

## ВВЕДЕНИЕ

Общепринятый метод создания чертежа объемной (пространственной) модели состоит в выполнении двумерных проекций этой модели. При создании плоского чертежа, состоящего из нескольких изображений, всегда существует вероятность ошибок при выполнении той или иной проекции, так как они создаются независимо друг от друга. Зачастую достаточно сложно по плоскому чертежу представить объект в пространстве.

В настоящее время современные программные графические системы все больше и больше направлены на трехмерное проектирование (моделирование), позволяющее создавать реальные трехмерные модели и на их основе получать двумерные проекции.

AutoCAD 2000 (версия 15) поддерживает три типа трехмерных моделей: каркасные, поверхностные и твердотельные. Для каждого из них существует своя техника создания и редактирования объекта.

Моделирование с помощью твердых тел наиболее удобный и простой способ в использовании вид трехмерного проектирования. Средства AutoCAD по моделированию тел позволяют создавать трехмерные объекты на основе базовых пространственных форм: параллелепипедов, конусов, цилиндров, сфер, торов. Тела можно строить, сдвигая двумерные замкнутые объекты (области) вдоль заданного вектора, выдавливая или вращая вокруг оси. Из этих форм путем выполнения логических операций (объединения, вычитания, пересечения) создаются более сложные пространственные тела, которые можно редактировать, получая требуемые формы.

Метод твердотельного моделирования дает возможность проверки прочностных свойств проектируемого изделия, создание и оформление комплексного чертежа с любым количеством изображений на основе трехмерной модели.

Процесс создания трехмерных моделей интересный, позволяющий развивать пространственное воображение, логическое мышление, но на первых порах может показаться довольно сложным. Работа в трехмерном пространстве – это сочетание рисования, редактирования и установки видов и видовых экранов для изображения модели. Пользователь должен научиться формировать корректную трехмерную модель, работая с различными трехмерными системами координат, правильно задавать пользовательские системы координат, а также правильно устанавливать необходимые виды трехмерных моделей.

# 1. СИСТЕМЫ КООРДИНАТ И ПЛОСКОСТИ ПОСТРОЕНИЙ

Для задания положения отдельных точек в пространстве и описания любых геометрических объектов, в том числе трехмерных, в AutoCAD используется декартова система координат (X,Y,Z), которая называется мировой системой координат – МСК (World Coordinate System – WCS). Ее нельзя изменить, удалить.

В стандартной поставке AutoCAD, мировая система координат является текущей, если не изменены установки. Об этом говорит пиктограмма (знак ПСК – см. разд.1.3) в левом нижнем углу графической зоны экрана – она должна содержать букву W (для англоязычной версии или M – для русской). В мировой системе координат (двумерная графика) точка начала координат находится в левом нижнем углу графической зоны экрана, там же находится знак, определяющий положительное направление осей X и Y (рис.1.1). Так как чертеж плоский, ось Z отсутствует на экране. Она расположена перпендикулярно к плоскости построения (XY) и направлена на пользователя [1].

Для трехмерной графики важно знать, что система в пространстве ориентирована таким образом, что плоскость XY мировой системы координат соответствует горизонтальной плоскости проекций и всегда расположена горизонтально.

Плоскость, в которой выполняются построения, назовем *плоскостью построений*. До настоящего момента все построения, которые производились, были двумерными и выполнялись в плоскости построений XY мировой системы координат (МСК), совпадающей с плоскостью графического экрана.

Положение плоскости построений может определяться действующей системой координат и уровнем, то есть смещением плоскости построений вдоль оси Z относительно плоскости XY текущей системы координат (см. стр. 7, рис.1.2 а-б).

Помимо мировой системы координат в AutoCAD широко используется пользовательская система координат - ПСК (User Coordinate System - UCS). Пользовательские системы координат (UCS) необходимы для обеспечения удобной работы пользователя с системой. Такие системы координат особенно эффективны при осуществлении трехмерного проектирования, где они позволяют удобно и быстро создавать объекты, редактировать их и производить с ними другие действия.

В отличие от МСК пользовательских систем координат может быть сколько угодно. ПСК не имеет ограничений и может быть задана в лю-

бой точке пространства под любым углом к МСК, что значительно облегчает построения, особенно трехмерных объектов. Вновь созданные ПСК можно сохранять, восстанавливать, то есть переходить от одной сохраненной ПСК к другой. При создании новой пользовательской системы координат режимы рисования *ШАГ (SNAP)*, *СЕТКА (GRID)*, *ОРТО (ORTO)* поворачиваются вместе с ПСК и курсор перемещается в новой системе координат.

## 1.1. Задание пользовательской системы координат

Для задания любых плоскостей построений, которые не параллельны плоскости XY мировой системы координат, используется команда ПСК (UCS), которую можно вызвать из (рис 1.1):

- 1 - панели *Стандартная* (пиктографическое меню);
- 2 - *плавающих* панелей ПСК (пиктографические меню),
- 3 - падающего меню → *Инструменты (Tools)* → *ПСК (UCS)*
- 4 – экранного меню → *ИНСТРУМЕНТЫ (TOOLS II)* → *ПСК (UCS)*

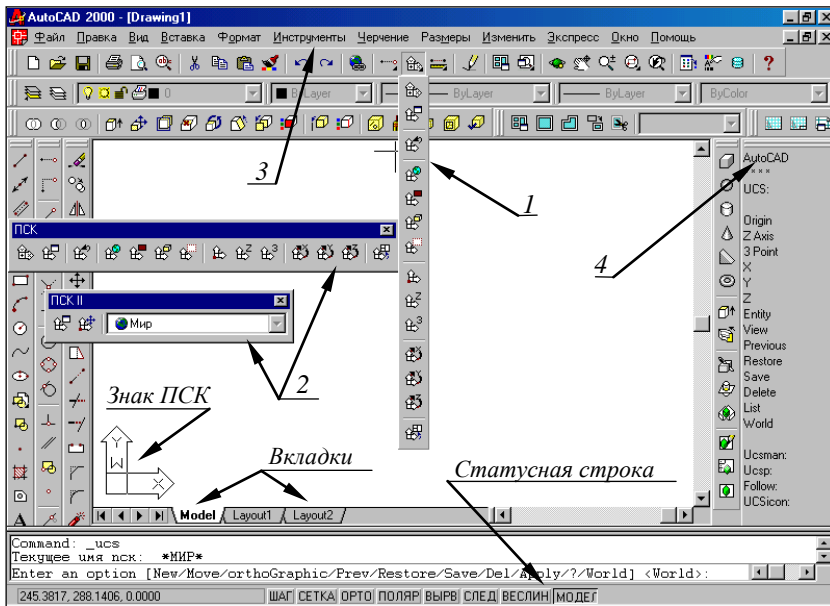


Рис. 1.1. Элементы пользовательского интерфейса

Команда позволяет задать начало новой системы координат и положение новых осей, а положение новой оси Z зависит от положение соответствующих осей X и Y и определяется автоматически. Для зада-

ния новой ПСК удобнее пользоваться кнопками пиктографического меню стандартной и плавающих панелей.



Вызывает команду ПСК (**UCS**) - аналогична вызову команды с клавиатуры. В командной строке появляется запрос:

**Command: UCS**

Команда: ПСК

**Enter an option [New / Move / ortoGraphic / Prev / Restore / Save / Del/ Apply / ?/World] < World>:**

Задайте опцию: [Новая/Перенести/Ортогональная/предыдущая/Восстановить/Сохранить/Удалить/прИменить/?/ Мир] <Мир>:

Возможны следующие опции:

- Новая (**New**) – переход в режим создания новой ПСК;
- Перенести (**Move**) – перенос текущей ПСК в новую точку;
- Ортогональная (**ortoGraphic**) – выбор одной из шести стандартных ортогональных ПСК;
- предыдущая (**Prev**) – возврат к предыдущей ПСК;
- Восстановить (**Restore**) – восстановление ПСК по ее имени;
- Сохранить (**Save**) – сохранение текущей ПСК с новым именем;
- Удалить (**Del**) – удаление именованной ПСК;
- прИменить (**Apply**) – применение ПСК текущего видового экрана к другому экрану или ко всем видовым экранам (см. разд.2.2);
- ? (?) – выводит список именованных ПСК с их характеристиками;
- Мир (**World**) – восстановление МСК.

Для задания новой ПСК выбираем опцию *Новая (New)*. Система выдает запрос:

**Specify origin of new UCS or [Zaxs/3point/Object/Face/View/ X/Y/Z] <0,0,0>:**

Укажите начало новой ПСК или [Зось/3точк/Объект/Грань/Вид /X/Y/Z] <0,0,0>:

В этом случае нужная опция вводится с клавиатуры. Каждой из этих опций соответствуют кнопки пиктографического меню. Ниже приведены опции команды ПСК вызываемые кнопками пиктографического меню, расположенные в порядке их положения на панели инструментов.



Показать диалог ПСК (**Display**)

Вызывает диалоговое окно со списком имен ПСК.



**Предыдущая ПСК (Prev)**

Восстанавливает предыдущую непоименованную систему координат (ПСК) в качестве текущей. AutoCAD хранит в памяти 10 непоименованных (не сохраненных) последних ПСК.



**МСК (World)**

Устанавливает мировую систему координат текущей.



**Объект (Object)**

Создает новую систему координат по плоскости двумерного объекта. Плоскость XY совмещается с плоскостью, определяемой объектом, причем в качестве начала координат используется первая характерная точка объекта (центр дуги, начальная точка отрезка и т. п.), а в качестве точки определяющей положительное направление оси X, используется вторая характерная точка примитива (вторая точка отрезка и т.п.). Если объект не определяет плоскость (точка или отрезок), то новая ПСК располагается параллельно текущей ПСК.



**Грань (Лицевая ПСК) (Face)**

Создает новую систему координат по плоскости трехмерной грани, в том числе грани, принадлежащей телу.



**Вид (View)**

Создает новую систему координат путем поворота вокруг начальной точки текущей ПСК и устанавливается в пространстве параллельно плоскости текущего вида.



**Начало (Origin)**

Создает новую ПСК путем задания новой начальной точки, координаты которой вводятся с клавиатуры, либо с помощью объектной привязки или простым указанием курсора в плоскости построений с сохранением направления осей X и Y (плоскопараллельный перенос).



**Z ось (Z Axis)**

Создает новую систему координат путем задания нового начала координат и точки, лежащей на положительном направлении новой оси Z для новой системы координат.



**3 точки (3point)**

Создает новую систему координат в пространстве по трем точкам: первая точка определяет новое начало координат, вторая точка –

## 1. Системы координат и плоскости построений

---

положительное направление оси X, третья – положительное направление оси Y.



### *Повернуть вокруг оси X (X)*

Создает новую систему координат путем поворота текущей системы координат вокруг оси X на заданный угол.



### *Повернуть вокруг оси Y (Y)*

Создает новую систему координат путем поворота текущей системы координат вокруг оси Y на заданный угол.



### *Повернуть вокруг оси Z (Z)*

Создает новую систему координат путем поворота текущей системы координат вокруг оси Z на заданный угол.



### *Применить ПСК (Apply)*

Устанавливает для всех видовых экранов такую же ПСК, как на текущем экране.



### *Перенести (Move)*

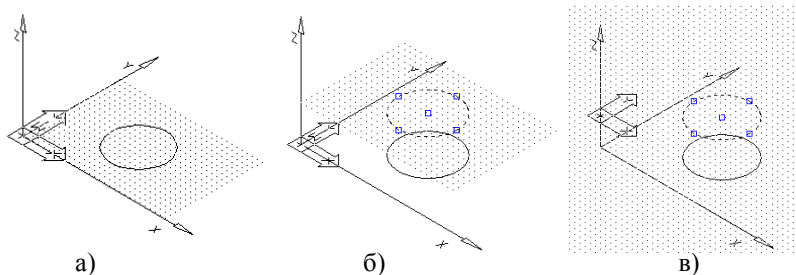
Создает новую ПСК путем перемещения начальной точки или величины смещения вдоль оси Z.



Выводит список всех имен ПСК. Если не созданы именованные ПСК, то выводит только ортогографические ПСК. Позволяет устанавливать любую из списка ПСК.

Рассмотрим на примерах как создать новую систему координат, используя наиболее распространенные опции. Удобно анализировать построения в изометрических видах AutoCAD, которые заменяют аксонометрические проекции. Установим *Юго-восточную изометрию* (падающее меню → Вид (**V**iew) → 3DВиды (**3D**View) → ЮВ Изометрия (**SE Isometric**)), щелкнув левой кнопкой мыши по указанному пункту диалогового окна и клавише *Текущий (Current)*, открывшегося диалогового окна → **OK**). Изменился вид графического экрана: пиктограмма МСК изменила свое положение и сетка отображает установленные лимиты чертежа (формата). Для наглядности показаны направления всех осей координат. Построим в плоскости XY окружность с центром 200,150 и радиусом 80. Она отобразилась в виде эллипса (рис.1.2а).

Допустим, надо построить окружность с теми параметрами, но отстоящую от построенной на 100 единиц вдоль положительного направления оси Z. Это построение можно выполнить двумя способами:



- а) – построение окружности в мировой системе координат (МСК);  
 б) – построение окружности в МСК, *УРОВЕНЬ (ELEV)* 100;  
 в) – построение окружности в ПСК, созданной опцией *Начало (Origin)* или *Перенеси (Move)*

Рис. 1.2. Задание новой плоскости построений

◆ Команда *УРОВЕНЬ (ELEV)* позволяет изменить плоскость построений, не изменяя текущую ПСК (рис. 1.2б). При этом плоскость построений будет параллельна текущей ПСК и удалена от нее на заданное расстояние.

**Command: ELEV**

Команда: *УРОВЕНЬ*

**Specify new default elevation <0.0000>:**

Новый уровень по умолчанию <0.0000>:

Введем 100, что будет соответствовать значению уровня (плоскости построения), в котором будет построена окружность. Далее следует запрос:

**Specify new default thickness <0.0000>:**

Новая высота по умолчанию <0.0000>:

Если ввести значение отличное от нуля, то двумерный объект (окружность) превратится в трехмерный (цилиндр высотой равной введенному значению). Оставим значение высоты равным нулю.

В этом случае все дальнейшие построения будут выполняться на этом уровне и сетка переместится на заданный уровень (рис. 1.2б). Для возврата в исходную плоскость построений надо вновь ввести команду *УРОВЕНЬ (ELEV)* и установить значение уровня 0.

Если объект уже построен в текущей ПСК, а его надо перенести на определенный уровень, можно воспользоваться командой *СВОЙСТВА (PROPERTIES)* (падающее меню → *Изменить (Change)* → *Свойства (Properties)*) и изменить положение центра окружности (объекта) по координате Z введя нужное значение (например, 80). В этом случае значе-

ние уровня распространяется только на выбранный объект. Число можно вводить со знаком минус, тогда плоскость построений будет определяться отрицательным значением по оси Z.

♦ Новая плоскость построений может быть получена заданием новой ПСК. Новая система координат всегда создается относительно текущей и может быть задана опцией *Начало (Origin)*, введя с клавиатуры новое значение точки начала координат (0,0,100) или опцией *Перенеси (Move)*, где в ответ на запрос надо ввести значение точки начала координат (0,0,100). Знак ПСК примет положение, приведенное на рис.1.2в.

На рис. 1.3а показана новая система координат  $X'Y'Z'$ , которая образована поворотом вокруг оси X на  $30^\circ$  (панель *Стандартная* → кнопка *ПСК* → *Повернуть вокруг X* → в появившемся в командной строке запросе ввести с клавиатуры численное значение угла). Теперь текущая плоскость построений  $X'Y'$ , в которой находится графический курсор, расположена наклонно относительно предыдущей и все построения объектов будут происходить именно в этой плоскости (выделенная окружность).

На рис 1.3б плоскость построений  $X'Y'$  переопределена плоскостью  $X''Y''$ . Для чего установлена стандартная ПСК *Справа* (панель *Стандартная* → кнопка *ПСК* → *Диалог ПСК* → *Ортографические ПСК* → *Справа* → *Текущий* → *ОК*). Окружность с прежними параметрами построена во вновь созданной текущей ПСК (выделена на рисунке).

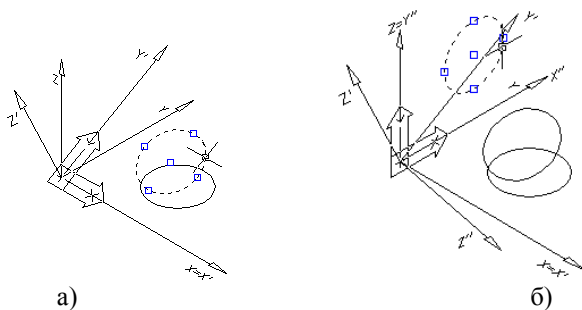
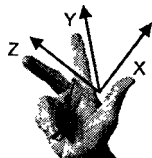


Рис. 1.3. Создание ПСК



При задании новой ПСК для определения направления осей координат следует пользоваться правилом правой руки: большой палец указывает положительное направление оси X, указательный – оси Y, средний – положительное направление оси Z.





Для определения положительного направления угла поворота осей также применяется правило правой руки: если разогнутый палец правой руки совместить с положительным направлением оси, вокруг которой происходит поворот плоскости построений, то остальные согнутые пальцы указывают положительное направление угла поворота.

☀ При задании новой ПСК обязательно пользуйтесь объектными привязками.

### 1.2. Сохранение ПСК



Чтобы была возможность возврата к ранее созданным ПСК их надо сохранять. Кнопка *Диалоговое окно ПСК (Display UCS Dialog)* позволяет это делать.

Диалоговое окно имеет три вкладки: *Имена ПСК (Named UCSs)*, *Орфографические ПСК (Orthographic UCSs)* и *Параметры (Setting)*(рис. 1.4).

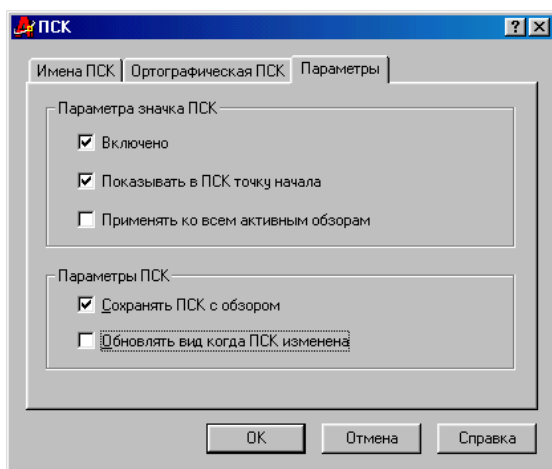


Рис. 1.4. Диалоговое окно ПСК (**Display UCS Dialog**)

Вкладка *Параметры (Setting)* имеет два поля:

◆ поле *Параметры значка ПСК (UCS Icon setting)* находятся три флажка:

-*Включено (On)* – включает (выключает) отображение пиктограммы ПСК на экране;

## 1. Системы координат и плоскости построений

-Показывать в ПСК точку начала (*Display at UCS origin point*) – переносит пиктограмму из левого нижнего угла графического экрана в точку начало координат (если точка 0,0,0 видна на экране);

-Применять ко всем видовым экранам (*Apply to all active viewports*) – распространяет установки режимов пиктограмм ПСК на все видовые экраны.

♦ поле *Параметры ПСК (UCS setting)* содержит два флажка:

-*Сохранять ПСК с обзором (Save UCS with viewport)* – сохраняет индивидуальную ПСК для каждого видового экрана;

-*Обновлять вид когда ПСК изменена (Update view to Plan when UCS is changed)* – автоматически устанавливает вид перпендикулярно плоскости XY (устанавливает Вид в плане текущей ПСК).

Вкладка *Ортографические ПСК* предназначена для работы с ортогональными ПСК, соответствующими шести основным видам.

Задание параметра *Глубина (Depth)* позволяет переместить плоскость построений текущей ортогографической ПСК вдоль оси Z (равносильна команде *УРОВЕНЬ*). Для того чтобы изменить параметр глубины новой ортогографической ПСК, нужно поместить курсор на текущее значение ее глубины и вызвать правой кнопкой мыши контекстное меню, в котором выбрать пункт *Глубина*, после чего появится диалоговое окно *Глубина ортогографической ПСК*, в котором можно задать требуемую глубину.

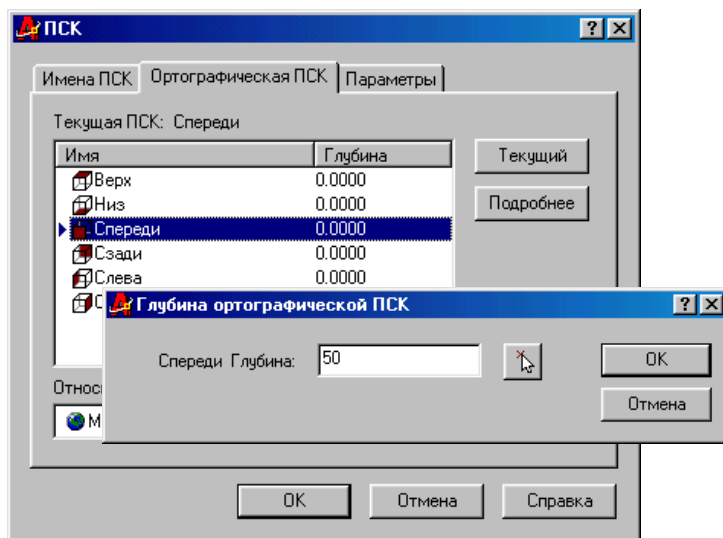


Рис. 1.5. Вкладка установки ортогографических ПСК

Вкладка *Имена ПСК (Named UCSs)* позволяет видеть список сохраненных (именованных) ПСК и устанавливать любую из них с помощью кнопки *Текущий (Current)*.

Имена присваиваются любой вновь созданной ПСК за исключением орфографических.

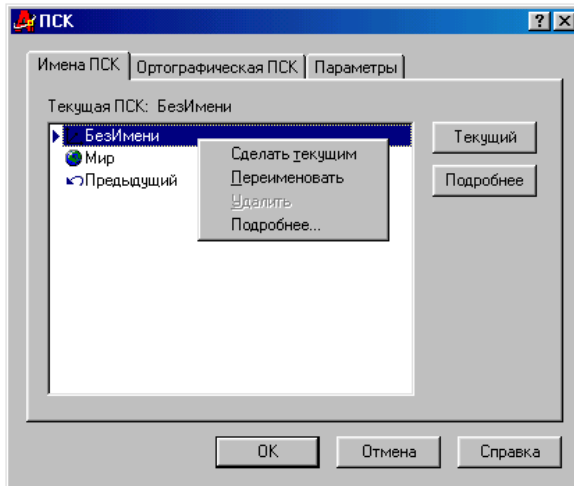


Рис 1.6. Диалоговое окно установки и сохранения ПСК

После создания новой ПСК рекомендуется сразу обратиться к диалоговому окну вкладка *Имена ПСК* (рис.1.6) и присвоить имя вновь созданной ПСК. По умолчанию AutoCAD определяет ее как текущую ПСК, присваивая имя «Без имени». Курсор помещаем на выделенную строку и нажатием правой кнопки мыши вызываем контекстное меню, с помощью которого можно ее переименовать. В этом случае ПСК сохраняется под присвоенным именем и к ней можно возвращаться в любой момент. Через контекстное меню ПСК можно также удалить.

