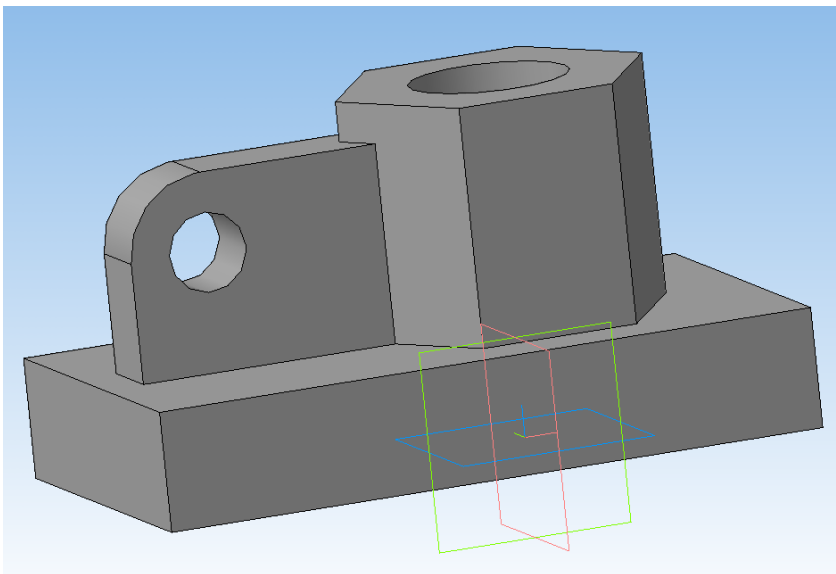
в)



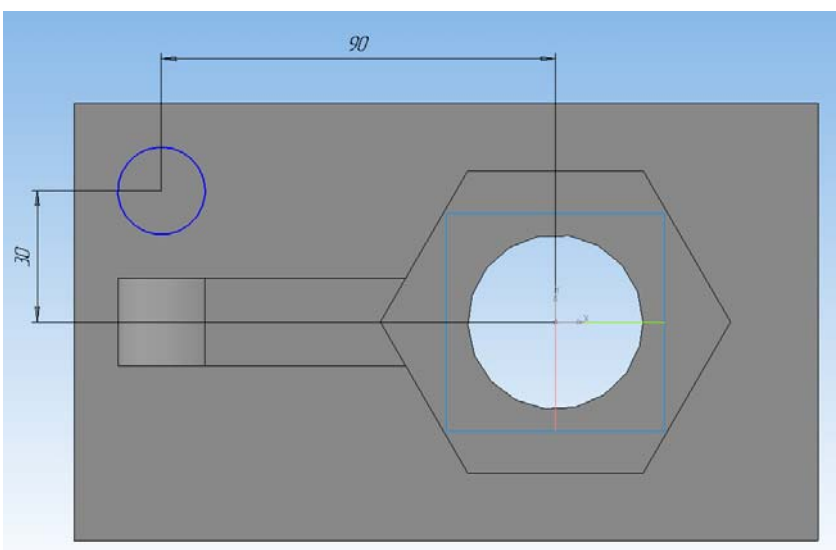
д)



e)



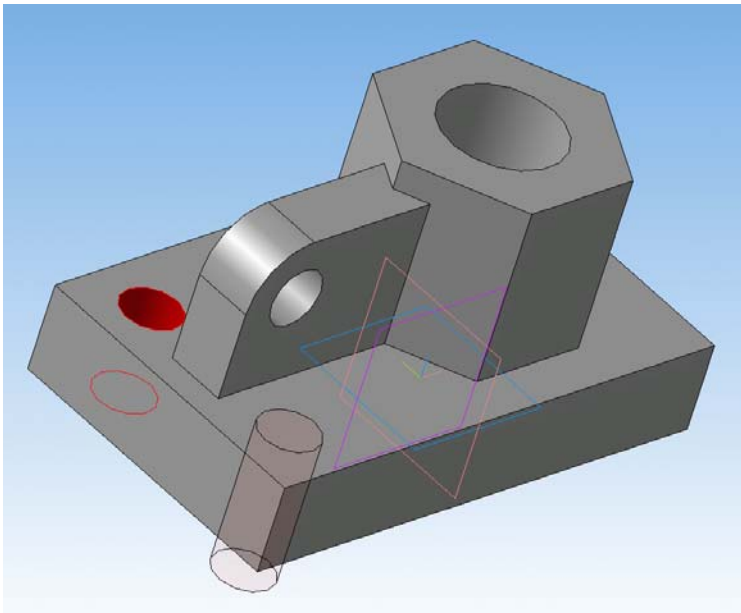
ж)



з)



и)



к)

Рис. 17. Основные этапы выполнения графической работы