### 1.3. Знак ПСК

Какова в данный момент ориентация осей текущей системы координат, легко проследить по пиктограмме (знак ПСК), которая перерисовывается при переопределении текущей ПСК [2]. Режимом отображения пиктограммы управляет команда ЗНАКПСК (UCSICON)

**Command:** UCSICON

**Команда:** ЗНАКПСК

**Enter of option [ON/OFF/All/Noorigin/Origin]<ON>:**

## 1. Системы координат и плоскости построений

*Введите опцию [Вкл/Выкл/Все видовые экраны/Независимо от начала координат/В начало координат]<Вкл>:*

Знак ПСК помогает ориентироваться в пространстве, особенно при построении трехмерных объектов. Кроме этого знак ПСК несет в себе определенную информацию:



Мировая система координат в пространстве модели (об этом говорит буква М (W) внутри знака). В пространстве соответствует горизонтальной плоскости проекций. Положительное направление осей X и Y определяется стрелками, которые пересекаясь образуют квадрат, следовательно ось Z направлена на пользователя, перпендикулярно плоскости экрана (в пространстве - вертикально вверх).



Отсутствие буквы W(мировая) обозначает новую текущую ПСК. Знак автоматически помещен в начало координат (небольшой крест внутри квадрата показывает начальную точку координат) при условии, что знак целиком помещается на видовом экране.



Новая система координат текущая, установлен вид снизу. Ось Z направлена от пользователя (оси X и Y не пересекаются), в пространстве – вертикально вниз.



Новая система координат повернута на угол  $30^0$  против часовой стрелки ( $-30^0$ ) вокруг оси Z относительно предыдущей и установлена в точку у начала координат.



Сломанный карандаш – построения в плоскости невозможны, так как плоскость построений перпендикулярна экрану.



Изменена точка зрения и полученная проекция соответствует прямоугольной изометрии (юго-западная изометрия).



Знак указывает, что вид является перспективной проекцией.



Знак ПСК в двумерном пространстве листа, ось Y не показана – направлена вверх. Текущей является мировая система координат для пространства листа (буква W).



Знак ПСК в орбитальном режиме показывает направление и сжатие по направлениям осей.

## 2. ВИДЫ И ВИДОВЫЕ ЭКРАНЫ

### 2.1. Виды

Вид, в понятии AutoCAD это то, что в данный момент отображается на экране [1]. Для проектирования и просмотра объектов из произвольной точки трехмерного пространства в AutoCAD существует несколько команд, позволяющих устанавливать стандартные виды (шесть основных видов) и 4 изометрические проекции, вид в плане любой текущей ПСК, динамический просмотр объекта, а также выбирать абсолютно произвольную точку просмотра. Возможно, что изображение объекта будет хорошо читаться на одном виде и не читаться - на другом, надо научиться подбирать наиболее подходящий вид, используя соответствующие команды.

#### 2.1.1. Основные и изометрические виды (проекции)



Стандартные ортогональные (шесть основных видов) и изометрические виды можно устанавливать из:

- ◆ падающего меню → Вид (**View**) → Названный вид (**Named Views**);
  - ◆ плавающую панель → Вид (**View**);
  - ◆ панели Стандартная → Именованные виды (**Named Views**)
- (рис.2.1).

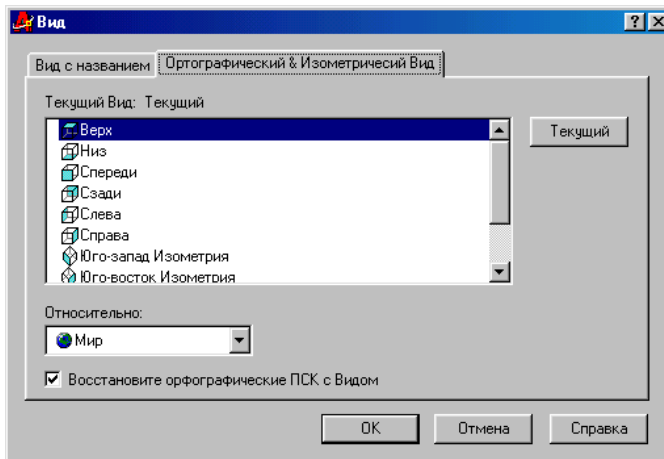


Рис. 2.1. Диалоговое окно Виды (Views)

## 2. Виды и видовые экраны

Диалоговое окно имеет две вкладки. Если необходимо установить один из шести основных видов или стандартную изометрическую проекцию откройте вкладку *Ортографический и Изометрический вид* и, выбрав необходимый вид, нажмите кнопку *Текущий (Current)*, а затем *OK*. Выбранный вид будет установлен. В случае необходимости в дальнейшей работе обращению к этому виду его надо сохранить, присвоив имя.

Для этого вновь необходимо вернуться в диалоговое окно, открыть вкладку *Вид с названием (Named Views)* (рис.2.2).

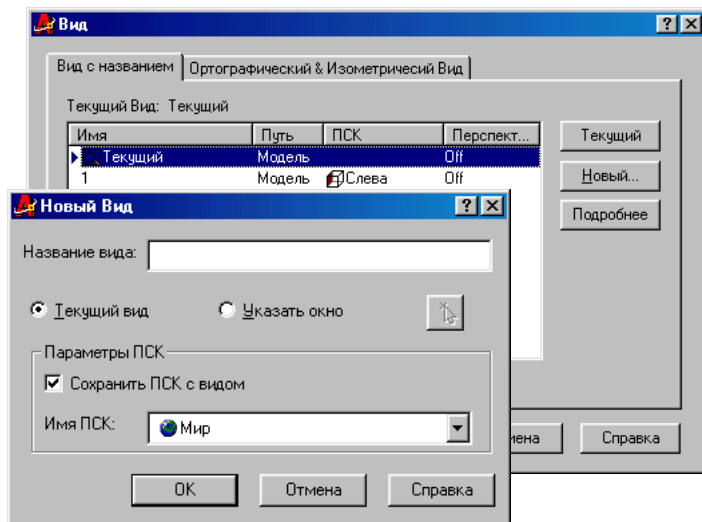


Рис.2.2. Присвоение имени виду

Вкладка имеет четыре колонки:

-*Имя (Name)* - содержит имя вида;

-*Путь (Location)* – имя вкладки, к которой привязан вид (если вид создан в пространстве модели – *Модель*, если в пространстве листа – *Лист*);

*ПСК (UCS)* – имя системы координат, если она сохранена с видом;

*Перспектива (Perspective)* – признак установки обычного (параллельного) или перспективного проецирования.

Над всеми видами можно выполнять операции удаления, переименования и установки текущего вида.

Кнопка *Новый...* (*New...*) позволяет сохранить вид с присвоением ему имени. После щелчка по этой кнопке появляется диалоговое окно *Новый вид (New View)* (см. рис.2.2). В окне *Имя вида: (View name:)* при-

сваивается имя текущему виду. При активной кнопке *Текущий вид (Current display)* видом становится весь текущий видовой экран. Можно видом сделать часть текущего экрана, в этом случае активизируют пиктографическую кнопку *Указать окно (Define windows)*, щелкнув по ней левой кнопкой мыши, диалоговое окно временно исчезнет и на экране рамкой можно выделить область, которую надо сделать видом. В поле *Режимы ПСК (UCS Settings)* с помощью соответствующего поля *Имя ПСК: (UCS name:)* можно выбрать ПСК (если ПСК нестандартная и сохранена) или МСК относительно которой будет создан новый вид, а также установить или сбросить флажок *Сохранить ПСК с видом (Save UCS with view)*. Рекомендуется не сбрасывать флажок, т.к. в этом случае будет автоматически устанавливаться вид в плане относительно текущей ПСК для ортогональных видов.

### 2.1.2. Задание вида из произвольной точки зрения

Помимо стандартных ортогональных и изометрических видов (проекций), предусмотренных системой AutoCAD, можно установить любую точку зрения на объект из пространства, даже внутри изображаемого объекта [2]. Установка нового вида в пространстве модели можно произвести с помощью команд:

- ◆ *ТЗРЕНИЯ (VPOINT)* – позволяет вводить из командной строки точку зрения или угол поворота вида;
- ◆ *ДИАЛТЗРЕН (DDVPOINT)* – отображает диалоговое окно *Задание точки зрения (Viewpoint Presets)*;
- ◆ *ПЛАН (PLAN)* – отображает вид в плане текущей пользовательской или мировой системы координат;
- ◆ *ДВИД (DVIEW)* – определяет параллельную проекцию или перспективные виды;
- ◆ *3D-ОРБИТА (3DORBIT)* – интерактивное отображение видов. Объединяет все возможности вышеперечисленных команд. Появилась в 15 версии (AutoCAD 2000).

#### 2.1.2.1. Задание вида командой ТЗРЕНИЯ (VPOINT)

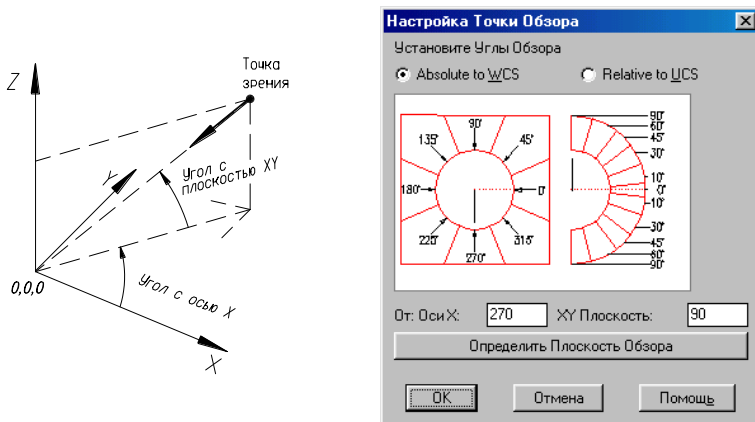
Команда *ТЗРЕНИЯ (VPOINT)* дает возможность для просмотра и создания видов из точки с произвольными координатами и может быть вызвана из падающего меню → *Вид (View)* → *3D Вид (3D View)* → *Параметры точки вида (Viewpoint Presets)* или → *ВИДТОЧКА (VPOINT)*.

Направление проецирования задается углами относительно текущей системы координат. На рис. 3а показан принцип задания двух углов, определяющих точку зрения в пространстве. Вначале задается угол наклона направления проецирования с осью X (в плоскости XY), а по-

## 2. Виды и видовые экраны

том с плоскостью XY. Первая точка направления проецирования по умолчанию принимается в начале координат. Вторая точка может определяться явным заданием координат (режим по умолчанию).

На рис.2.3б показано диалоговое окно *Параметры точки вида (Viewpoint Presets)*. Для задания направления точки зрения надо курсор-стрелку поместить на одно из значений левой диаграммы (угол отсчета с осью X), а затем – правой (угол с плоскостью XY). Если надо задать точные угловые значения, введите их с клавиатуры, предварительно активизировав курсором текстовые поля. При выборе точки зрения с помощью диалогового окна режим задания углов по умолчанию установлен в МСК.



а) – задание угла точки зрения в пространстве

б) – задание точки зрения через диалоговое окно

Рис. 2.3. Задание вида ТЗРЕНИЯ (VPOINT)

На рис. 2.4 показан способ задания точки зрения по компасу *ВИД-ТОЧКА (VPOINT)*, который представляет плоскую модель сферы (глобуса).

Для задания точки зрения перекрестие курсора перемещают по полю компаса (в пространстве – по сфере) и выбирают наиболее подходящее положение начальной точки (фиксируется щелчком левой кнопки мыши) вектора, где центр сферы – конечная точка вектора. Рядом с компасом на экране представлена проекция координатных осей с равными в пространстве отрезками, которые в проекции показывают направление и искажение по осям. При выборе начальной точки следует следить за координатными осями.



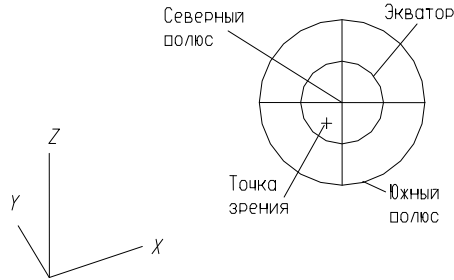


Рис. 2.4. Задание точки зрения командой ВИДТОЧКА

Точка зрения и углы для команды *ТЗРЕНИЯ* по умолчанию задаются в мировых координатах, при этом на время выполнения команды AutoCAD переключается МСК, выдавая об этом соответствующее сообщение. Выбрав точку зрения удачную для работы с моделью и ее просмотра, мы тем самым задали новый вид, который можно сохранить (рис.2.2), и в дальнейшем к нему возвращаться для дальнейшего редактирования и просмотра.

### 2.1.2.2. Задание вида командой ПЛАН (PLAN)

Команда *ПЛАН (PLAN)* позволяет установить текущим вид в плане модели на экране в соответствии с текущей пользовательской, мировой или названной системой координат.

Команда вызывается из падающего меню → *Вид (View)* → *3DВид (3DView)* → *Вид в плане*, где в появившейся вкладке выбирается:

*Текущая ПСК (Current UCS)*– позволяет установить вид в плане относительно текущей ПСК;

*Мировой СК (World UCS)*- позволяет установить вид в плане относительно мировой системы координат, даже если вы в ней не находитесь;

*Названная ПСК (Named UCS)*- позволяет установить вид в плане относительно любой сохраненной ПСК.

### 2.1.2.3. Задание вида командой 3D ОРБИТА



Еще один вариант выбора точки зрения предоставляет команда *3D ОРБИТА (3DORBIT)*. При использовании этой команды можно с помощью мыши подобрать на экране практически любой ракурс. Вертикальность оси Z при использовании этой команды не сохраняется.

Команде *3D ОРБИТА (3D ORBIT)* соответствует кнопка *3D Орбита* панели инструментов *Стандартная* и пункт *3D динамический вид (3DDView)* падающего меню *Вид (View)*.

## 2. Виды и видовые экраны

Команда позволяет динамически изменять вид трехмерных объектов с помощью устройства указания. Если на момент вызова команды на экране были выбраны какие-то объекты, то в дальнейшем все действия команды будут распространяться только на них. При отсутствии выбранных объектов команда будет выполнять действия над всеми видимыми объектами.

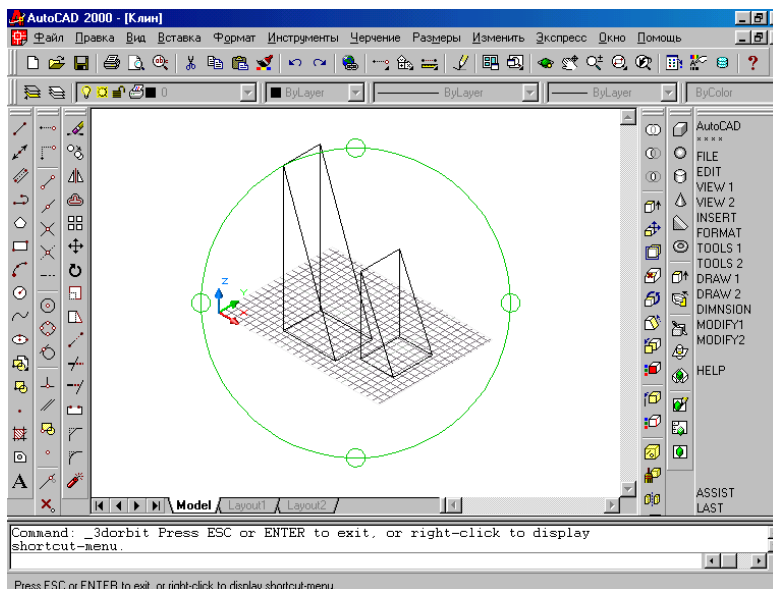


Рис. 2.5. Орбитальное кольцо команды 3D Орбита

На период работы команды знак ПСК изменяется на цветной знак трехмерных осей, а на экране появляется орбитальное кольцо (рис.2.5). Геометрически оно представляет собой большой круг, разделенный на квадранты четырьмя малыми кругами. Центр орбитального кольца совпадает с центром вида – неподвижной точкой, на которую направлен взгляд - точкой цели. Точка (точка камеры), в которой находится пользователь, перемещается относительно точки цели, совмещенной с центром орбитального кольца.

При движении устройство указания (курсор) может принимать разные формы, что влияет на механизм вращения вида [3].

Если устройство указания находится внутри орбитального кольца, то курсор принимает форму сферы с двумя внешними окружностями-орбитами (рис.2.6a). В этом случае нажатие левой кнопки мыши и пе-

ремещения курсора вращает вид вокруг точки цели. Вращение возможно во всех направлениях.

Если курсор находится вне орбитального кольца, он выглядит как сфера с внешней окружностью-стрелкой (рис.2.6б). В этом случае нажатие левой кнопки мыши и перемещение курсора вращает вид вокруг оси, проходящей через центр орбитального кольца перпендикулярно экрану.



Рис. 2.6. Разные формы устройства указания

Если курсор находится на левом или правом малом кругах, расположенных в точках левого и правого квадрантов орбитального кольца, то он принимает форму сферы с горизонтальным эллипсом-стрелкой (рис.2.6в). Нажатие левой кнопки мыши и перемещение курсора из этих точек вызывает вращение вида относительно вертикальной оси, проходящей через центр орбитального кольца.

Если курсор находится на верхнем или нижнем малом кругах (квадрантах) орбитального кольца, он имеет форму маленькой сферы с вертикальным эллипсом-стрелкой (рис.2.6г). Нажатие левой кнопки мыши и перемещение курсора из этих точек вызывает вращение вида относительно горизонтальной оси, проходящей через центр орбитального кольца.

Выход из команды 3D Орбита осуществляется нажатием клавиши *<Esc>* или *<Enter>*. Во время работы с командой можно пользоваться контекстным меню, которое вызывается нажатием правой кнопки мыши. Перечислим опции этого меню:

- ◆ **Pan** (*Панорамирование*) – перемещение вида с сохранением расстояния до рассматриваемых объектов;
- ◆ **Zoom** (*Зумирование*) – изменение фокусного расстояния при рассмотрении объектов (приближает их к наблюдателю либо удаляет).
- ◆ **Orbit** (*Орбита*) – возврат в стандартный режим трехмерной орбиты после зумирования, панорамирования или вращения вида;
- ◆ **More** (*Другие*) – возможны опции:
  - **Adjust Distance** (*Регулировка расстояния*) – имитирует передвижение камеры ближе или дальше от объекта;
  - **Swivel Camera** (*Повернуть камеру*) – имитирует вращение камеры (изменяется точка цели);
  - **Continuous Orbit** (*Вращение по орбите*) – переводит рисунок в режим постоянного вращения. Для задания направления вращения надо

переместить курсор с нажатой левой кнопкой мыши в нужном направлении. Щелчок левой кнопки останавливает постоянное вращение.

- **Zoom Window** (*Показать рамкой*) – увеличивает изображение до границ, указанных рамкой;

- **Zoom Extents** (*Показать границы*) – вписывает в видовой экран все объекты;

- **Adjust Clipping Planes** (*Регулировка секущих плоскостей*): **Front Clipping On** (*Передняя плоскость включена*), **Back Clipping On** (*Задняя плоскость включена*) – вызывает окно для установки секущих плоскостей, параллельных видовому экрану и включает, выключает части объектов, находящихся перед или за секущими плоскостями.

- ◆ **Projection** (*Проекция*) – выбор режима проецирования:

- **Parallel** (*Параллельный*);

- **Perspective** (*Перспективный*)

- ◆ **Shading Modes** (*Раскрашивание*) – установка режимов раскрашивания объектов в процессе их вращения. Содержит в себе опции: **Wireframe** (*Каркас*), **Hidden** (*Скрытие невидимых линий*), **Flat Shade** (*Плоское*), **Gouraud Shaded** (*По Гуро*), **Flat Shaded, Edges On** (*Плоское с кромками*), **Gouraud Shaded Edges On** (*По Гуро с кромками*). Работа опций рассмотрена в разделе 3.2.

- ◆ **Visual Aids** (*Средства визуализации*) – облегчает рассмотрение вида и ориентацию расположенных в нем объектов:

- **Compass** (*Компас*) – изображает точками на экране три окружности, имитирующие три основные плоскости XY, YZ, XZ.

- **Grid** (*Сетка*) – включает, выключает отображение клетчатой сетки, соответствующей сетке в зоне лимитов (формата) плоскости XY в орбитальном режиме (см. рис.2.5);

- **UCS Icon** (*Пиктограммы ПСК*) - изображает цветную трехмерную пиктограмму системы координат: ось X имеет красный цвет, ось Y – зеленый, ось Z – синий или голубой (см. рис.2.5).

- ◆ **Reset View** (*Восстановить вид*) – восстановление на экране вида, предшествовавшего орбитальному режиму

- ◆ **Preset Views** (*Стандартные виды*) – устанавливает один из шести стандартных ортогональных или четырех изометрических видов объекта.

### 2.2. Видовые экраны

При работе с трехмерной моделью удобно делить графический экран на части, в каждой из которых можно устанавливать свою точку зрения или проекцию. Система позволяет создавать конфигурацию из любого количества видовых экранов (в пространстве модели они назы-

ваются неперекрывающимися) и каждой созданной конфигурации присваивать имя, по которому она может быть в любой момент восстановлена.



Команда **ВЭКРАН (VPOR TS)** может быть установлена:

- ◆ панель *Стандартная* → кнопка *Диалог точки вида (Display Viewports Dialog)*;
- ◆ падающее меню → *Вид (View)* → *Точка вида (New Viewport)* → пункт *Названная точка вида (Viewports)* (рис.2.7)

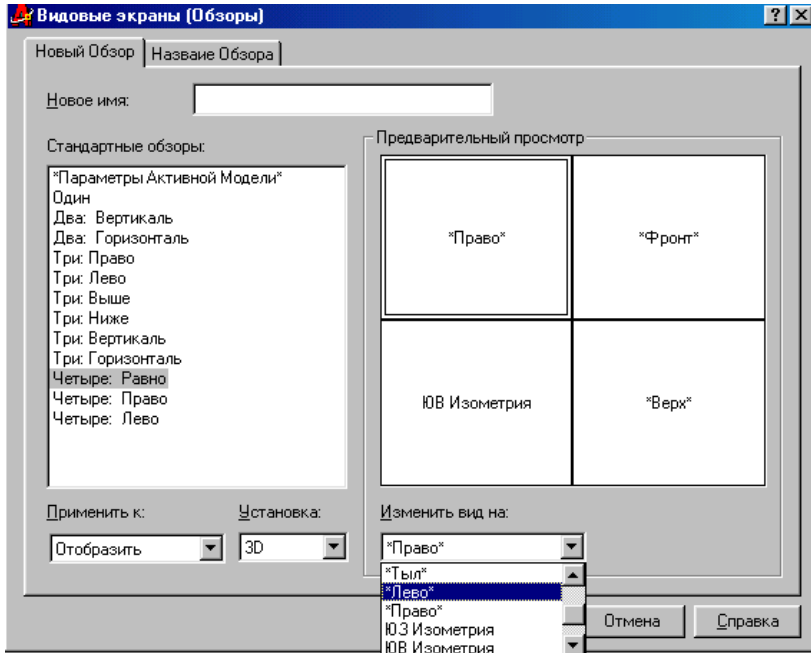


Рис. 2.7. Диалоговое окно установки видовых экранов

В поле *Новое имя: (New name:)* задается имя создаваемой конфигурации видовых экранов. Если имя не задавать, то конфигурация создается, но не сохраняется (после перехода к другой конфигурации эта не может быть восстановлена, т.к. не имеет имени).

Поле *Предварительный просмотр (Preview)* отображает вид той конфигурации (варианта деления на части), которая выбрана в данный момент в поле *Стандартные обзоры (Standard viewports)*.

## 2. Виды и видовые экраны

В поле *Применить:* (**Apply to:**) можно выбрать одно из двух значений, указывающих к какой части графического экрана будет применяться операция деления на части:

- *Отобразить* (**Display**) - ко всему экрану;
- *Текущий обзор* (**Current Viewports**) - к текущему видовому экрану.

В поле *Установка:* (**Setup:**) – пользователю доступны два значения:

-**2D (2D)** – текущий вид (вид установленный в активном видовом экране, который делится на части) распространяется на все вновь создаваемые видовые экраны;

-**3D (3D)** – система автоматически устанавливает ортогональные виды и один изометрический вид (рис.2.8).

Поле *Изменить вид на:* (**Change view to:**) позволяет изменить виды, которые установились в видовых экранах автоматически. Если виды устанавливаются при значении **2D** в поле *Установка* (**Setup:**), то в видовых экранах возможна установка только текущего вида и тех видов, которые были созданы ранее и сохранены (поименованы). Если виды устанавливаются при значении **3D** в поле *Установка*, то делая тот или иной экран текущим (щелчок левой кнопкой мыши по нужному экрану) в каждом из них можно изменить стандартные ортогональные и изометрические виды, а также установить другие поименованные виды, созданные в ранее. Текущий видовой экран в диалоговом окне выделяется толстой рамкой.

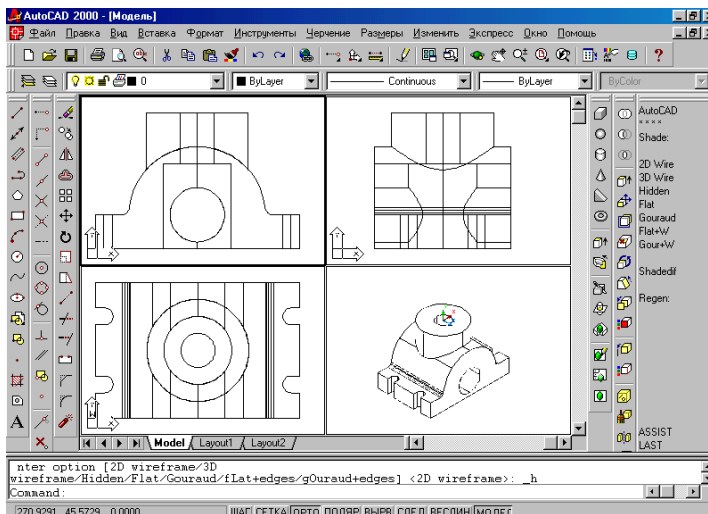


Рис.2.8. 4-х экранная конфигурация видовых экранов

На рис.2.8 создана конфигурация из 4 видовых экранов с присвоением имени 4. В диалоговом окне, делая попеременно видовые экраны текущими (щелчок левой кнопки мыши внутри экрана), установлены соответственно вид спереди, сверху, слева и изометрический вид.

Для того, чтобы в каждом видовом экране автоматически устанавливался заданный вид и соответствующая ему ортогональная ПСК в диалоговом окне *Вид* вкладка *Ортографический и Изометрический вид* в окне *Восстановите ортографические ПСК с видом* необходимо поставить флажок (см. раздел 2.1.1, рис.2.1).

Если необходимо вернуться к одноэкранной конфигурации, нужный видовой экран делают текущим и открывают диалоговое окно *Видовые экраны (VPORTS)*. Во вкладке *Новые ВЭкраны (New vports)* (см. рис.3.1) выбрать конфигурацию *Один (Single)*, а в поле *Применить: (Apply to:)* установить *Ко всему экрану (Display)*.

Вкладка *Название обзора (Named Viewports)* позволяет выбрать конфигурацию видовых экранов из тех, которые ранее были созданы и сохранены под тем или иным именем в этом файле.

Каждый из созданных видовых экранов можно в свою очередь разделить на 1, 2, 3 или 4 части используя те же команды.

Смежные видовые экраны можно соединить в один. Например, на рис.2.8 можно соединить верхний и нижний видовые экраны, причем в зависимости от желания пользователя в объединенном видовом экране может быть установлен вид из верхнего или нижнего экрана. Для этого в падающем меню *Вид (View)* выбираем пункт *Точка вида (Vports) → Присоединить (Join)* и в ответ на появившийся запрос вначале указать экран, вид которого хотите сохранить (щелчок левой кнопки мыши по этому экрану), а затем указать экран, который объединяем с первым.

В любом видовом экране созданной конфигурации можно установить другой вид, задав в этом экране точку зрения любой командой, рассмотренной в разделе 2.1.

При наличии нескольких видовых экранов при выводе на печать распечатается изображение только текущего (активного) видового экрана.

### 3. ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ТРЕХМЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ

Как правило, в процессе проектирования или после завершения работы, требуется максимально правдоподобное изображение сконструированного изделия, то есть раскрашивание его в реалистические цвета, со специфической текстурой поверхности, естественной светотенью, в перспективе и с другими эффектами.

Для улучшения зрительной оценки трехмерных объектов, особенно сложной формы в AutoCAD существует несколько различных команд и режимов [3].

#### 3.1. Удаление невидимых линий

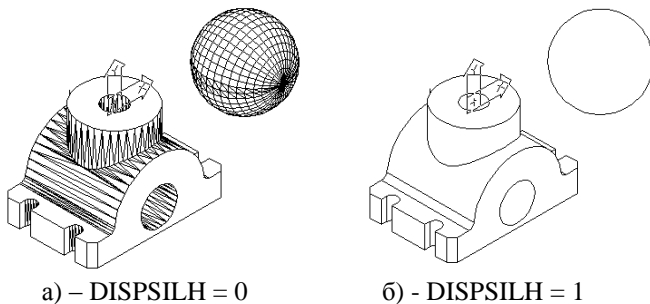


Сложные трехмерные модели часто оказываются перегруженными, что затрудняет их чтение и просмотр результатов выполнения какой-либо команды на объекте. Задачу можно облегчить, подавив скрытые (невидимые с данной точки зрения) линии командой **СКРЫТЬ (HIDE)**:

- ◆ падающее меню → Вид (**View**) → **СКРЫТЬ (HIDE)**;
- ◆ плавающая панель → Рендеринг (**RENDER**) → кнопка **Скрыть линии (HIDE)**.

Команда предназначена только для обработки экранных изображений. Когда операция удаления скрытых линий применяется к твердотельным объектам, AutoCAD, по умолчанию, генерирует представление этих объектов в виде сети.

☀ Системная переменная **DISPSILH** управляет выводом силуэтов в трехмерных объектах. По умолчанию значение равно 0. Если **DISPSILH = 1**, генерация сети подавляется и отображаются только силуэты тел с удаленными скрытыми линиями. Изменять значение переменной проще производить путем набора ее имени с клавиатуры.



а) –  $DISPSILH = 0$

б) -  $DISPSILH = 1$

Рис.3.1. Удаление линий невидимого контура



Для выхода из состояния с удаленными скрытыми линиями необходимо произвести регенерацию (команда *РЕГЕНЕРИРОВАТЬ (REGEN)* или *РЕГЕНЕРИРОВАТЬ ВСЕ (REGEN ALL)* - регенерация всех видовых экранов) или вызвать команду, которая автоматически производит регенерацию, например, команда *ПОКАЖИ (ZOOM)*.

#### 3.2. Каркасный и теневой режимы

В AutoCAD 2000 появилась новая команда *ТЕНИ (SHADEMODE)*. Вызывается из *падающего меню* → Вид (View) → *ТЕНИ (SHADEMODE)*, обеспечивает раскрашивание изображения (удаление невидимых линий и нанесение монотонных цветов на видимые поверхности) на текущем видовом экране. Изображение модели будет выглядеть более реалистично, если его раскрасить, при этом скрывание невидимых линий происходит автоматически.

При работе с командой появляется линейная сетка, расположенная в плоскости построений. Габариты сетки определяются форматом чертежа. Включение, выключение сетки производится командой *СЕТКА (GRID)*, как и для точечной сетки. Появляется трехмерный знак ПСК, состоящий из трех взаимно перпендикулярных стрелок, указывающих направление осей в пространстве. Опции команды:

- ◆ *2D Проволочный каркас (2D Wireframe)* – выход из режимов специального трехмерного отображения (команда *ТЕНИ*) в стандартное каркасное отображение;
- ◆ *3D Проволочный каркас (3D Wireframe)* – включает трехмерный режим представления каркасом;
- ◆ *Скрыть (Hidden)* – удаляет невидимые линии (в отличие от команды HIDE использует каркасное представление твердотельных объектов);
- ◆ *Простые тени (Flat Shade)* – создает тени без сглаживания кромок;
- ◆ *Тени Гуро (Gouraud Shaded)* – создает тени со сглаженными краями;
- ◆ *Простые тени, резкие границы (Flat Shaded, Edges On)* – создает тени без сглаживания кромок и показывает ребра;
- ◆ *Тени Гуро, резкие границы (Gouraud Shaded Edges On)* – создает тени со сглаженными кромками и показывает ребра.

Работа с большинством опций не приводит к выходу из режимов команды. Если надо вернуться к стандартному каркасному представлению объектов, воспользуйтесь опцией *2D Проволочный каркас*. Все эти опции представлены также в команде 3D Орбита.

На рис. 3.1а произведено удаление линий невидимого контура командой **СКРЫТЬ (HIDE)**, на рис.3.2 невидимые линии удалены опцией Скрой (Hidden) команды **ТЕНИ (SHADEMODE)**.

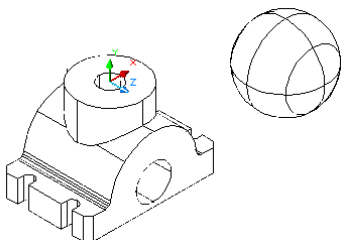
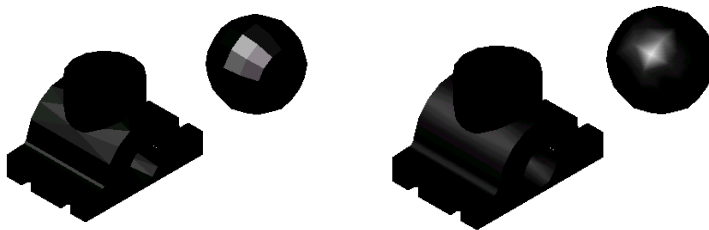


Рис.3.2. Удаление линий невидимого контура опцией Скрой команды **ТЕНИ**

теперь сравните результаты выполнения двух опций теневой заливки объектов: на рис. 3.3а – опции **Простые тени (Flat Shade)** и на рис. 3.3б опции **Тени Гуро (Gouraud Shaded)**.



а) – опция Простые тени                      б) – опция Тени Гуро

Рис.3.3. Теневая заливка

Опции команды можно вызвать из плавающей панели Тень.

### 3.3. Тонирование объектов



Команда **ТОНИРОВАНИЕ** расположена в *падающем меню* → Вид (**View**) → Рендеринг (**Render...**) → *диалоговое окно* (рис.3.4). Для достижения более реалистичного эффекта отображения пространственных объектов применяется тонирование с возможностью присвоения физических свойств материалов и расположения источников освещения.

#### 3.3.1. Настройка тонирования

Параметры тонирования устанавливаются в диалоговом окне **Render**

В окне **Destination** устанавливается одна из опций: **Viewport (Видовой экран)** – вывод изображения в видовой экран, **Window (Окно)** – в отдельное окно Render, **File (Файл)** – в файл.

В AutoCAD существует три режима тонирования, которые определяются в окне **Render Type**:

- ◆ **Render** (*Упрощенное*) – тонирование без добавления источника света, присвоения материала и определения сцен;
- ◆ **Photo Real** (*Фотореалистичное*) – более реалистичное тонирование с возможностью отображения растровых и прозрачных материалов, а также улучшенным отображением теней;

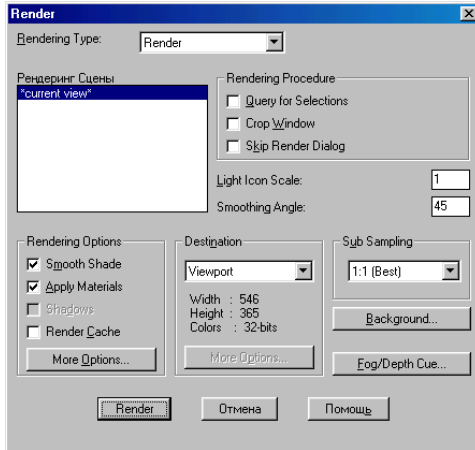


Рис.3.4. Диалоговое окно Рендеринг (**Render**)

- ◆ **Photo Raytrace** (*Трассировка луча*) – более реалистичное тонирование, точнее строит тени.

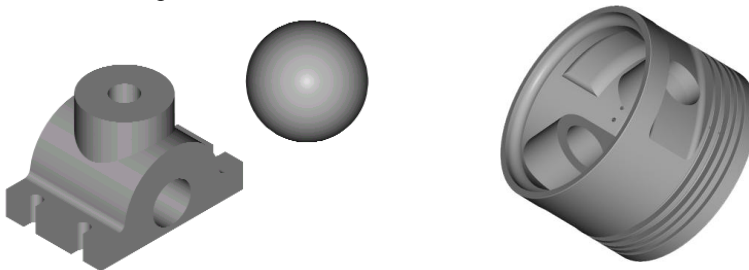


Рис.3.5. Тонированные (**Photo Real**) модели

Кнопка **Background** позволяет установить фон на котором будет отображаться модель. По умолчанию установлен фон графического экрана.

### 3.3.2. Источники света

Для получения реалистичного тонированного изображения предусмотрена возможность создавать, перемещать и настраивать источники

света. В AutoCAD имеется четыре вида источников света: рассеянный свет, удаленные источники, точечные источники и прожекторы. Создание новых и модификация уже имеющихся источников света осуществляется командой *СВЕТ (LIGHT)*, вызываемого из падающего меню → Вид (*View*) → Рендеринг (*Render*) → Свет... (*Light...*) → диалоговое окно *LIGHT*.

При создании и модификации источников света можно генерировать тени. Тени создаются только в режимах визуализации *Фотореалистичное (Photo Real)* и *Трасировка луча (Photo Raytrace)* и включаются-выключаются при тонировании флажком *Shadows (С тенями)* (рис. 3.4).

Тени бывают трех типов: *объемные, карты теней и тени трассировки луча*. Настройка типа тени производится в диалоговом окне источника света. Тени всегда увеличивают затраты времени и ресурсы машины на тонирование, иногда довольно существенно.

#### 3.3.3. Определение и редактирование материалов

Чтобы сделать тонированное изображение более правдоподобным, поверхностям объектов придают оптические свойства различных материалов, как реальных, так и не существующих в природе. Пользователь может сам создать материал на основе имеющихся. Команда *МАТЕРИАЛЫ (RMAT)* вызывается из падающего меню → Вид (*View*) → Тонирование (*Render*) → Материалы (*RMAT*). В появившемся диалоговом окне выполняют необходимые настройки.

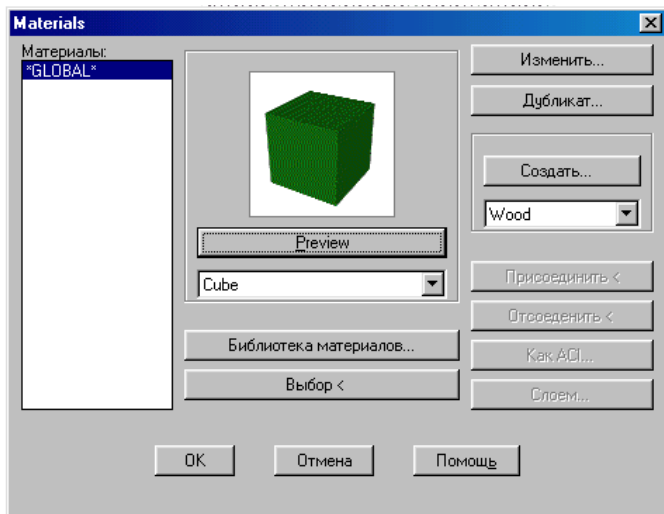


Рис. 3.6. Диалоговое окно Материалы

## 4. ПОСТРОЕНИЕ ТВЕРДОТЕЛЬНЫХ ПРИМИТИВОВ

Объекты, рассматриваемые в данном разделе, называются *телами*. Эти объекты имеют внутренность и объем в отличие от трехмерных сетей и выдавленных двумерных объектов.

AutoCAD имеет набор наиболее распространенных геометрических твердотельных фигур, на базе которых создаются более сложные объекты [2, 3, 4]. Каждая из этих фигур может быть вызвана одним из следующих способов:

- ◆ *экранное* меню → *Черчение 2 (DRAW 2)* → *ТЕЛА(SOLIDS)*;
- ◆ *падающее* меню → *Черчение (DRAW)* → *Твердые тела (SOLIDS)*;
- ◆ на *плавающей* панели инструментов *Твердые тела (3DSOLIDS)*.

Перед началом рассмотрения команд построения твердых тел установим юго-западную изометрию.



### Область

Область – двумерный твердотельный объект (часть плоскости) ограниченный замкнутым контуром произвольной формы. Может содержать в себе отверстия любой формы, обладает свойством непрозрачности. Область – примитив, с помощью которого можно создавать твердые тела сложной формы способом вращения и выдавливания.

В AutoCAD нет команды, которая создает область. Она формируется на основе ранее созданных замкнутых объектов и может быть получена тремя способами:

- ◆ Команда *ОБЛАСТЬ (REGION)* превращает замкнутые плоские объекты в новое качество. Такими объектами могут быть: круг, замкнутая двумерная полилиния (без самопересечения), эллипс, замкнутая сплайновая кривая, любой замкнутый плоский контур, состоящий из отрезков и дуг (без самопересечения).

Команда может анализировать замкнутые цепочки, состоящие из прямолинейных или криволинейных отрезков и количество возможных замкнутых контуров, создавая на их базе области.

Команда вызывается:

- экранное* меню → *ЧЕРТИ (DRAW)* → *ОБЛАСТЬ (REGION)*
- падающее* меню → *Черчение (Draw)* → *ОБЛАСТЬ (REGION)*
- кнопка пиктографического меню *плавающей* панели *Рисование (Draw)*.

Формат команды:

**Command: REGION**

Команда: ОБЛАСТЬ

**Select objects:**

Выберите объекты:

В ответ на запрос *Выберите объекты* любым известным способом выбора объектов (прицелом, рамкой, секрамкой) указываются объекты. Завершается набор объектов нажатием правой кнопки мыши. После чего машина выдает сообщение о количестве созданных областей.

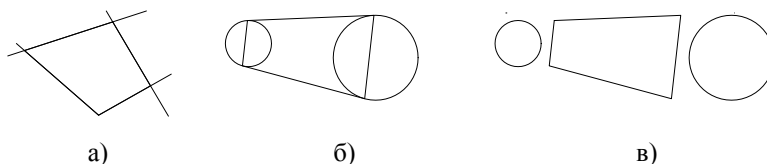


Рис. 4.1. Создание области

На рис.4.1а прямые, образующие замкнутый контур, пересекаются между собой. AutoCAD не может в этом случае создать область и выдает сообщение:

***1 closed, degenerate or unsupported object rejected.***

*Чтобы создать область необходимо обрезать их концы.*

На рис. 4.1б построены две окружности и две прямые касательные к ним (использована объектная привязка Касательная), затем прямые соединили между собой (объектная привязка Конечная точка) попарно. Преобразуем их в область, выбрав объекты секрамкой. В командной строке появляется сообщение:

***3 loops extracted***

***3 Regions created***

*3 области созданы*

На рис.4.1в показаны созданные области: два круга и трапеция (для наглядности они разнесены командой ПЕРЕНЕСИ (MOVE)).



Системная переменная **DELOBJ** управляет сохранением объектов, на основе которых создаются области. Значение по умолчанию равно 1 означает, что после создания области объекты не сохраняются; при значении DELOBJ=0 при создании области сохраняется оригинал объекта.

◆ Команда **КОНТУР (BOUNDARY)** удобна тем, что в случае необходимости создания области из пересекающихся или самопересе-

кающихся плоских контуров не надо разрывать их в местах пересечения, а достаточно указать точку внутри замкнутого контура, который надо использовать для создания области.

После вызова команды *КОНТУР (BOUNDARY)* (*падающее меню* → *Черчение* → *Контур*) появляется диалоговое окно. В верхней строке разворачивающегося списка *Тип объекта (Object type)* по умолчанию стоит слово *Полилиния (Poliline)*, которое надо заменить на *Область (Region)*. Затем нажать кнопку *Выбор точки (Pick Points)* – диалоговое окно исчезнет, и на экране указать точку внутри замкнутых контуров, которые надо преобразовать в область.

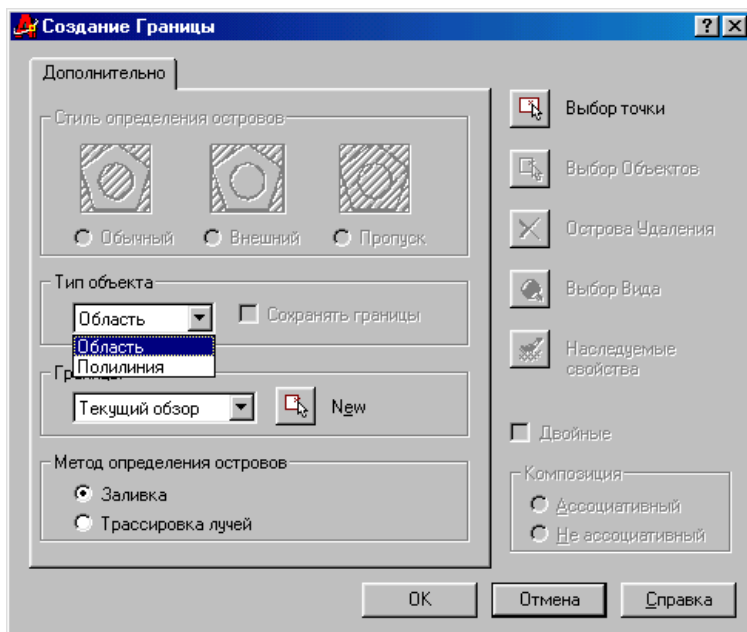


Рис. 4.2. Диалоговое окно *КОНТУР*

Используя команду *Контур*, можно создать Область из отрезков (рис. 4.1а) не производя их обрезку. Из объектов, приведенных на рис. 4.1б, команда *Контур* создаст пять областей (рис. 4.3). Для наглядности области разнесены друг относительно друга.

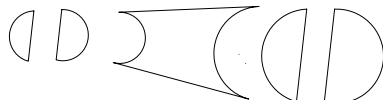


Рис. 4.3. Создание областей командой *КОНТУР*

#### 4. Построение твердотельных примитивов

Команда не удаляет первоначальные объекты, которые участвовали в их образовании. Команда ПЕРЕНЕСИ (MOVE) позволяет перенести созданную область в другое место.



#### Параллелепипед

Команда **ЯЩИК (BOX)** позволяет построить твердотельный параллелепипед.

**Command: BOX**

Команда: ЯЩИК

**Specify corner of box or [Center]<0,0,0>:**

Укажите угол ящика или [Центр]<0,0,0>:

Первый запрос предусматривает два варианта ответа:

- ♦ если ввести значение по умолчанию <0,0,0> или иное значение координаты двумерной точки (например, 0,170, см. рис. 4.4), то эта точка становится одной из вершин прямоугольного параллелепипеда в плоскости нижнего основания и появляется следующий запрос:

**Specify corner or [Cube/Length]:**

Укажите угол или [Куб/Длина ребер]:

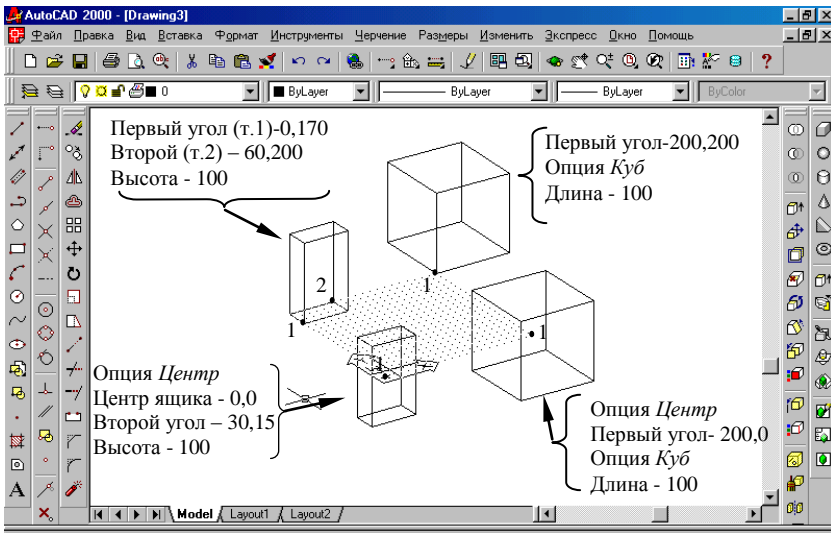


Рис. 4.4. Примеры построения параллелепипеда и куба

где по умолчанию необходимо задать вершину нижнего основания прямоугольного параллелепипеда (например, 60,200), расположенную по диагонали к первой указанной. При указании второй вершины курсором



на экране AutoCAD решит, что вы сначала хотите определить плоскость нижнего основания параллелепипеда, и предложит ввести значение высоты (например, 100):

**Specify height:** 100 ↵

*Укажите высоту:*

При вводе с клавиатуры значений трех координат второй вершины (координата Z не равна значению координаты Z первой точки) AutoCAD определит высоту параллелепипеда как разность значений координаты Z первой и второй точек и не будет запрашивать высоту.

Если вы зададите вторую вершину, координаты X или Y которой будут равны нулю, AutoCAD не выполнит команду, сообщив, что ЯЩИК с нулевой длиной или шириной не может существовать.

♦ если в ответ на первый запрос команды выбрать опцию *Центр* (**CEnter**), то при выборе этого параметра задается не угол объекта, а координаты центра тяжести будущего прямоугольного параллелепипеда.

**Specify corner of box or [CEnter] <0,0,0>: ce**

*Укажите угол ящика или [Центр] <0,0,0>: u*

**Specify center of box <0,0,0>:**

*Укажите центр ящика <0,0,0>:*

Любым удобным способом введите координаты центра ящика (на рис. 4.4 они равны 0,0,0). Дальнейшие построения аналогичны предыдущим.

Для построения куба после ввода значения первого угла – выберите опцию *Куб* (**Cube**) и укажите длину его ребра (следующий запрос):

**Specify length:**

*Укажите длину:*

На рис. 4.4 построены два куба, один с использованием опции *Центр*.

При выборе опции *Длина ребер* (**Length**) последовательно появляются запросы на указание *длины* (**length**) (значение координаты X), *ширины* (**width**) (координата Y), *высоты* (**height**) (координата Z). Любым известным способом вводятся эти значения.

В параллелепипеде можно использовать объектные привязки как у обычных отрезков.



**Клин** (треугольная призма)

Команда *КЛИН* (**WEDGE**) позволяет строить твердотельную призму, представляющую собой половину параллелепипеда (BOX), разделенного диагональной плоскостью; поэтому форматы команд очень похожи.

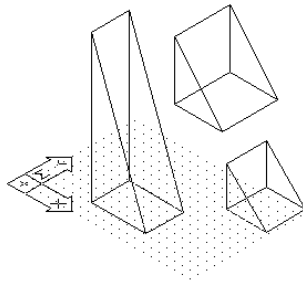


Рис.4.5. Построение клина

*Command: WEDGE*

*Команда: КЛИН*

***Specify first corner of wedge or [Center]<0,0,0>:***

*Укажите первый угол клина или [Центр]<0,0,0>:*

***Specify corner or [Cube/Length]:***

*Укажите угол или [Куб/Длина]:*

Ответы на данные запросы определяют плоскость основания клина.

***Specify height:***

*Укажите высоту:*

Ввод значения высоты клина любым доступным способом определит высоту грани перпендикулярной стороне основания и проходящей через вершину клина, указанную в первом запросе команды.



### Сфера

Команда *СФЕРА (SPHERE)* позволяет построить твердотельный объект в виде сферы:

***Command: SPHERE***

*Команда: СФЕРА*

*Current wire frame density: ISOLINES = 4*

*Текущая плотность изолиний: ISOLINES = 4*

***Specify center of sphere <0,0,0>:***

*Укажите центр сферы <0,0,0>:*

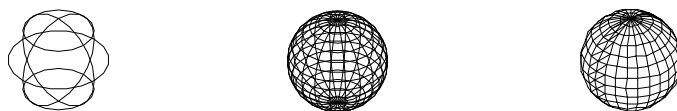
Любым доступным способом вводятся координаты центра и следует запрос:

***Specify radius of sphere or [Diameter]:***

*Укажите радиус сферы или [Диаметр]:*

Радиус или диаметр можно ввести числом с клавиатуры или указанием точки на экране. Следует помнить, что при задании диаметра ука-

занием точки на экране, диаметр сферы будет в два раза меньше, чем расстояние от центра сферы до указанной точки.



а) б) в)

а) – каркасное представление сферы, ISOLINES = 4;

б) - каркасное представление сферы, ISOLINES = 20;

в) – сетевое представление сферы, выполненное командой СКРОЙ (HIDE)

Рис.4.6. Изометрическое изображение сферы



При построении тел с криволинейными поверхностями система AutoCAD рисует по умолчанию четыре образующих криволинейных участков поверхностей. Их количество определяется системной переменной **ISOLINES**, значение которой может колебаться от 0 до 2047. Рекомендуемое значение 16 – 24. В этом случае получается более точное представление о форме объекта. Для установки требуемого значения надо ввести имя переменной в командной строке: **ISOLINES** и нажать клавишу <Enter>. AutoCAD выдаст запрос:

*New value for ISOLINES <4>: 20*

*Новое значение ISOLINES <4>: 20*

Введите требуемое число и выполните регенерацию рисунка через падающее меню: *Вид (View) → Регенерировать (Regen)*. Новое значение будет распространяться на все поверхности данного файла.



Системная переменная **FACETRES** управляет гладкостью трехмерных криволинейных поверхностей (тел) при визуализации (раскрашивание, тонирование, скрытие невидимых линий). Диапазон допустимых значений 0,01 – 10. Максимальное значение соответствует наиболее гладкому представлению поверхности. Рекомендуемое значение – 5. Удобней задавать вводом имени переменной с клавиатуры аналогично **ISOLINES**.

Перед созданием тел, содержащих криволинейные участки, рекомендуется предварительно установить данные системные переменные.

##### Цилиндр

Цилиндр – одна из самых распространенных трехмерных фигур. Твердотельный цилиндр, причем только прямой, строится при помощи команды **ЦИЛИНДР (CYLINDER)**, позволяющей построить эллиптический или круговой цилиндр. Построение прямого кругового цилиндра определено как выбор по умолчанию. Поэтому сразу предлагается определить центр круга нижнего основания:

**Command: CYLINDER**

*Команда: ЦИЛИНДР*

*Current wire frame density: ISOLINES = 4*

*Текущая плотность изолиний: ISOLINES = 4*

Если системная переменная **ISOLINES** предварительно не была изменена, то по умолчанию ее значение равно четырем.

**Specify center point for base of cylinder or [Elliptical] <0,0,0>:**

*Укажите центральную точку основания цилиндра или [Эллиптический] <0,0,0>:*

Любым способом введите координаты центра окружности основания цилиндра. Он будет лежать в текущей ПСК или ей параллелен. Далее следует запрос:

**Specify radius for or base of cylinder or [Diameter]:**

*Укажите радиус цилиндра или [Диаметр]:*

В ответ указывается величина радиуса или диаметра в зависимости от выбранной опции. Далее следует указать высоту цилиндра:

**Specify height of cylinder or [Center of other end]:**

*Укажите высоту цилиндра или [Центр второго основания]:*

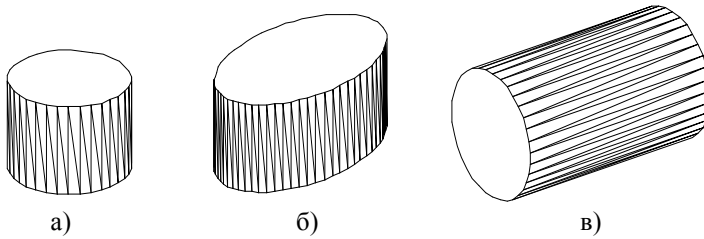
После чего прямой круговой цилиндр будет отрисован (рис. 4.7а). При выборе опции *Центр второго торца*, появляется запрос:

**Specify center of other end of cylinder:**

*Укажите центр другого основания цилиндра:*

Необходимо указать на экране точку. Расстояние от центра основания цилиндра до этой точки будет определять высоту цилиндра и положение его оси, проходящей через два указанных пользователем центра. В этом случае основание цилиндра не будет лежать в плоскости XY текущей системы координат (рис. 4.7в).

Если выбрать опцию *Эллиптический*, то для построения основания AutoCAD попросит определить оси эллипса. Высота цилиндра определяется аналогично высоте прямого кругового цилиндра (рис. 4.7б).



а) – прямой круговой цилиндр;  
 б) – прямой эллиптический цилиндр;  
 в) – круговой цилиндр с наклонной осью

Рис. 4.7. Цилиндры в изометрических видах

На рис. 4.7 цилиндры строились в плоскости XY. К ним применена команда СКРЫТЬ (HIDE). Системная переменная ISOLINES = 20, FACETRES = 5.

Для оснований цилиндра можно использовать все объектные привязки, которые применяются для обычного круга.



### Конус

Твердотельный конус, причем только прямой и полный, как и цилиндр, может быть эллиптическим или круговым.

*Command: CONE*

*Команда: КОНУС*

*Current wire frame density: ISOLINES = 4*

*Текущая плотность изолиний: ISOLINES = 4*

***Specify center point for base of cone or [Elliptical] <0,0,0>:***

*Укажите центральную точку основания конуса или [Эллиптический] <0,0,0>:*

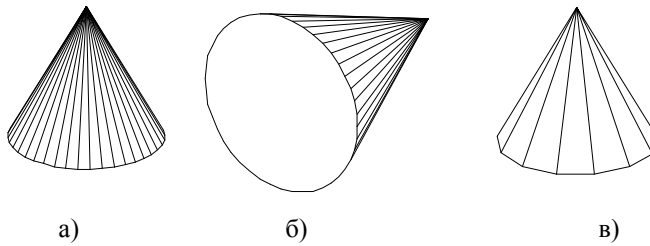
***Specify radius for or base of cone or [Diameter]:***

*Укажите радиус конуса или [Диаметр]:*

***Specify height of cone or [Apex]:***

*Укажите высоту конуса или [Вершину]:*

Запросы команды аналогичны запросам при построении прямого кругового цилиндра. В конце диалога нужно ввести высоту конуса (выбор по умолчанию), либо указать координаты его вершины (введя предварительно опцию *Вершина*). Тогда конус можно определить не только по высоте, но и ориентировать его в пространстве так, как того требуют проектные замыслы. Положение оси будет определяться точкой центра основания конуса и точкой, определяющей положение вершины конуса (рис. 4.8б) и плоскость основания не будет лежать в текущей системе координат.



а) – прямой круговой конус  
б) – наклонный круговой конус;  
в) – прямой круговой конус  
Рис. 4.8. Конусы в изометрических видах

На рис. 4.8а приведен пример прямого кругового конуса. Системная переменная  $ISOLINES = 20$ ,  $FACETRES = 5$ . На рис. 4.8в тот же самый конус, но  $FACETRES = 0,5$

Для конуса можно использовать все объектные привязки, которые применяются для обычного круга и объектную привязку конечная кочка для привязки к вершине конуса.



### Тор

Тор часто встречается в технических деталях. Геометрически тор образуется вращением круга вокруг оси, которая не проходит через центр круга.

*Command: TORUS*

*Команда: TOP*

*Current wire frame density: ISOLINES = 4*

*Текущая плотность изолиний: ISOLINES = 4*

**Specify center of torus <0,0,0>:**

*Укажите центр тора <0,0,0>:*

Любым доступным способом задается центр тора, затем следует запрос:

**Specify radius of torus or [Diameter]:**

*Укажите радиус тора или [Диаметр]:*

Под радиусом тора понимается расстояние от центра тора до центра окружности (трубы), образующей тело (рис. 4.8).

**Specify radius of tube or [Diameter]:**

*Укажите радиус трубы или [Диаметр]:*

В ответ на этот запрос необходимо задать радиус окружности (трубы), образующей тело (рис. 4.9). Тор строится параллельно плоскости XY текущей системы координат.

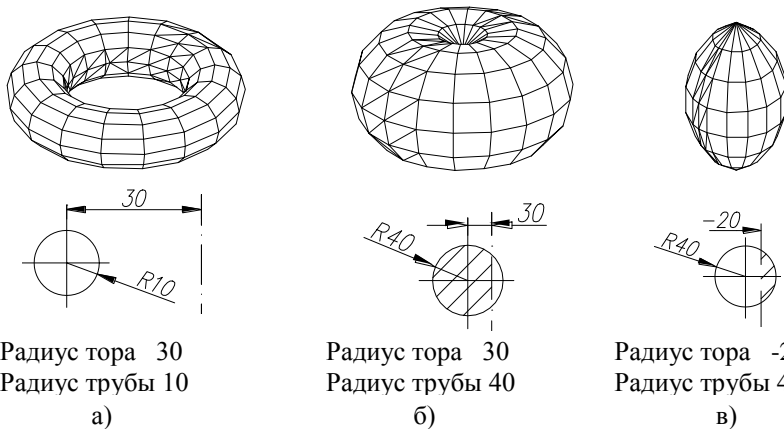


Рис. 4.9. Торы

Самопересекающийся тор – тор, не имеющий центрального отверстия (рис.4.9б), получается, если радиус трубы больше радиуса тора. Радиус тора может быть отрицательным (рис.4.9в), но тогда значение радиуса трубы должно быть положительным и его абсолютная величина превышать численное значение радиуса тора.

Для тора можно использовать только объектную привязку к его центру.



### Выдавливание

Команда **ВЫДАВИ** (**EXTRUDE**) позволяет создавать твердотельные объекты путем выдавливания двумерных примитивов на заданную высоту.

Выдавливанию могут подвергаться следующие двумерные (плоские) объекты: многоугольники, окружности, эллипсы, замкнутые полилинии, замкнутые сплайны, области, кольца, плоские грани. Они не должны самопересекаться. Производить выдавливание можно на заданную высоту (можно задавать угол скашивания граней) или вдоль плоской кривой (путь – траектория).

**Command:** **EXTRUDE**

Команда: *Выдавить*

**Current wire frame density:** **ISOLINES=4**

Текущая плотность изолиний: **ISOLINES=4**

**Select objects:**

#### 4. Построение твердотельных примитивов

*Выберите объекты:*

Команда строит твердое тело тремя способами:

◆ Для простого выдавливания после выбора объектов, предварительно преобразованных в область, задается высота выдавливания (любым известным способом):

***Specify height of extrusion or [Path]:***

*Укажите высоту выдавливания или траекторию:*

Далее следует запрос:

***Specify angle of taper for extrusion <0>:***

*Укажите угол уклона (скашивания) при выдавливании <0>:*

При вводе значения угла уклона равного нулю AutoCAD построит тело, боковая поверхность которого перпендикулярна плоскости основания (рис. 4.10а).

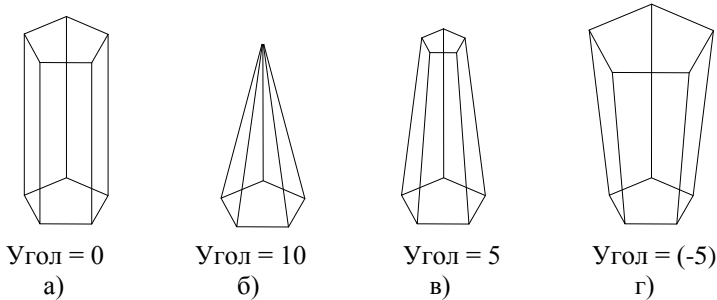


Рис. 4.10. Тела, построенные выдавливанием

◆ Если после ввода высоты на предложение:

***Specify angle of taper for extrusion <0>:***

ввести значение неравное нулю, то образуется объект с верхней плоскостью основания неравной нижней (рис.4.10б – 4.10г). Отсчет угла ведется внутрь замкнутого контура от вертикального направления вдоль оси Z текущей ПСК. Можно задавать отрицательное значение угла (рис.4.10г)

◆ Если после выбора объектов в ответ на запрос:

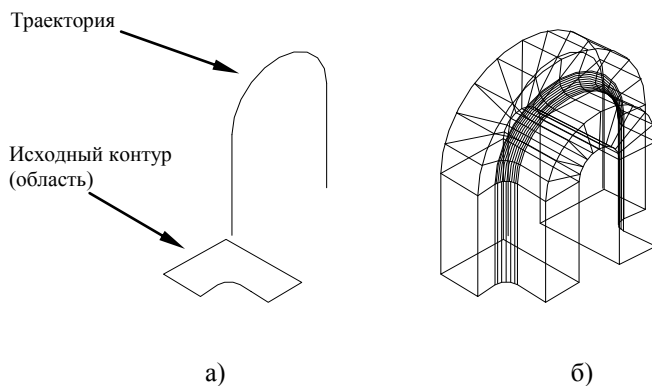
***Specify height of extrusion or [Path]:***

выбрать *Траекторию (Path)*, то твердое тело будет выдавливаться вдоль указанного пути. В качестве траектории может быть выбрана замкнутая или незамкнутая линия (отрезок, дуга окружности, полилиния). В зависимости от местоположения и характера направляющей линии можно с одним и тем же профилем строить различные объекты. Исходный объект (профиль) и направляющая (траектория), вдоль которой будет пере-



мещаться профиль должны лежать в разных плоскостях. Рассмотрим на примере построение твердого тела:

1. Построим исходный контур нужного профиля, преобразуем его в область. Построение производим в *МСК* (рис. 4.11а - исходный контур).



а) б)

а) – исходный профиль;  
б) – результат выдавливания

Рис. 4.11. Тело, полученное выдавливанием по траектории

2. Установим *фронтальную ПСК* (падающее меню → Инструменты → Ортографические → ПСК → Спереди) и установим точку зрения *юго-западная изометрия* (падающее меню → Вид → 3Dвид → Юго-западная изометрия → текущий).

3. Во фронтальной ПСК построим линию, по которой будет перемещаться исходный контур (рис. 4.11а – траектория).

4. Вызываем команду **EXTRUDE** и в качестве объекта выбираем исходный контур (рис. 4.11а), а в следующем запросе выбираем опцию **Path** и указываем курсором на траекторию (рис. 4.11а). В результате рисуется поверхность, приведенная на рис. 4.11б.



### Тела вращения

Команда **ВРАЩАТЬ (REVOLVE)** формирует твердотельные объекты путем вращения двумерных областей на заданный угол вокруг оси *X* или *Y* текущей ПСК.

Для построения твердого тела способом вращения необходимо выполнить следующие условия:

-построить исходный контур (замкнутая плоская фигура): круг, эллипс, замкнутая двумерная полилиния, замкнутая трехмерная полили-

#### 4. Построение твердотельных примитивов

ния, все точки которой лежат в одной плоскости, замкнутый сплайн, область;

-исходный контур не должен иметь петель и складок;

-в качестве оси вращения задать отрезок, полилинию, состоящие из одного прямолинейного сегмента; временные оси, задаваемые двумя точками. Ось вращения должна лежать в одной плоскости с профилем и не должна пересекать его. Формат команды:

**Command: REVOLVE**

*Команда: ВРАЩЕНИЕ*

**Current wire frame density: ISOLINES=4**

*Текущая плотность изолиний: ISOLINES=4*

**Select objects:**

*Выберите объекты:*

После выбора объектов, которые будем вращать (рис. 4.12а), появляется запрос на указание оси вращения:

**Specify start point for axis of or define axis by [Object/  
/X(axis)/Y(axis)]:**

*Укажите начальную точку оси вращения или определите ось вращения по [Объекту/ X (оси)/Y (оси)]:*

По умолчанию указываются две точки, лежащие на оси вращения (обязательно используйте объектную привязку). Если в качестве оси выбирается объект, то с клавиатуры вводится символ *O*. Вращение можно производить и вокруг осей координат. Для этого надо указать наименование оси *X* или *Y*. Далее следует запрос:

**Specify angle of revolution <360°>:**

*Укажите угол вращения <360°>:*

На рис. 4.12 построена модель детали с углом вращения  $270^{\circ}$ . К ней применена команда СКРЫТЬ (HIDE).

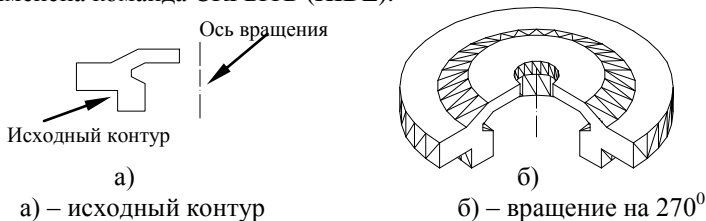


Рис. 4.12. Тело, полученное вращением

Если на оси вращения взять первую точку в верхней части оси, то поверхность будет строиться против часовой стрелки. Это важно знать, когда строят поверхность с углом вращения меньше  $360^{\circ}$ .

## 5. РЕДАКТИРОВАНИЕ ТВЕРДЫХ ТЕЛ

Команды редактирования в двумерном пространстве, такие, как *ПЕРЕНЕСТИ (MOVE)*, *КОПИРОВАТЬ (COPY)* [1], могут использоваться и в трехмерном пространстве. Кроме того, существуют команды, которые используются только в трехмерном пространстве, для всех типов трехмерных объектов (каркасных, сетевых, твердотельных): *ЗДПОВЕРНУТЬ (ZDROTATE)*, *ЗДЗЕРКАЛО (ZDMIRROR)*, *ЗДМАССИВ (ZDARRAY)* и отдельно для твердотельных [2, 3, 4].


В данном разделе рассмотрены команды, предназначенные только для твердотельных объектов. Многие из них появились только в AutoCAD 2000. Вызвать команды редактирования для твердых тел можно:

- ◆ *падающее меню* → *Изменить (Modify)* → *Редактирование твердых тел (Solid Editing)*;
- ◆ *на плавающей панели инструментов Редактирование твердых тел (Solid Editing)*.

### 5.1. Логические операции

В предыдущем разделе рассмотрены примитивы, на основе которых можно создавать более сложные объекты. AutoCAD предоставляет возможности для конструирования будущих изделий путем их комбинирования. Можно получать новые тела объектов путем их объединения, вычитания одного из другого, пересечения.

#### **Объединение**

 Команда *ОБЪЕДИНИ (UNION)* позволяет объединять несколько твердотельных объектов, в том числе и область, в один. Если объекты не пересекаются, они все равно объединяются и в дальнейшем определяются как один объект. Формат команды:

**Command: UNION**

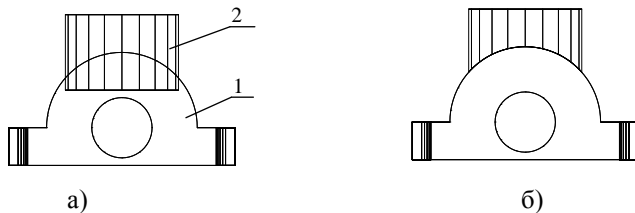
*Команда: ОБЪЕДИНИ*

**Select objects:**

*Выберите объекты:*

**Select objects:**

Формат команды прост: на запрос команды о выборе объектов, надо указать все объекты, которые хотите объединить и завершить выбор объектов нажатием клавиши *Enter* или правой кнопкой мыши.



а) – два объекта до объединения;  
 б) – объект после объединения (один)

Рис. 5.1. Объединение тел



**Вычитание**

Вычитание используется для создания отверстий, полостей в твердотельных объектах или для отрезания части объекта и выполняется командой **ВЫЧИТАНИЕ (SUBTRACT)**.

**Command: SUBTRACT**

**Select solids and regions to subtract from...**

*Выберите тела и области для вычитания:*

**Select objects:**

*Выберите объекты:*

**Select objects:**

В ответ на первый запрос необходимо указать объект (тело, область), из которого будет производиться вычитание. Объектов может быть несколько. По окончании выбора объектов, вводим пустой ответ, что означает завершение выбора объектов, из которых будет производиться вычитание. После этого указываем объекты (области, твердотельные примитивы), которые будем вычитать:

**Select solids and regions to subtract...**

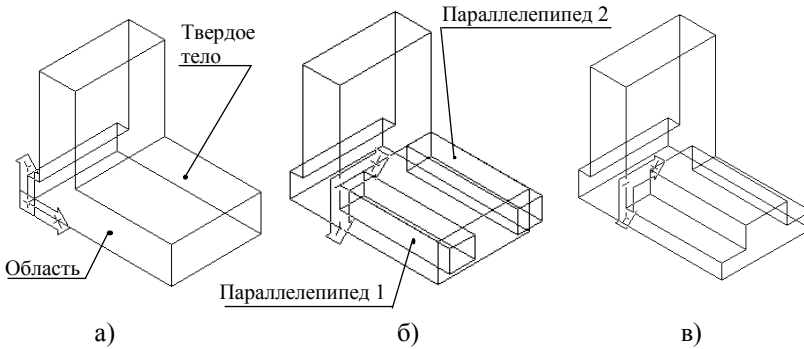
*Выберите вычитаемые тела и области...*

**Select objects:**

*Выберите объекты:*

Рассмотрим построения на примере. Твердое тело (рис.5.2а) построено выдавливанием области. Создадим новую ПСК, изменив ориентацию осей (опция ПСК *3 точки* – обязательно используйте объектные привязки)) – рис.5.2б.

Во вновь созданной системе координат построим прямоугольник, первый угол поместим в точку 0,0, второй – зададим произвольно (значения X и Y положительные) и выдавим параллелепипед на высоту чуть больше длины детали со знаком минус, так как ось Z направлена от наблюдателя (см. пиктограмму ПСК на рис.5.2б).



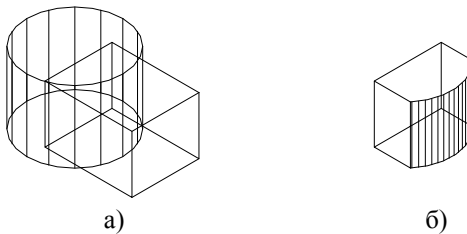
- а) - базовое тело;  
 б) – построение вычитаемых тел (параллелепипеды);  
 в) – результат действия команды

Рис. 5.2. Вычитание тел

Теперь используя команду *ЗЕРКАЛО*, построим второй параллелепипед (рис.5.2б). После чего применим команду *ВЫЧИТАНИЕ*. В качестве тела для вычитания возьмем базовый объект, а в качестве объектов вычитания – параллелепипеды. По окончании выбора вычитаемых тел система произведет необходимые действия, результат которых представлен на рис.5.2в.

### Пересечение

Команда *ПЕРЕСЕЧЕНИЕ (INTERSECT)* позволяет создать из нескольких пересекающихся объектов один, который является их общей частью.



- а) - пересекаемые объекты;  
 б) - результат

Рис.5.3. Пересечение тел

Формат команды прост: необходимо выбрать все объекты, которые подвергаются этой операции.

Если объекты не пересекаются, то AutoCAD не может создать новый объект, поэтому он удаляет все тела с пояснением в командной строке:

***Null solid created – deleted***

*Создаваемого тела нет – удаление*

И все ранее указанные пользователем объекты будут удалены.

## 5.2. Разрезы и сечения

С появлением твердотельных объектов в AutoCAD появилась возможность создавать сечения и разрезы в пространстве модели, как результат пересечения произвольно заданной плоскости с твердотельным объектом [2].



### **Сечение**

Создать сечение позволяет команда *СЕЧЕНИЕ (SECTION)*, которую удобно вызывать из:

- ◆ *падающего меню* → *Черчение (Draw)* → *Твердые тела (Solids)* → *Сечение (Section)*;
- ◆ *плавающей панели инструментов Твердые тела (Solids)* → *Сечение (Section)*.

Сечение представляет собой область (region). Исходное тело при этом не изменяется.

***Command: SECTION***

***Select objects:***

*Выберите объекты:*

***Select objects:***

***Specify first point on Section plane by [Object/Z axis/View/XY/YZ/ZX/3 point]< 3 point>:***

*Укажите первую точку на секущей плоскости по [Объекту/Z оси/По виду/по плоскости XY/ по плоскости YZ/ по плоскости ZX/по 3 точкам]<3 точки>:*

Как видно из формата команды вначале надо выбрать объект, а затем одним из предложенных способов задать секущую плоскость:

- *по 3 точкам (3 point)* – опция используется по умолчанию. Позволяет задать плоскость сечения, проходящую через 3 точки, заданные пользователем.

На рис.5.4 показаны три точки, определяющие положение секущей плоскости. Первая точка задана с использованием объектной привязки конечная точка, вторая – объектной привязкой квадрант к цилиндрическому отверстию, третья – той же объектной привязкой к верхней плоскости тела. После ввода последней точки на теле отрисовывается контур сечения.

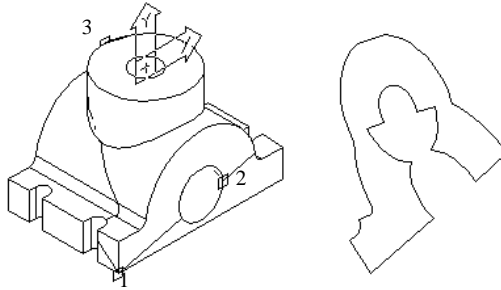


Рис.5.4. Построение сечения опцией 3 точки

В понятии AutoCAD это твердотельный объект – область. Сечение можно перенести в пространстве в любое место командой ПЕРЕНЕСИ. Исходный объект при этом остается неизменным.

- *Объект (Object)* – позволяет построить сечение объекта плоскостью, в которой лежит заведомо плоский объект, принадлежащий твердотельному объекту:

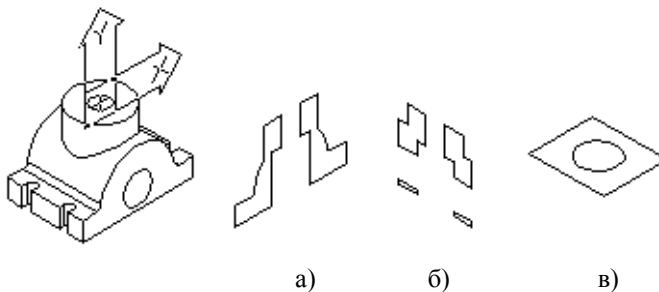
**Select a circle, ellipse, arc, 2D-spline, or 2D-polyline:**

*Выберите окружность, эллипс, дугу, двумерный сплайн или двумерную полилинию:*

- *Z ось (Zaxis)* – позволяет построить сечение плоскостью, проходящую перпендикулярно указываемому пользователем направлению;

- *View (View)* - строит сечение объекта плоскостью, перпендикулярной направлению просмотра:

- *XY* – строит сечение объекта плоскостью, параллельной плоскости XY текущей системы координат (рис.5.5а).



б) - сечение плоскостью YZ с точкой 0,0,0;;

в) - сечение плоскостью XZ с точкой 0,-20,0;

Рис.5.5. Построение сечений плоскостями

Положение секущей плоскости определяется принадлежащей ей точкой в запросе:

***Specify a point on the XY-plane <0,0,0>:***  
*Укажите точку в плоскости XY<0,0,0>:*

Если секущая плоскость параллельна выбранной (XY), то надо изменить значение координаты отсутствующей оси (в данном случае Z);

-YZ, ZX - строит сечение объекта плоскостью, параллельной плоскости YZ, ZX (соответственно) текущей системы координат. Положение секущей плоскости определяется аналогично предыдущей опции.



### Разрез

Команда **РАЗРЕЗ (SLICE)** разрезает твердотельный объект на две самостоятельные части, одну из которых можно указать для удаления в ходе выполнения команды. В отличие от разрезов, применяемых в конструкторских чертежах, которые проводятся условно, AutoCAD реально разрезает твердотельный объект. Так можно получить две стыкуемые половинки изделий, например, две части формы для литья.

Команда вызывается:

- ◆ падающее меню → Черчение (Draw) → Твердые тела (Solids) → Разрез (Slice);
- ◆ плавающая панель инструментов Твердые тела (Solids) → Разрез (Slice)

Формат команды задания секущей плоскости аналогичен рассмотренной в команде СЕЧЕНИЕ. После задания секущей плоскости для выполнения разреза следует запрос:

***Specify a point on desired side of the plane or [keep Both sides]:***  
*Укажите точку на требуемой стороне плоскости или [сохранить обе стороны]:*

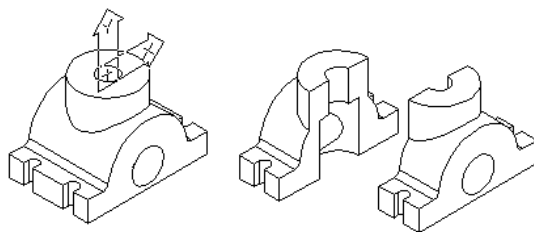


Рис.5.6. Построения командой разрез

После которого следует указать точку, принадлежащую части тела, которая должна быть сохранена (вторая часть будет удалена). Если вместо указания оставляемой части тела с клавиатуры задать символ *B* (оп-



ция *keep Both sides*), будут сохранены обе части тела, но каждая из них будет являться самостоятельным объектом.

На рис. 5.6 показаны две части тела (самостоятельные объекты), полученные рассечением плоскостью XY.



### Взаимодействие

Команда **ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ (INTERFERE)** позволяет построить твердое тело путем пересечения существующих [3]. Тела, из которых создается новое тело, остаются неизменными. Есть несколько возможностей построения тел.

1. Построение пересечения одного набора тел. После запроса:

**Select first set of solids:**

*Укажите первый набор твердых тел:*

Надо указать два и более тел, пересечение которых надо построить. После отказа от дальнейшего выбора следует запрос:

**Select second set of solids:**

*Укажите второй набор твердых тел:*

Откажитесь от выбора.

Появляются следующие сообщения (для случая пересечения двух тел):

**No solids selected:**

*Нет выбранных твердых тел:*

**Comparing 2 solids with each other:**

*Сравниваются два твердых тела друг с другом:*

**Interfering solids:**

*Пересекаемых тел: 2*

**Interfering pairs:**

*Пересекающихся пар: 1*

Далее следует запрос:

**Create interference solids>[Yes/No]<N>:**

*Создать тело [Да/Нет] <нет>:*

На который следует ответить ДА (Y). В результате искомое тело построено, а исходные тела остались неизменными.

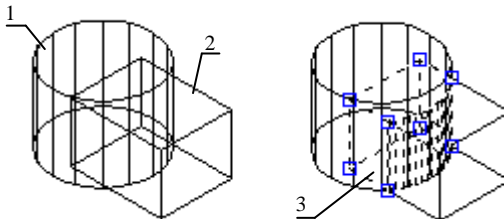


Рис.5.7. Создание тела командой взаимодействие

На рис.5.7 в результате вышеприведенного диалога получено новое тело 3 (на рисунке выделено пунктиром). Старые объекты остались неизменными. Путем переноса любое из тел можно поместить в любую точку пространства. Сравните этот рисунок с рис.5.3.

### 5.3. Выполнение конструктивных элементов



#### Скругление кромок

В машиностроительных деталях часто требуется выполнить скругление кромок. Это можно выполнить с помощью команды *СОПРЯГИ* (*FILLET*), известной из двумерной графики, которая сама определяет твердотельный объект.

**Command: FILLET**

*Команда: СОПРЯГИ*

**Current setting: mode = TRIM, Radius = 10**

**Select first object or [Polyline/Radius/Trim]:**

После запроса необходимо указать одно из ребер (рис.5.8а) и на запрос:

**Enter radius <10.00>:**

*Введите радиус <10.00>:*

указать численное значение радиуса скругления. Затем на запрос:

**Select an edge or [Chin/Radius]:**

*Выберите ребро или [Цепочка/Радиус]:*

указать необходимые ребра. Опция *Цепочка* позволяет выбрать все ребра, продолжающие выбранное.

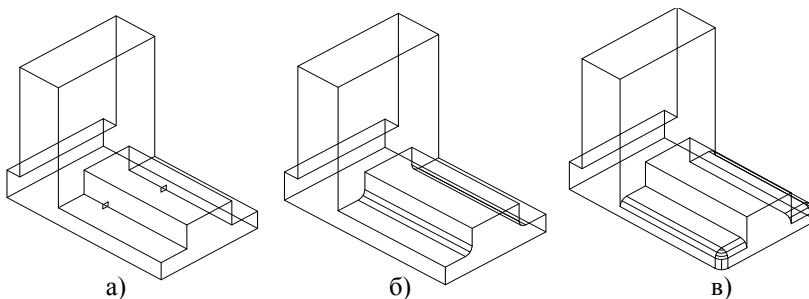


Рис. 5.8. Выполнение сопряжений

Если сначала выбраны горизонтальные ребра, а затем вертикальные, AutoCAD не всегда может решить такую задачу и выдает сообщение об ошибке. В этом случае вначале надо скруглить вертикальные кромки, а затем горизонтальные (рис.5.8в).



## Фаска

Фаска часто используемый элемент в машиностроительных деталях. Для снятия фаски используется команда *ФАСКА (CHAMFER)*, знакомая по двумерной графике.

**Command: CHAMFER**

*(Trim mode) Current chamfer dist 1 = 10, dist 2 = 10*

Далее следует запрос на выбор первого объекта:

*Select first line or [Polyline/Distance/Angle/Trim/Method]:*

После чего следует указать ребро, на котором Вы хотите снять фаску. Далее следует сообщение:

**Base surface selection...**

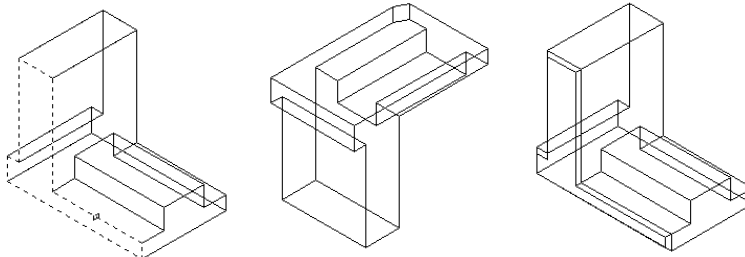
*Выбор базовой поверхности...*

При этом автоматически выделяется одна из поверхностей (граней), прилегающая к данному ребру и следует запрос:

**Enter surface selection [Next/OK (current)] <OK>:**

*Укажите поверхность выбора или [Следующий/Принять (текущий)] <текущий>:*

Если выделилась не та грань (к каждому ребру прилегает две грани), можно выбрать нужную грань опцией *Следующий (Next)*. После выбора нужной поверхности (грань) выбираем опцию по умолчанию *OK*. Выбранная поверхность (грань) будет базовой (рис.5.9).



а)

б)

в)

а) – выбор базовой поверхности (выделена);

б) – фаска снята на переднем ребре;

в) – снятие фаски опцией *Петля (Loop)*

Рис. 5.9. Снятие фасок

После завершения выбора поверхности AutoCAD предлагает задать величины катетов сначала относительно базовой поверхности, затем – смежной:

**Specify base surface chamfer distance <10.0000>:**

*Укажите первый размер фаски <10.0000>:*

***Specify other surface chamfer distance<10.0000>:***

*Укажите второй размер фаски <10.0000>:*

в ответ, на которые с клавиатуры вводятся требуемые значения и на следующий запрос:

***Select an edge or [Loop]:***

*Выберите ребро или [Петля]:*

необходимо указать нужное ребро (выбрано переднее ребро - рис.5.9.). Запрос повторяется, можно указать и другие ребра, принадлежащие этой грани, если это необходимо. По окончании выбора ребер в ответ на повторяющийся запрос нажать клавишу *Enter* или правую кнопку мыши и в появившемся контекстном меню выбрать опцию *Ввод (Enter)*.

Если необходимо снять фаски на всех ребрах, ограничивающих грань, на запрос выбора ребер удобнее воспользоваться опцией *Loop (Петля)*. Появляется запрос:

***Select an edge loop or [Edge]:***

*Укажите сторону на петле или [Ребро]:*

в ответ, на который необходимо указать одну из сторон грани. Запрос повторяется и надо нажать клавишу *Enter* или правую кнопку мыши. Команда будет выполнена (рис.5.9в).

### 5.4. Редактирование граней и ребер

В AutoCAD 2000 появилась новая команда – *ПРАВКА ТВЕРДЫХ ТЕЛ (SOLIDEDIT)*, которая позволяет выполнять некоторые операции редактирования над телами, гранями и ребрами тел, такие, как поворот грани, перенос грани, изменение цвета ребер и другие.

При вызове команды набором с клавиатуры появляется запрос:

***Command: SOLIDEDIT***

***Solids editing automatic checking: SOLIDCHECK = 1***

*Автоматический контроль редактирования твердого тела включен*

***Enter a solids editing option [Face/Edge/Body/Undo/eXit] <eXit>:***

*Укажите параметр твердого тела [Грань/Ребро/ Тело / Отменить/Выход]<выход>:*

- опция *Грань (Face)* позволяет производить некоторые операции над гранями твердотельного объекта;
- опция *Ребро (Edge)* позволяет выполнить ряд операций над ребрами твердого тела;
- опция *Тело (Body)* – редактирует тело целиком.

Удобней команду вызывать через:

- ◆ падающее меню → *Изменить (Modify)* → *Правка твердых тел (Solidedit)*;
- ◆ плавающую панель инструментов *Редактирование твердых тел (Solids Editing)*.

### 5.4.1. Редактирование граней



#### Выдавливание

Опция *Выдави (Extrude)* позволяет выполнять выдавливание выделенных граней не только внешних участков, но и относящихся к внутренним полостям или отверстиям. Если опция команды выбрана из падающего меню или соответствующей кнопкой, AutoCAD сразу предлагает выбрать грань, над которой будет производиться операция.

Для этого достаточно поместить квадратный прицел внутри грани, если она расположена на видимой части предмета (рис.5.5а). Когда грань невидима, то прицел помещают на ребро, но так как ребро принадлежит двум граням, то две грани и будут выбраны, о чем система сообщит:

**Select faces or [Undo/Remove]: 2 faces found**

*Выберите грань или [Отменить/Удалить]: 2 грани выбраны*

Если необходимо работать с одной гранью, другую надо удалить из набора. Для этого возьмите опцию **Remove (R)** и укажите ребро, принадлежащее только удаляемой грани - она будет удалена из набора. Вновь последует запрос:

**Select faces or [Undo/Remove/ALL]:**

*Выберите грань или [Отменить/Удалить/Все]:*

По умолчанию предлагается продолжать выбирать грани или закончить выбор нажатием правой кнопки мыши. Опция *Отменить (Undo)* отменяет выбор последней выбранной грани. Опция **Remove** позволяет отменить выбор любой указанной грани. Опция *Все (ALL)* выбирает все грани данного тела. Далее следует запрос:

**Specify height of extrusion or [Path]:**

*Укажите длину выдавливания или [Путь]:*

можно по умолчанию указать длину выдавливания числом или расстоянием между двумя точками, а при выборе опции *Путь (Path)* – указать траекторию перемещения. В случае выбора траектории следует запрос:

**Select extrusion path:**

*Укажите путь выдавливания:*

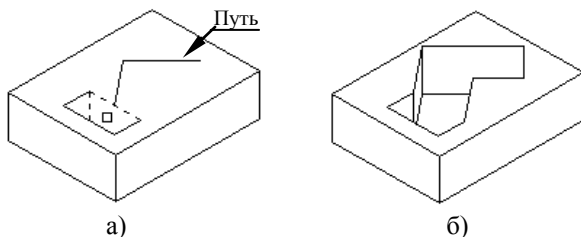


Рис. 5.10. Изменение формы призматического отверстия

На рис. 5.10а пунктиром показана выбранная грань. После ее указания выбираем опцию *Путь* и прицелом указываем на ломаную. Результат представлен на рис. 5.10б.

Интересно, что в случае выбора этого параметра плоская грань в конечной точке линии выдавливания перпендикулярна к ней. В качестве траектории перемещения могут применяться отрезки, двумерные полилинии и сплайны, дуги окружностей и эллипсов, не лежащие в плоскости, параллельной вытягиваемой грани. Выдавливание неплоских граней невозможно.

Выдавливание с положительным размером перемещения перемещает грань наружу тела, с отрицательным – во внутрь.

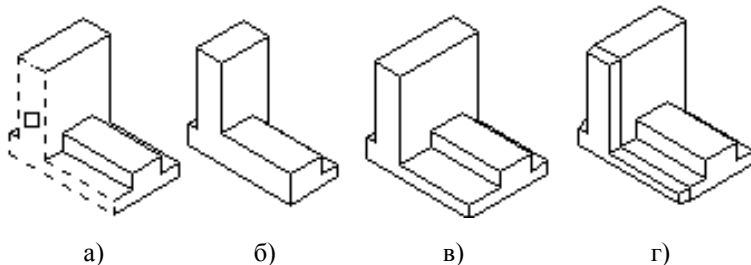


Рис. 5.11. Выдавливание грани

На рис. 5.11а показана выбранная грань и на запрос высоты выдавливания введено отрицательное число. Результат - на рис. 5.11б. На рис. 5.11в величина выдавливания – положительное число. В обоих случаях угол наклона достраиваемых граней равен нулю. На рис. 5.11г введено положительное значение величины выдавливания и угла уклона.



**Перенеси**

Опция *Перенеси (Move)* производит перенос грани на заданную величину в заданном направлении. Могут переноситься плоские грани, пазы, выступы. После вызова опции, появляется запрос на выбор грани

**Select faces or [Undo/Remove]:**

Выберите грань или [Отменить/Удалить]:

**Select faces or [Undo/Remove/ALL]:**

После ввода пустого ответа появляется запрос:

**Specify a base point or displacement:**

Укажите базовую точку перемещения:

**Specify a second point of displacement:**

Укажите вторую точку перемещения:

Любым известным способом указываются точки. При этом AutoCAD может не выполнить преобразование, если нарушается топология объекта появляется сообщение:

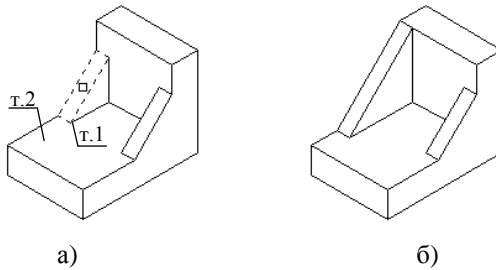
**Solid validation completed**

Рис. 5.12. Изменение размера грани

На рис. 5.12а выбрана грань (показана пунктиром) и на следующий запрос базовой точки указана точка 1, а в качестве второй точки – т.2. Результат представлен на рис. 5.12б.

**Подобие**

Опция *Подобие (Offset)* переносит выбранные грани на заданное расстояние, причем только в направлении, перпендикулярном плоскости грани. Грань может в зависимости от взаимного положения элементов изменять свои очертания (рис.5.13).

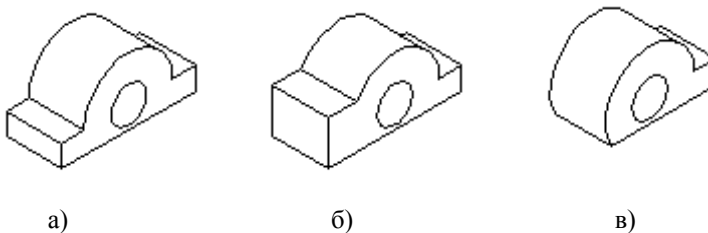


Рис.5.13. Применение опции Подобие

Знак перед величиной обозначает направление переноса грани: плюс – от основного объема (добавление объема), минус – внутрь объема (уменьшение объема). Это относится и к отверстиям в детали.

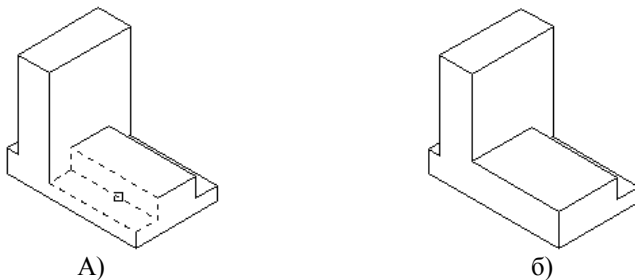
На рис. 5.13а показана выбранная грань, на рис. 5.13б – грань перенесена со знаком плюс. На рис.5.13в задано тоже значение переноса, но со знаком минус.

Формат данной опции не приведен, так как похож на предыдущие, и на аналогичную команду (ПОДОБИЕ) двумерной графики.



### Удаление

Для удаления граней используется опция *Удалить (Delete)*. При работе этой опции круг решаемых задач ограничен. В простых случаях срабатывает быстро.



а) – выбор двух граней выполнен указанием общего ребра;  
б) – результат

Рис.5.14. Применение опции Удалить



### Поворот

В некоторых случаях необходимо повернуть одни элементы детали относительно других. Опция *Поверни (Rotate)* позволяет это выполнить. Поворачиваемая грань может быть плоской или произвольного вида (цилиндрической, конической) и указывается при появлении запроса:

**Select faces or [Undo/Remove]:**

*Выберите грани или [Отменить/удалить]:*

**Select faces or [Undo/Remove/ALL]:**

Граней может быть несколько. По завершении выбора на запрос:

**Specify an axis point or [Axis by object/View/Xaxis/Yaxis/Zaxis] <2points>:**

*Укажите точку на оси вращения [Ось по объекту/Вид/Хось/Уось/Зось] <2 точки.>*

По умолчанию используется опция 2 точки. При выборе опции *Ось по объекту* указывается плоская кривая, ось которой становится осью



вращения грани. Опция *Вид* позволяет повернуть грань вокруг оси, параллельной направлению вида на объект. Опции *Хось*, *Уось*, *Zось* позволяют вращать грань вокруг осей, параллельных текущим осям координат X,Y,Z. После выбора оси вращения следует запрос:

***Specify a rotation angle or [Reference]:***

*Укажите угол вращения или [Ссылка]:*

В ответ на который указывается величина угла поворота. Может быть как положительной так и отрицательной.

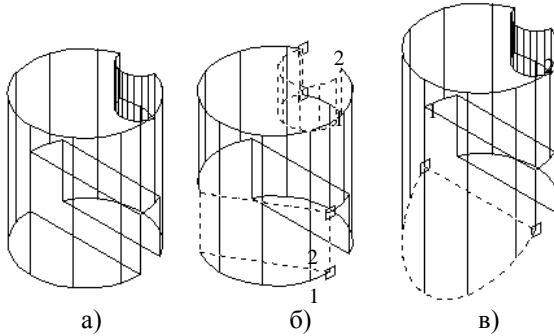
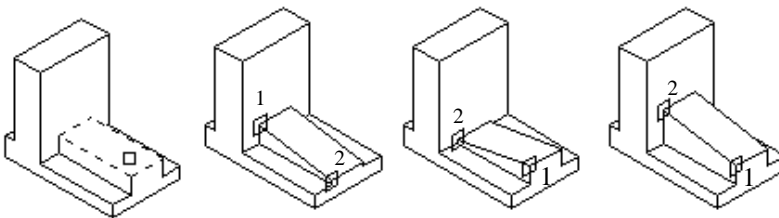


Рис. 5.15 Применение опции Поверни

На рис.5.15а показан исходный объект, на рис.5.15б, рис.5.15в выделены грани и цилиндрическая поверхность, которые получены в результате поворота вокруг обозначенных прямых (1-2) на угол  $30^{\circ}$  и  $45^{\circ}$  соответственно.

#### Скос

Изменить наклон грани можно используя опцию *Скос* (*Taper*). Скашивать можно плоские грани, цилиндрические, конические поверхности. Формат команды похож на предыдущие.



- а) – выбор грани;  
 в) – угол наклона  $+10^{\circ}$ ;  
 б) – угол наклона  $+10^{\circ}$ ;  
 г) – угол наклона  $-10^{\circ}$

Рис.5.16. Применение опции Скос

На рис.5.16б - 5.16г цифрами показаны точки, при этом первая точка обозначает вершину угла (ось наклона), а вторая определяет одну из сторон угла. Угол наклона выбирают от  $-90^0$  до  $+90^0$ .



### Копирование

Опция *Копировать (Copy)* не редактирует твердотельный объект, а создает копию грани и она существует как самостоятельный плоский объект. На основе плоских граней формируется твердотельный объект типа области, а на основе поверхности – оболочка. Опция работает аналогично команде *КОПИРУЙ (COPY)*.



Команда позволяет изменить цвет грани опцией *Цвет (Color)*.

### 5.3.2. Редактирование ребер

Ранее рассмотрели, что можно сделать командой *SOLIDEDIT*, редактируя грань объекта. Если вернуться к этой команде и на первый запрос выбрать опцию *Ребро (Edge)*, то появляется возможность получить копии ребер и изменить их цвет.



Опция *Копируй*, как и при редактирование граней, создает новые линейные объекты на основе копирования.



Опция *Цвет* дает возможность изменить цвет ребра.

### 5.3.3. Редактирование поверхности тела

Обратившись к команде *SOLIDEDIT* и выбрав опцию *Тело (Body)*, получим доступ к новым опциям, позволяющим редактировать поверхность твердотельного объекта:

*Enter a body editing option*

*[Imprint/seParate solids/Shell/clean/check/Undo/eXit]<eXit>*:



### Отпечаток

Опция *Imprint* позволяет оставлять на поверхности тела отпечаток другого объекта. В качестве таких объектов могут использоваться дуги, круги, отрезки, полилинии, эллипсы, сплайны, области, оболочки и твердотельные объекты. Объекты, отпечаток которых надо получить на теле, должны полностью или частично располагаться на поверхности тела или пересекаться, если в качестве таковых используются другие тела. Линии-отпечатки, пересекаясь с ребрами, образуют новые грани, которые могут использоваться при редактировании.

Перед запуском данной команды необходимо на поверхности твердого тела разместить объекты, на основе которого будет создан отпечаток (рис.5.17а).

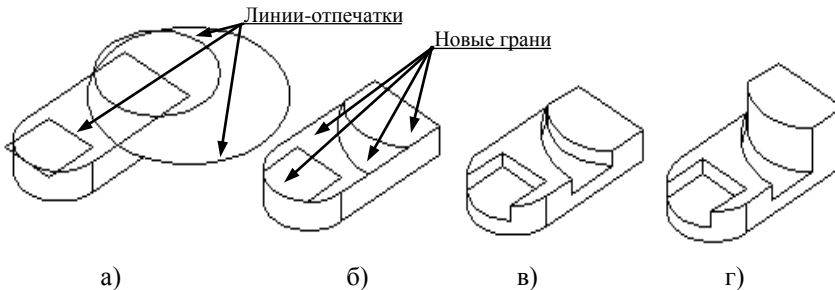


Рис.5.17. Построение нового тела на основе «отпечатков»

После вызова опции **Imprint** AutoCAD предложит выбрать твердотельный объект и затем по одному будет предлагать выбирать объекты, которые используются для отпечатка, каждый раз, запрашивая о необходимости его удаления:

**Select a 3Dsolid:**

**Select an object to imprint:**

**Delete the source object <N>: Y**

В ответ на запрос об удалении объекта надо ввести Y. На рисунке две окружности и прямоугольник использованы для создания отпечатков (рис.5.11б - отпечатки получены). Используя опцию **Выдави (Extrude)** вначале надо выдавить вновь созданные грани на заданную высоту, а затем, в случае необходимости выдавить и другие грани (рис.5.11в-г).

Отпечатанные линии позволяют окрашивать разные участки опцией **Цвет** при редактировании граней.



#### Удаление ненужных элементов

Опция **Очистить (Clean)** позволяет удалить лишние ребра и вершины, принадлежащие одной грани, и получившиеся в результате, например, логических (вычитание, объединение, пересечение) операций, а также неиспользованные элементы после работы с опцией **Imprint**.



#### Отделение независимых частей

Иногда при конструировании твердотельного объекта образуются геометрически независимые части, которые являются при выборе одним объектом. Для их разделения служит опция **Separate Solids**.



### Оболочка

При помощи опции *Оболочка (Shell)* можно создавать объекты с заданной постоянной толщиной стенок. Подобные объекты часто изготавливаются при использовании холодной штамповки и литье. Формат опции выглядит следующим образом:

**Select a 3D solid:**

*Выберите твердое тело:*

**Remove faces or [Undo/Add/ALL]:**

*Удалите грань участвующую в построении:*

**Enter the shell offset distance:**

*Укажите толщину стенок:*

При работе данной опции надо сразу указать объект, после чего включается опция **Remove** для выбора граней, не участвующих в построении стенок. В примере на рис.5.18 исключена из выбора нижняя плоскость основания детали.

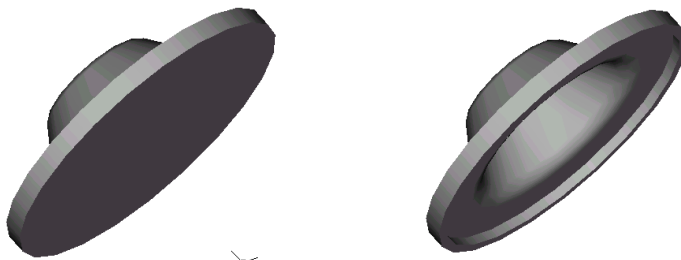


Рис.5.18. Применение опции Оболочка

## 6. ПРОСТРАНСТВО ЛИСТА

В предыдущих разделах рассматривались разнообразные средства создания, просмотра и редактирования твердотельных моделей. Все они выполнялись в пространстве, которое называется *пространством модели*. В AutoCAD есть еще одно пространство - *пространство листа*, которое позволяет создавать проекции трехмерных объектов на плоскость чертежа с выводом на печать [3].

### 6.1. Настройка листа

При создании нового рисунка в нижней части графического экрана рисунка появляются имена двух вкладок для пространства листа **Layout1** (*Лист1*) – и **Layout1** (*Лист2*) (рис. 1.1). По умолчанию установлены два листа, но их может быть сколько угодно. Каждый лист соответствует одному листу чертежа. Если в первый раз щелкнуть левой кнопкой мыши по вкладке **Layout1**, система начинает установку начальных параметров этой вкладки графического экрана и открывает диалоговое окно параметров листа (рис. 6.1), где надо выполнить ряд настроечных операций.

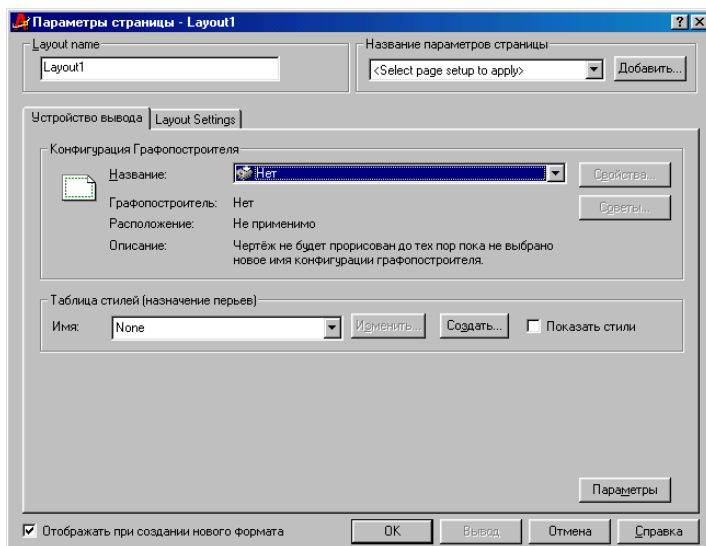


Рис. 6.1. Диалоговое окно настройки страницы листа

При появлении диалогового окна AutoCAD предлагает присвоить имя странице макета **Layout name**, после чего это имя появится на вкладке вместо Layout1 (см. рис.6.2), а в разделе *Название параметров страницы (Page Setup name)* присвоить имя настройкам (кнопка *Добавить (Add)*), чтобы их использовать на последующих страницах.

Окно состоит из двух вкладок: *Устройство вывода (Plot device)* и *Настройка макета (Layout Settings)*. В списке устройств печати указывается принтер подключенный к Вашему компьютеру. Если он неизвестен или отсутствует в данный момент, поставьте *Нем (None)*.

На вкладке *Настройка макета* (рис.6.2) сначала установим единицу измерения – миллиметр, а затем выберем из разворачивающегося списка *Формат бумаги (Paper size)* необходимый формат (например, формат А3 (297x420)). В разделе *Ориентация чертежа (Drawing orientation)* устанавливается ориентация листа (альбомная или книжная) и поставьте флажок – *Чертеж верхней стороной вниз*.

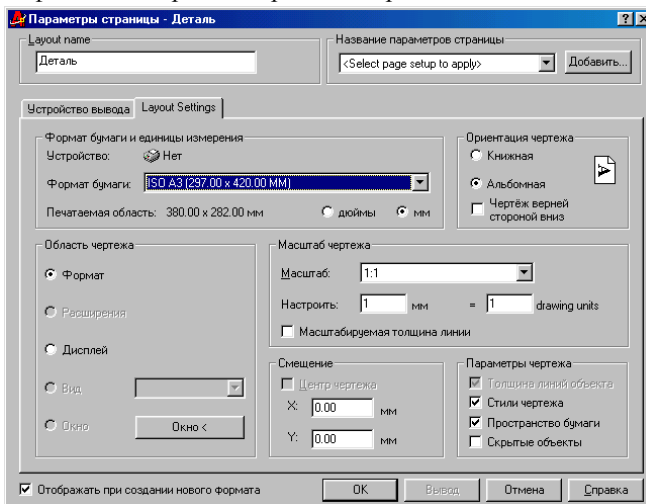


Рис.6.2. Вкладка Настройка макета

После нажатия клавиши *OK* экран приобретает вид, представленный на рис.6.3. Оформление графического экрана в пространстве листа отличается от оформления в пространстве модели. В левом нижнем углу находится пиктограмма (знак) пространства листа в форме треугольника (см. разд.1.3). Белое поле – это лист бумаги формата, установленного на вкладке *Настройка макета* (рис.6.2). Пунктирная линия – зона, доступная для печати. Сплошной линией обозначен создаваемый по умолчанию один видовой экран (рис.6.3).

### 6.2. Плавающие видовые экраны

Видовой экран – это новый примитив AutoCAD, который существует только в пространстве листа и имеет прямоугольную форму, которая может быть изменена. Внутри видového экрана устанавливается вид на объекты, построенные в пространстве модели.

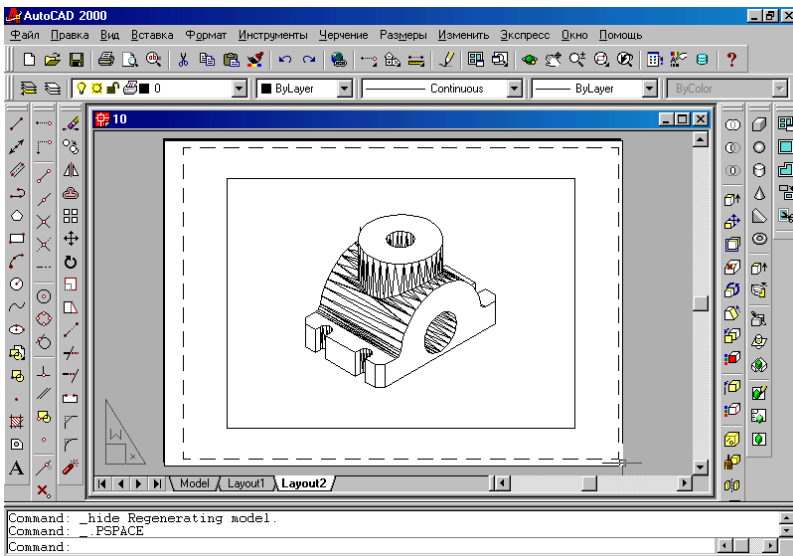


Рис. 6.3. Видовой экран в пространстве листа

В пространстве модели тоже есть видовые экраны, но там они являются не примитивами, а элементами деления на части графического экрана (см. разд. 2.2). Видовые экраны пространства модели называют *неперекрывающимися* видовыми экранами, а в пространстве листа – *плавающими видовыми экранами*. В пространстве листа могут быть не только экраны – в нем можно строить любые примитивы (линии, надписи, размеры и т.д.), но они будут принадлежать только пространству листа и не будут видны в пространстве модели.

Плавающий видовой экран доступен для редактирования, как и другие примитивы. Для этого надо щелкнуть левой кнопкой мыши по рамке экрана - высветятся ручки видového экрана. За эти ручки можно экран растягивать, сжимать, перемещать, удалять и т.д. Если щелкнуть правой кнопкой мыши по имени вкладки, то появится контекстное меню работы с вкладкой. Пункт *Параметры листа* контекстного меню позволяет вызвать диалоговое окно *Параметры листа*, чтобы посмотре-

реть установки, сделанные для листа, и изменить их, если необходимо. Данный пункт недоступен, если у листа еще нет параметров.

Вернуться из пространства листа в пространство модели можно щелчком по имени вкладки *Модель* в нижней части графического экрана.

### 6.2.1. Создание новых плавающих видовых экранов

Удалим видовой экран, представленный на рис.6.3, щелкнув по его рамке и нажав клавишу *<Delete>*. Создавать видовые экраны можно пользуясь диалоговым окном *Названная точка вида* (см. разд.2.2, рис.2.7) или, что удобнее, установив плавающую панель *Точка вида (Viewpoint)*. Она имеет пять кнопок:



- выводит диалоговое окно *Названная точка вида*, в котором можно выбирать нужную конфигурацию плавающих видовых экранов и устанавливать необходимые виды.



- в пространстве модели создает одноэкранный конфигурацию видовых экранов, а в пространстве листа новые плавающие видовые экраны прямоугольной формы, что соответствует команде *СВИД (MVIEW)*;



- в пространстве листа создает новый видовой экран в форме многоугольника;



- в пространстве листа преобразует замкнутый примитив в графического создаваемого видового экрана нестандартной формы (рис.6.4 – предварительно построенная окружность преобразована в видовой экран);



- в пространстве листа подрезает существующий видовой экран многоугольной линией (необходимо выделить видовой экран и в ответ на появившийся запрос отрисовать замкнутый многоугольник нужной формы и размеров, что и сделано на рис. 6.4. Прямоугольный экран заменен на многоугольный);



- позволяет устанавливать масштаб изображения внутри любого видового экрана, используя предусмотренные AutoCAD масштабы или устанавливая свои.

Видовые экраны могут располагаться в любом месте графического экрана, даже за пределами рабочего поля (в этом случае они не выводятся на печать). Видовые экраны могут пересекаться (рис.6.4).

Как только видовой экран создан, в нем автоматически помещается текущее (вид) изображение объекта, созданного в пространстве модели. Чтобы изменить вид на другой, надо перейти в режим модель пространства листа (см. стр.68), выделить нужный видовой экран и командами



## 6. Пространство листа

описанными в разделе 2.1 установить необходимый вид. В каждом видовом экране можно установить свой масштаб. Для этого надо выделить видовой экран (в режиме лист щелкнуть левой кнопкой мыши по рамке экрана) и указать новый масштаб (рис.6.4).

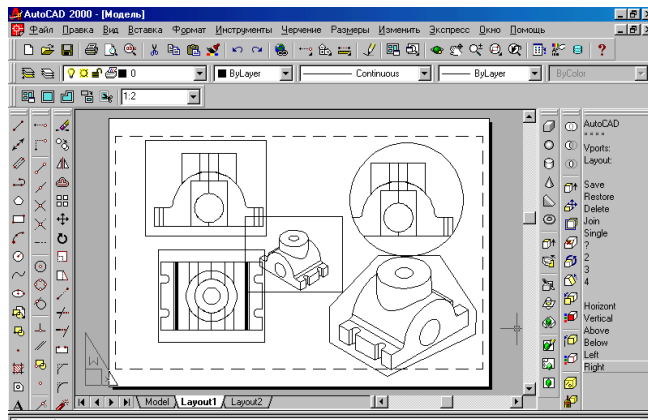


Рис.6.4. Создание плавающих видовых экранов

На рис.6.5 через диалоговое окно *Названная точка вида* (см. стр.23) установлены четыре видовых экрана и в каждом установлен свой вид. В ответ на запрос в пространстве листа указывается прямоугольная область, в которую будут помещены данные видовые экраны.

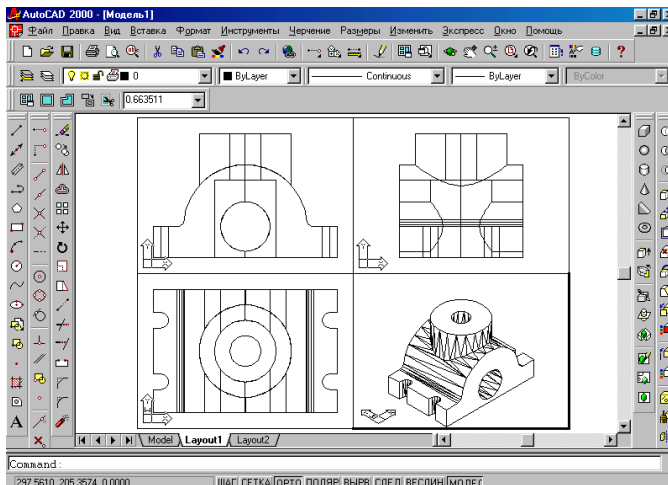


Рис.6.5. Создание 4-х видовых экранов

Как только область будет определена, в ней появятся изображения видов объектов в соответствии с выбранными в диалоговом окне. В каждом экране будет свой масштаб. Теперь установим для все экранов один масштаб (например, 1:2), предварительно выделив видовые экраны (курсор поместить на рамку каждого экрана и щелкнуть по ней или выделить их секрэмкой).

При создании видовых экранов автоматически создается слой **VPORTS** и на нем располагаются все рамки видовых экранов пространства листа. Их можно сделать невидимыми, отключив видимость слоя **VPORTS**. Перед выводом на печать, как правило, его отключают.

В пространстве листа можно работать в двух режимах: режиме модели и режиме листа. Переключение режимов производится в статусной строке кнопкой **ЛИСТ (PAPER)** (рис.1.1). Щелкните по кнопке, имя кнопки изменится на **МОДЕЛЬ (MODEL)**, последний видовой экран будет обведен жирной линией, а устройство указания внутри него будет иметь форму перекрестия, как в пространстве модели (вне экрана курсор имеет форму стрелки). Это означает, что в данный момент для работы доступна только область активного видового экрана (обведенного жирной линией). В ней можно работать также как в пространстве модели, только область построений графического экрана стала меньше. В данном режиме вы имеете доступ только к пространству модели, в котором можно редактировать, стирать существующие в модели объекты и строить новые примитивы. В тоже время нет доступа к объектам пространства листа (например, нельзя корректировать размеры экранов, создавать новые).

В любой момент в режиме модель может быть активным только один видовой экран. Чтобы сделать другой видовой экран текущим (активным), надо щелкнуть в его зоне левой кнопкой мыши.

Щелчок по кнопке **ЛИСТ/МОДЕЛЬ (PAPER/MODEL)** меняет ее состояние на противоположное. Кроме этого, двойной щелчок левой кнопки мыши вне зоны видовых экранов включает режим **ЛИСТ (PAPER)**, а двойной щелчок в зоне любого видового экрана включает режим **МОДЕЛЬ (MODEL)**.

В AutoCAD есть специальные команды, позволяющие выполнять построение согласованных видовых экранов с одновременным вычерчиванием в них необходимых изображений (видов, разрезов, сечений). Этот вопрос будет подробно рассмотрен в разделе 7.2.

## 7. ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ ДЕТАЛИ

Процесс создания трехмерной твердотельной модели и выполнение на ее основе проекционного чертежа с любым количеством изображений, совместное их хранение в одном файле и вывод на печать представляет качественно новый подход к работе конструктора. Твердотельная модель хранится в чертеже и может использоваться для геометрических и прочностных расчетов или для проектирования технологической оснастки, а плоские проекции предназначаются для формирования конструкторской документации в виде самостоятельных файлов или твердых копий, предназначенных для использования в процессе изготовления изделий.

### 7.1. Создание твердотельной модели

Построим твердотельную модель детали, представленную на рис. 7.1, разбив процесс создания модели детали на ряд этапов.

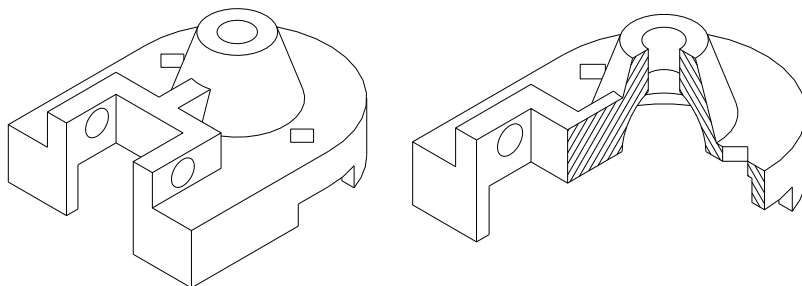


Рис.7.1. Твердотельная модель

#### 7.1.1. Подготовительный этап

Какую бы сложную форму не имела деталь, ее надо рассматривать как совокупность простейших геометрических тел или их частей. Перед началом работы создания детали необходимо тщательно проанализировать форму детали, мысленно расчленив ее на отдельные элементы (геометрические тела или их части), на основе которых будем создавать модель.

- Проанализируем модель, которую будем создавать, разобьем ее на элементарные тела (примитивы).
- С учетом габаритных размеров модели по длине и ширине зададим лимиты чертежа: левый нижний угол – 0,0, правый - 140,120. Впишем установленное поле в графическую зону экрана (**ПОКАЖИ (ZOOM) → Все (All)**).

## 7. Построение модели детали

---

➤ Установим шаг в значение 1, а интервал вспомогательной сетки - 5 и включим режимы *Шаг (Snap)* и *Сетка (Grid)*.

➤ Для удобства работы установим:

- плавающие панели инструментов *Тела (Solids)* и *Редактирование твердых тел (Solid Editing)*;

- системные переменные (удобней их имена набрать с клавиатуры):

- **DELOBJ** установим в значение 1, при котором исходные плоские примитивы, используемые в создании твердых тел, автоматически удаляются;

- **DISPSILH** установим значение 1, при котором трехмерные примитивы будут отображаться лаконично при использовании команды **СКРЫТЬ (HIDE)**;

- для получения лаконичных изображений отображаемых объектов установим **ISOLINES=4, FACETRES=3**.

➤ Сохраним файл с присвоением имени.

### 7.1.2. Основной этап построения твердотельной модели

#### 7.1.2.1. Построение основания детали

➤ Создадим пользовательскую систему координат опцией *Начало*, поместив точку начала координат в точку 90, 60. Сохраним созданную ПСК под именем *Низ основания* (панель *Стандартная* → кнопка *Диалог ПСК* → вкладка *Имена ПСК* → курсор поместить в поле имен ПСК на имя «*Без имени*» → щелкнуть правой кнопкой мыши и в контекстном меню выбрать опцию *Переименовать (Rename)* → ввести имя ПСК *Низ основания* → щелкнуть по кнопке *Текущий (Current)* → *OK*).

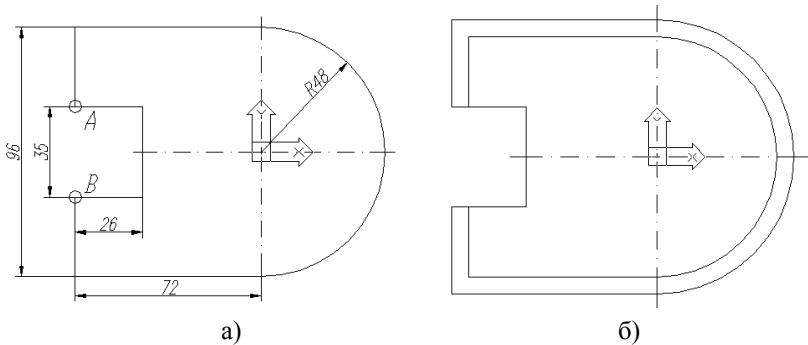
➤ Создадим слой *Оси* и установим для него тип линий *Dash dot*. Начертим две осевые, проходящие через точку начала координат вдоль осей X и Y (рис.7.2а). В случае необходимости изменить масштаб линий (**LTSCALE = 0,5**).

➤ Слой 0 сделаем текущим. На нем отрисуем по заданным размерам наружный контур основания командой **ПОЛИЛИНИЯ (PLINE)** (рис.7.2а).

➤ Командой **РАЗОРВИ (BREAK)** сделаем разрыв полилинии в точке *A* (рис.7.2а), где первая и вторая точки полилинии совпадают. Аналогичное действие выполним в точке *B*.

➤ Командой **ПОДОБИЕ (OFFSET)** на расстоянии 6мм внутрь от наружного контура построим внутренний контур (рис 7.2б).

➤ Командой **ОБЛАСТЬ (REGION)** преобразовать наружный контур (рис.1а) в область. Командой **КОНТУР (BOUNDARY)** создадим область из внутреннего контура (рис.7.1б) (предварительно надо отключить слой *Оси*).



а) - наружный контур основания с размерами  
 б) – внутренний контур

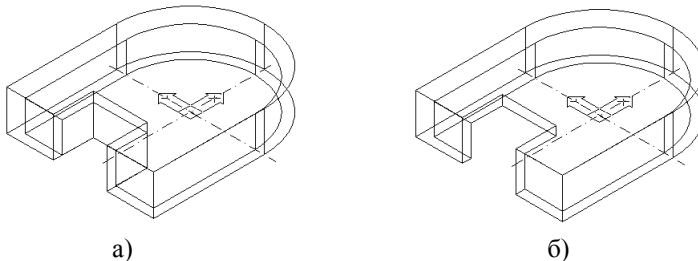
Рис.7.2. Построение низа основания детали

➤ Командой **ВЫДАВИ (EXTRUDE)** выдавить наружный контур на 26 мм, а внутренний на 20 (рис.7.3а).

Command: **EXTRUDE** ↵  
 Current wire frame density: ISOLINES=4  
 Select objects: 1 found  
 Select objects: ↵  
 Specify height of extrusion or [Path]: **26** ↵  
 Specify angle of taper for extrusion <0>: ↵

Формат команды приведен для наружного контура.

➤ Для наглядности установим *Юго-западную изометрию* (панель *Стандартная* → кнопка *Именованные виды* → диалоговое окно *Ортогографические и изометрические виды* → *Юго-западная изометрия* → кнопка *Текущий* → ОК).



а) – два тела до выполнения команды **ВЫЧИТАНИЕ**  
 б) - одно тело после выполнения команды **ВЫЧИТАНИЕ**

Рис.7.3. Применение команды **ВЫЧИТАНИЕ**

## 7. Построение модели детали

➤ Командой **ВЫЧИТАНИЕ (SUBTRACT)** из наружного тела вычтем внутреннее (рис.7.36).

**Command: SUBTRACT**

**Select solids and regions to subtract from...**

**Select objects:** указать наружный контур

**Select objects:** ↵

**Select solids and regions to subtract...**

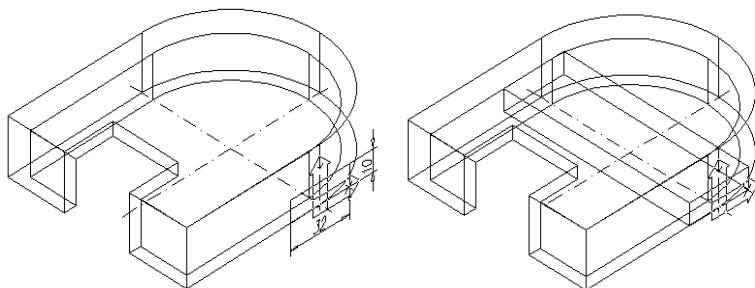
**Select objects:** указать внутренний контур

**Select objects:** ↵

➤ Выполним призматический паз в основании детали. Для этого создадим новую ПСК:

- на панели *Стандартная* щелкнем по кнопке *ПСК* и выберем пиктограмму *Диалог ПСК*. В раскрывшемся диалоговом окне вкладка *Ортографические ПСК* выберем *Спереди* и щелкнем по клавише *Текущий*;

- перенесем новую ПСК опцией *Начало* на переднюю грань детали (рис.7.4а), используя объектную привязку *Конечная точка* в плоскости нижнего основания детали.



а)

а) применение опций ПСК *Спереди* и *Начало*

б) создание параллелепипеда командой *ВЫДАВИ*

Рис.7.4. Построение паза

➤ Командой **ПОЛИЛИНИЯ** строим прямоугольник по заданным размерам (рис.7.4а) и командой **ВЫДАВИ** выдавливаем его на высоту (-100), т.к. в текущей ПСК ось Z направлена на пользователя (знак + на пиктограмме) (рис.7.4б).

➤ Командой **ВЫЧИТАНИЕ (SUBTRACT)** из тела основания вычтем призму (рис.7.5).

➤ В плоскости верхнего основания выполним призматические отверстия:

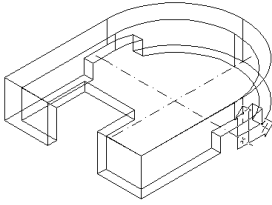


Рис.7.5. Результат действия команды  
**ВЫЧИТАНИЕ**

-вернемся к сохраненной (именованной) ПСК *Низ основания* (панель *Стандартная* → кнопка *Диалог ПСК* → вкладка *Имена ПСК* → курсор поместить в поле имен ПСК на имя *Низ основания* → щелкнуть по кнопке *Текущий* → ОК);

-скопируем оси в плоскость верхнего основания детали;

-перенесем ПСК *Низ основания* в верхнюю плоскость основания детали в точку пересечения осей опцией *Перенеси (Move)* или опцией *Начало* (они равноценны) и сохраним вновь созданную ПСК под именем *Верх основания*;

-командой *Многоугольник* построим квадрат с центром в точке 0, 34, диаметром описанной окружности 6 и повернем его на угол  $45^{\circ}$  относительно центра квадрата. Выдавим квадрат на (-6 мм) и скопируем полученное тело на расстояние @0,-68 относительно центра квадрата;

-вычтем призмы из тела основания (рис.7.6 – для наглядности использована команда **СКРЫТЬ (HIDE)**)

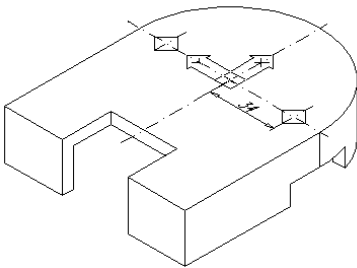


Рис. 7.6. Заключительный этап  
построения основания

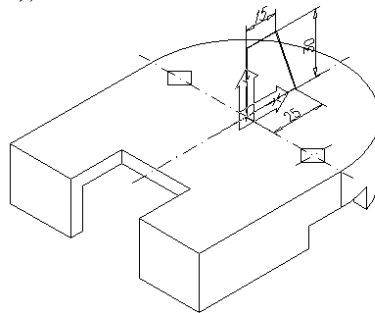


Рис.7.7. Построение конуса

#### 7.1.2.2. Построение верхней части детали

- Текущую ПСК повернем вокруг оси X на  $90^{\circ}$  (рис.7.7).
- Для построения усеченного конуса в текущей ПСК построим полилинией замкнутый четырехугольник из точки 0,0. На рис.7.7 пока-

## 7. Построение модели детали

зана полилиния с размерами, взятая в качестве исходного профиля для тела вращения.

➤ Командой **ВРАЩЕНИЕ (REVOLVE)** повернем исходный профиль вокруг оси  $Y$  на  $360^0$  (рис.7.7) и объединим его с основанием детали командой **ОБЪЕДИНИ (UNION)**. Теперь это один твердотельный объект.

➤ Выполним отверстие в теле детали, состоящее из сферы и цилиндра, предварительно установим *Вид в плане* (падающее меню → *Вид* → *3D Вид* → *Вид в плане* → *Текущей ПСК*):

- командой **СФЕРА (SFERA)** из центра 0,-6 (относительно текущей ПСК) радиусом 20 отрисуем сферу (твердотельную);

- цилиндр построим аналогично конусу вращением. Строим прямоугольник из точки начала координат со стороной основания равной радиусу цилиндра 7,5 мм (по оси  $X$ ) и высотой (по оси  $Y$ ) равной высоте конуса или чуть больше (рис.7.8а). Это не имеет значения, т.к. в дальнейшем это тело будет вычтено из основного. Вращением вокруг оси  $Y$  повернем прямоугольник на  $360^0$ . Теперь вычтем сферу и цилиндр из тела детали (рис.7.8б).

➤ Результат построений можно посмотреть установив *Юго-западную изометрию* с использованием команды **СКРОЙ**.

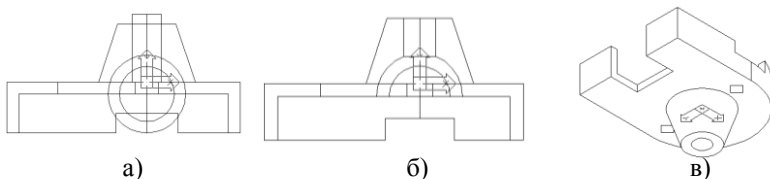


Рис.7.8. Построение цилиндра и сферы

### 7.1.2.3. Построение выступа

➤ Перейдем к построению оставшейся части детали. Создадим новую ПСК:

- вернемся к предпоследней ПСК используя кнопку ПСК *Предыдущий* (рис.7.8в);

- используя опцию ПСК *Начало* и объектную привязку *Конечная точка*, перенесем ПСК в наружный угол выреза в верхней плоскости основания детали (рис. 7.9а).

➤ Установим вид сверху: *падающее меню* → *Вид* → *3D Вид* → *Вид в плане* → *Текущей ПСК* и на нем отрисуем полилинией плоскую фигуру (на рис.7.9а выделена толстой линией). Вид сверху можно не устанавливать, а построения производить на изометрической проекции.



➤ преобразуем фигуру в область командой **ОБЛАСТЬ**. Теперь выдавим созданную область на 15 мм, и объединим созданные тела командой **ОБЪЕДИНИ (UNION)**. Результат представлен на рис. 7.9б с использованием команды **СКРОЙ (HIDE)**.

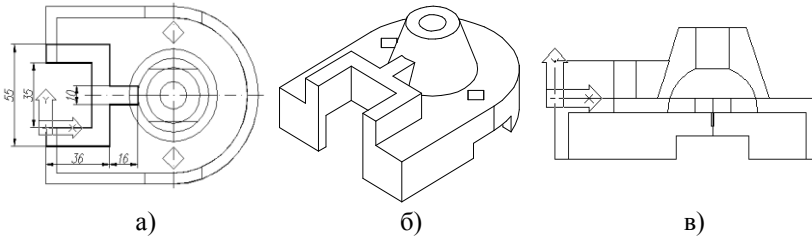


Рис.7.9. Построение выступа детали

➤ На рис.7.9в текущая ПСК повернута на угол  $90^0$  вокруг оси X и установлен Вид в плане (падающее меню → Вид → 3Dвид → Вид в плане → Текущей ПСК) для проверки правильности выполненных построений и наличия пересечения тел.

➤ Осталось выполнить отверстия в выступе. Вернемся к предыдущему виду и опцией *Начало* перенесем ПСК на переднюю грань выступа (рис.7.10а).

➤ В текущей ПСК отрисовуем окружность с центром 16, 6 и радиусом 6 (рис.7.10а), выдавим ее высотой минус 60 (рис.7.10б) и вычтем полученный цилиндр из основной детали (рис.7.10в).

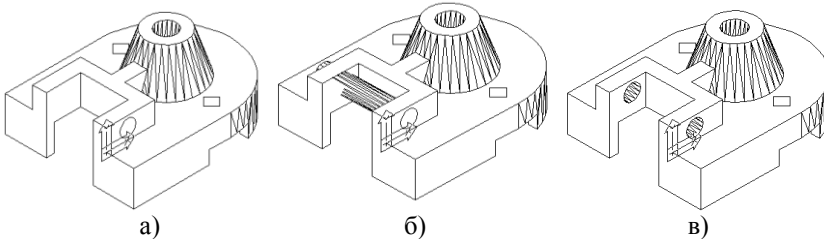


Рис. 7.10. Построение отверстий в выступе

На рис.7.10в показан окончательный результат всех построений с применением команды **СКРЫТЬ (DISPSILH = 0)**.

Предложенный способ описания создания модели детали выбран с целью показать на практике применение большого количества новых команд и операций. Построение модели детали удобно выполнять установив несколько видовых экранов (например, Три: Право, см стр.23). В этом случае, Вы можете сразу наблюдать вносимые изменения на всех видовых экранах и, попеременно делая тот или иной экран текущим, выполнять построения. На рис.7.11 показано деление экрана на три ви-

## 7. Построение модели детали

довых экранов (вид спереди, вид слева и юго-западная изометрия). К аксонометрической проекции применена команда *СКРЫТЬ (DISPSILH = I)*.

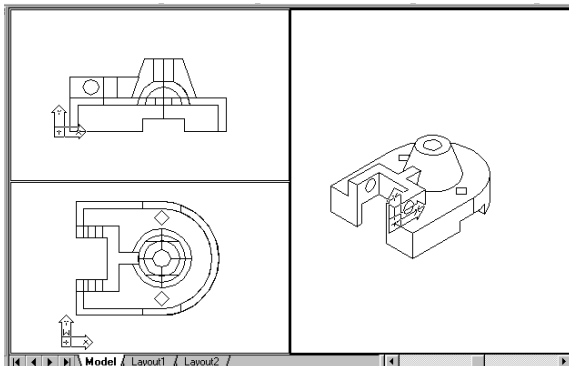


Рис. 7.11. Три видовых экрана в пространстве модель

Итак, твердотельная модель создана, и с помощью специальных команд AutoCAD можно сформировать комплексный чертеж, отвечающих требованиям государственных стандартов.

### 7.2. Комплексный чертеж детали

Комплексный чертеж предусматривает создание нескольких взаимосвязанных проекций [5]. Перейдем с помощью вкладки *Layout1* в пространство листа, которое дает возможность работать в двух режимах: в режиме листа и режиме модели.

Создание комплексного чертежа связано с устройством вывода на печать и при первом обращении к пространству листа (*Layout1*) появляется диалоговое окно (см. разд. 6 стр.63). Зададим размер формата, на котором будем создавать макет чертежа, с последующим выводом на печать - формат A3 (420x297). При необходимости в дальнейшем можно изменить формат.

В пространстве листа будем производить компоновку изображений, наносить размеры и другие необходимые надписи, заполнять основную надпись чертежа.

Перед началом работы установим мировую системы координат (МСК) в пространстве *Модели (Model)*. При работе по созданию модели детали с несколькими видовыми экранами текущим установите экран с аксонометрической проекцией и в нем МСК. При переходе к работе в пространстве листа сетку и шаг в пространстве *Модели* надо отключить.

## 7.2.1. Создание согласованных видовых экранов



Создание системы согласованных видовых экранов для изображений твердотельной модели в пространстве листа выполняет команда **ТВИД (SOLVIEW)** (падающее меню → **Черчение (Draw)** → **Тела (Solids)** → **Подготовка (Setup)** → **Вид (View)** или соответствующая кнопка плавающей панели **Тела**). Рассмотрим работу команды на примере ранее созданной модели.

Как только ввели команду **SOLVIEW**, она автоматически переходит в пространство листа, в котором только один видовой экран, создаваемый AutoCAD по умолчанию на новом листе формата A4. В данном видовом экране появится вид, идентичный виду установленному в текущем видовом экране пространства модели (рис.7.12).

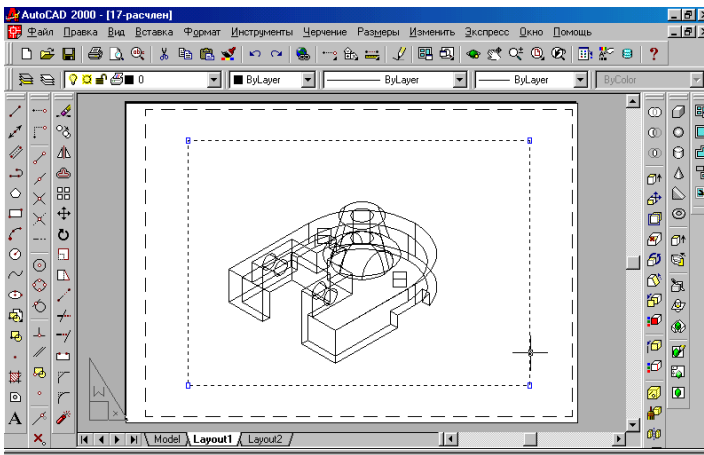


Рис.7.12. Вид созданной модели в пространстве листа

Чтобы его удалить, нажмите клавишу **<Esc>**, отменяющую действие команды, и затем щелкните по рамке видового экрана. После появления на видовом экране ручек (рис.7.12) нажмите клавишу **<Delete>**. Установите в пространстве листа **ШАГ** равный 1 и **СЕТКУ** равную 5 и включите их.

Вставьте в рисунок рамку с основной надписью формата A3 (при условии, что она существует). Вставка производится командой **ВСТАВЬ (INSERT)** (падающее меню → **Вставка (Insert)** → **Блок (Block)**), и заполните основную надпись. Обратите внимание, чтобы в момент вставки блока текущим был **слой 0**.

Вновь вызовите команду **SOLVIEW** и появится первый запрос:

**Command: SOLVIEW**

**Enter an option [Ucs/Orto/Auxiliary/Section]:**

*Задайте опцию [Пск/Орто/Дополнительный/Разрез]:*

Опции команды:

*Пск (Ucs)* – создание видового экрана с видом на заданную ПСК;

*Орто (Orto)* – создание видового экрана с видом, перпендикулярного к виду указанного видового экрана;

*Дополнительный (Auxiliary)* – создание видового экрана с дополнительным видом;

*Разрез (Section)* – создание видового экрана с разрезом.

Первой, если нет ни одного видового экрана, всегда выбирается опция Пск (*Ucs*):

**Enter an option [Named/World/?/Current] <Current>:**

*Задайте опцию [Имя/Мск/?/Текущая] <Текущая>:*

После завершения работы по созданию модели мы перешли в мировую систему координат (МСК), поэтому можно в ответ на запрос ввести значение по умолчанию текущей системы координат, или, что равнозначно, ввести опцию **W (World)**. Затем предлагается установить масштаб изображения модели как отношение единиц в пространстве листа к единицам пространства модели. Деталь помещается на формате, поэтому установим масштаб, равный единице:

**Enter view scale <1>: 1**

*Масштаб вида <1>:*

AutoCAD начинает строить первую проекцию, предлагая выбрать центральную точку для этой проекции:

**Specify view center:**

*Центр вида:*

Указанием точки на экране зададим положение центра вида в левой нижней четверти листа (место положения горизонтальной плоскости проекций и вида сверху). Система помещает видовой экран с условной кромкой по границе рабочего поля листа и делает первое приближение по размещению вида. С первого раза расположение вида может не устроить. Следующий запрос позволяет уточнить положение центра:

**Specify view center <specify viewport>:**

*Центр вида <видовой экран>:*

Укажите другую точку центра. Уточнение положения центра вида можно делать сколько угодно раз. Запрос повторяется до тех пор, пока не будет нажата клавиша <Enter>. После установки центра вида

AutoCAD предлагает построить прямоугольник видового экрана в пространстве листа:

***Specify the first corner of viewport:***

*Первый угол видового экрана:*

***Specify the other corner of viewport:***

*Противоположный угол видового экрана:*

Очертим всю видимую область детали, так чтобы она помещалась полностью в рамку. В дальнейшем размер видового экрана можно откорректировать. В ответ на следующий запрос зададим имя вида (Сверху):

***Enter view name:*** Сверху

*Имя вида:*

AutoCAD завершает построение первого видового экрана и выдает сообщение о сохранении ПСК вместе с видом и повторяет первый запрос снова:

***UCS VIEW = 1 UCS will de saved with view***

***Enter an option [Ucs/Orto/Auxiliary/Section]:***

*Задайте опцию [Пск/Орто/Дополнительный/Разрез]:*

Для построения вида спереди, связанного с видом сверху, и расположения его на месте положения фронтальной плоскости проекции, выберите опцию *Орто (Orto)*. Появляется запрос:

***Specify side of viewport to project:***

*Укажите сторону видового экрана для проекции:*

AutoCAD предлагает указать сторону, откуда должно происходить проецирование для нового вида.

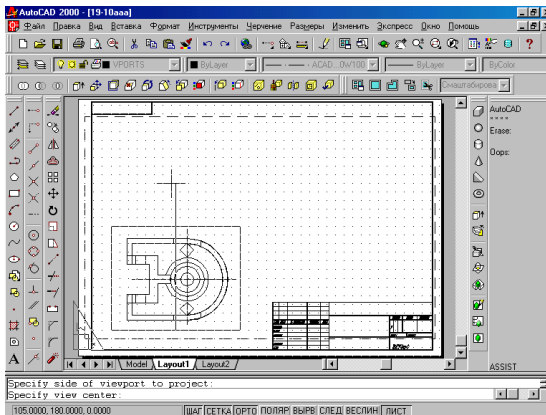


Рис. 7.13. Определение положения центра вида спереди

Укажите нижнюю сторону первого видового экрана (автоматически появляется объектная привязка *Середина*). После этого выдается запрос о центре второго вида. Указание центра будет ограничено резиновой нитью (рис. 7.13), проходящей от места указания в сторону центра будущего вида.

Укажите точку центра вида и границы видового экрана, присвойте имя виду (*Спереди*). В результате будут созданы два видовых экрана со связанными проекциями.

Для рассматриваемой детали на месте вида спереди целесообразней выполнить фронтальный разрез. Поэтому после построения вида сверху надо сразу перейти к построению фронтального разреза. Если Вы построили вид спереди, выйдите из команды, в режиме лист удалите видовой экран. Вновь вызовите команду **SOLVIEW** и для построения разреза вместо опции *Орто* (**Orto**) надо ввести опцию *Разрез* (**Section**) и последует запрос:

**Specify first point of cutting plane:**

*Укажите первую точку секущей плоскости:*

**Specify second point of cutting plane:**

*Укажите вторую точку секущей плоскости:*

Положение секущей плоскости будем задавать на построенном ранее виде сверху с помощью объектной привязки *Центр* (на окружности конуса) и *Квадрант* (к основанию). Следующий запрос предлагает указать направления взгляда, откуда будет строиться проекция:

**Specify side to view from:**

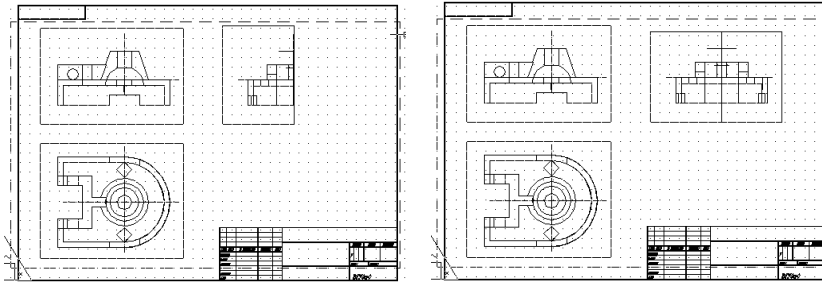
*Укажите направление взгляда:*

Щелчком в любом месте ниже заданной секущей плоскости разреза тем самым, зададим направление взгляда. После этого последуют запросы: на определение масштаба, центра проекций, имя разреза (*Фронтальный*), рамки экрана, аналогично построению вида сверху. Команда вновь возвращается к начальному запросу и выберем опцию *Орто* (**Orto**) для построения вида слева.

Поместим курсор на левую сторону рамки видового экрана с фронтальным разрезом (автоматически появилась объектная привязка *Середина*), щелчком по ней, появится резиновая линия и запрос на указание центра вида. Зафиксируем положение нового вида, присвоив имя *Слева* и на запрос задания двумя точками рамки видового экрана, первую точку возьмем левее изображения, а вторую ограничим серединой изображения (рис. 7.14а).

AutoCAD вновь возвращается к первому запросу и мы выбираем опцию *Разрез* (**Section**) для выполнения профильного разреза совме-

щенного с видом слева. Секущую плоскость будем задавать на фронтальной плоскости проекций. Щелкнув по левому верхнему экрану, сделаем его текущим и с помощью объектной привязкой *Конечная точка* укажем двумя точками положение плоскости разреза (вертикальная осевая линия).



а) б)  
Рис. 7.14. Построение половины вида и разреза

Сторону направления взгляда выберем слева от секущей плоскости и при появлении резиновой линии укажем положение центра изображения на профильной плоскости проекций, используя объектную привязку *Перпендикуляр* к правой стороне экрана построенной половины вида слева. Присвоим имя разрезу *Профильный*. При задании рамки видового экрана первую точку задайте с помощью объектной привязкой *Пересечение* или *Конечная точка*, указав правый угол видового экрана вида слева, а вторую произвольно переместив курсор вправо (рис. 7.14б).

Команда возвращается к первому запросу и можно продолжать строить необходимые изображения. Наклонные разрезы и сечения строятся опцией *Разрез (Section)*, дополнительные виды - опцией *Дополнительный (Auxiliary)* аналогично построенным ранее. Нажатием клавиши *Enter* прекращаем работу команды.

Построение изображений закончено, но если посмотреть на чертеж, виды и разрезы практически не отличаются друг от друга. В настоящий момент это трехмерные объекты и AutoCAD только создал и подготовил изображения для дальнейшей их обработки.

Команда *ТВВД (SOLVIEW)* при построении вида создает новые слои, подготавливая их для работы с командой *ТЧЕРЧЕНИЕ (SOLDRAW)*. На одном общем слое с именем *VPORTS* располагаются рамки всех видовых экранов, которые можно отключать. При построении вида команда создает три новых слоя, добавляя к имени, которое мы задали в процессе диалога, сокращенные слова, обозначающие на-

значение слоя: **DIM** - обозначает слой для размещения на нем размеров, **HID** – слой, который будет содержать невидимые для данной проекции линии, **VIS** - слой, содержащий видимые линии проекции.

При построении разреза к перечисленным слоям добавляется четвертый **HAT** – для размещения на нем штриховки с текущими настройками на момент вызова команды **SOLDRAW**. Откройте диалоговое окно Слой и посмотрите на новые слои. На этих слоях нежелательно располагать какие либо объекты.



### Команда *ТЧЕРЧЕНИЕ (SOLDRAW)*

Вызывается из падающего меню → *Черчение (Draw)* → *Тела (Solids)* → *Подготовка (Setup)* → *ТЧерчение (Soldraw)* или кнопкой пиктографического меню. Команда работает только с видовыми экранами созданными командой *ТВИД (SOLVIEW)* и преобразует изображения видовых экранов в плоские линейные изображения, состоящие из отрезков, дуг, дополнив их штриховкой. При этом на экранах, обрабатываемых командой, вместо существующих линий видов создаются видимые и невидимые линии, которые разносятся по слоям соответствующих видов. Перед началом работы команды установите в слоях, имеющих окончание **HID**, тип линий - *dash*. Помните, что штриховка выполняется с текущими настройками. Предварительно проверьте, какая штриховка установлена и внесите необходимые изменения.

После вызова команды появляется запрос:

**Select viewports to draw...**

*Выберите видовой экран для черчения...*

**Select objects:**

*Выберите объекты:*

Под объектами в данном случае подразумеваются видовые экраны с их содержимым. Для выбора надо щелкнуть по рамке видового экрана, который хотите обрабатывать командой. Можно сразу указать все видовые экраны (секрамкой). Как только выбор объектов завершен, AutoCAD перерисовывает видовые экраны, разнося линии по слоям и выполняя штриховку (рис. 7.15а).

Обратите внимание, на рис. 7.15а направление штриховки на фронтальном и профильном разрезах разное. Перейдем в режим модель пространства листа (щелкнув по вкладке *Лист* статусной строки или сделав двойной щелчок левой кнопкой мыши по одному из экранов) и сделаем активным видовой экран с профильным разрезом. Войдем в команду *ШТРИХОВКА... (HATCH...)* (падающее меню → *Свойства* → *Штриховка...*) выделим штриховку, направление которой надо изменить, и в появившемся диалоговом окне зададим угол  $180^0$ . Пиктограмма в теку-



щем видовом экране, она должна соответствовать ПСК *Слева*. Если она расположена под углом, войдите в ортографические ПСК и установите ПСК *Слева*.

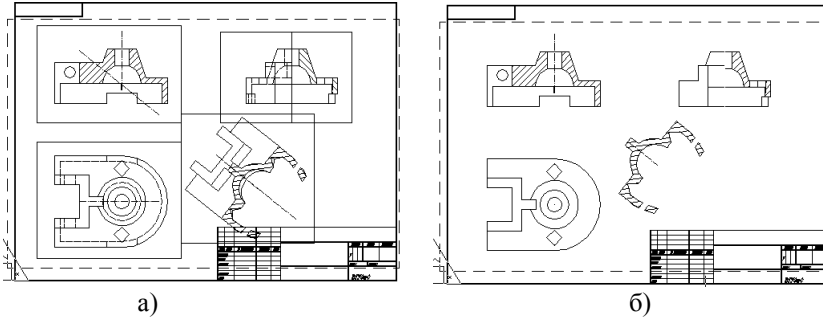


Рис.7.15. Создание плоскостных изображений командой ТВИД

Сравните рис.7.15а и рис.7.15б. На рис.7.15б отключен слой **VPORTS** и слои, имеющие окончание **HID**. На рис. 7.15а выполнен наклонный разрез, который на рис.7.15б представлен как сечение (в режиме модель экран сделаем активным и удалим линии [5], лежащие за секущей плоскостью командой **СОТРИ (ERASE)**).

Из режима модели пространства листа перейдем в режим лист, выделим видовой экран с сечением (рамка стала пунктирной, а в углах появились ручки). Изменим размер экрана, поместив курсор на одну из ручек и щелкнув по ней. Она изменила цвет и теперь перемещаем курсор в нужном вам направлении (механизм слежения показывает меняющийся размер рамки). Как только Вы получили нужный размер рамки сделайте щелчок. Размер рамки изменен.

Если надо перенести рамку (с ее содержимым) в другое место - выделите ее и, поместив курсор на рамку, нажмите левую кнопку мыши и не отпуская ее перемещайте до нужного положения.

#### Команда **ТПРОФИЛЬ (SOLPROF)**

Вызывается из падающего меню → **Черчение (Draw)** → **Тела (Solids)** → **Подготовка (Setup)** → **ТПрофиль (SOLPROF)** или кнопкой пиктографического меню и применяется для формирования аксонометрических проекций. Команда создает профили тел в видовом экране, созданном любым способом. Помните, что команду **ТПРОФИЛЬ (SOLPROF)** можно вызвать только из пространства листа в режиме модель для конкретного текущего видового экрана. Как только будет создан видовой экран, в него автоматически помещается изображение из последнего текущего видового экрана. Установите изометрическое изображение или

## 7. Построение модели детали

выберите необходимую точку зрения для наглядного отображения детали. Вызванная команда **SOLPROF** предложит выбрать тело или несколько тел, находящихся во вновь созданном экране, которые нужно обработать:

**Display hidden profile lines on separate layer?[Yes/No]<Y>:**

*Изображать скрытые линии профиля на отдельном слое?[Да/Нет]<Д>:*

При ответе *Да* создаются отдельные слои: для видимых линий имя начинается с индекса **PV** и невидимых линий - **PH** (например, PV-86 для видимых линий, PH-86- для невидимых линий, где 86 – метка, или внутренний номер, объекта, которую можно узнать с помощью команды **СПИСОК (LIST)**). Обычный ответ *Да*. Далее:

**Project profile lines onto a plane?[Yes/No]<Y>:**

*Проецировать линии профиля на плоскость?[Да/ Нет]<Д>:*

Разница между *Да* и *Нет* в том, что в первом случае создается двумерная проекция профиля объекта на плоскости вида, а во втором – линии профиля остаются трехмерными (оба случая в видовом экране дают одинаковое изображение). Следующий запрос:

**Delete tangential edges?[Yes/No]<Y>:**

*Удалить касательные ребра?[Да/ Нет]<Д>:*

При ответе *Да* удаляются образующие на криволинейных участках.

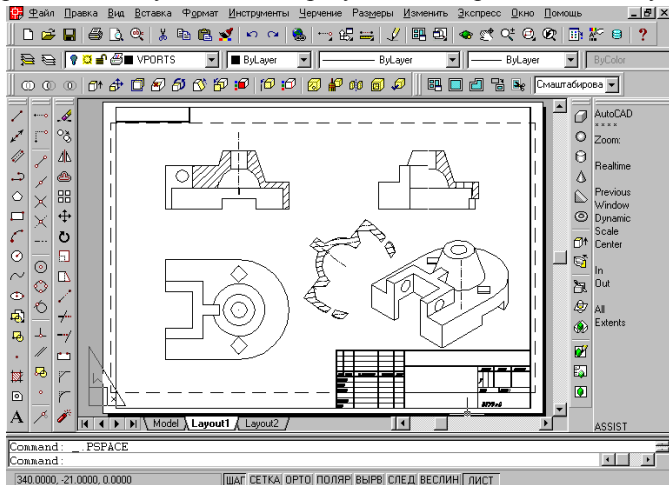


Рис.7.16. Создание аксонометрической проекции

После завершения работы команды результат работы можно увидеть только после того, как заморозите слой, на котором находится твердотельный объект, и слой, на котором расположены невидимые линии (рис.7.16).

### 7.3. Редактирование чертежа

Изображения созданы и можно переходить к оформлению чертежа и его редактированию. Вся дальнейшая работа производится в пространстве листа.

На фронтальном разрезе необходимо удалить штриховку с ребра жесткости. Перейдем в режим модель и командой полилиния отрисуем границу ребра. Расчленим штриховку в этой области командой *РАСЧЛЕНИ* (**EXPLODE**) и удалим штриховку с ребра жесткости командой *ОБРЕЖЬ* (**TRIM**) (рис.7.17).



Рис.7.17.

В режиме листа выполняем необходимые осевые линии, надписи, проставляем размеры, используя команды, известные из двумерной графики. Использование объектной привязки обязательно.

Откроем диалоговое окно *Менеджер свойств слоя*, отключим видимость слоев с линиями невидимого контура (HID слой), а для видимых (VIS слой) установим *Вес линий* = 0,6. Чертеж готов к выводу на печать.

На рис. 7.18 представлен распечатанный чертеж рассматриваемой модели детали.

На рис. 7.19 приведен в качестве образца чертеж шатуна, созданный методом твердотельного проектирования.

На рис.7.20 представлены изображения (виды, разрезы, сечения) поршня, полученные на основе твердотельной модели. Слой VPORTS отключен.

Рис. 7.17. Чертеж детали

Рис. 7.18. Чертеж шатуна

Рис. 7.19.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Целью обучения традиционной инженерной графике является овладение студентами основами знаний, умений и навыков необходимых в выполнении и чтении чертежей различного назначения и решения инженерно-графических задач на чертежах, а конечной целью обучения компьютерной (машинной) графике является закрепление и расширение знаний в области инженерной графики на принципиально иной платформе – с помощью современных графических пакетов, одним из которых является AutoCAD.

В пособии дано описание основных команд по созданию и редактированию твердотельных объектов в графической системе AutoCAD. Показано на примере как создается твердотельная модель и на ее основе двумерный чертеж.

В настоящее время существует два подхода к созданию чертежа модели на основе компьютерных технологий.

Первый подход базируется на двумерной геометрической модели и использовании компьютера как электронного кульмана, позволяющего значительно ускорить процесс конструирования и улучшить качество оформления конструкторского документа. Центральное место в этом подходе занимает чертеж, который служит средством представления изделия.

В основе другого подхода лежит пространственная геометрическая твердотельная модель изделия, которая является более наглядным способом представления оригинала, и более мощным и удобным инструментом для решения графических задач, так как позволяет получить двумерный чертеж детали с необходимым количеством изображений на основе твердотельной модели, и содержит в себе преимущества первого подхода. В случае необходимости, можно произвести прочностные расчеты проектируемого изделия с последующей корректировкой геометрии изделия. Помимо создания чертежей отдельных деталей возможно создание на их основе сборочных чертежей изделий, использование в других компоновочных работах.

В настоящее время стоит задача перехода на новую технологию создания чертежей изделий. Эта задача требует современных методик обучения специалистов, в которых центральное место занимают методы компьютерной графики, как инструмента конструирования, позволяющие существенно повысить производительность труда в проектировании, освободить от выполнения огромного количества однообразных, рутинных графических операций при выполнении чертежей, повысить качество конструкторской документации, сократить сроки проектирования изделий.

## ЛИТЕРАТУРА

1. AutoCAD® release 14. Руководство пользователя. Copyright © 1997 Autodesk, Inc.
2. Федоренков А, Басов К., Кимаев А. AutoCAD 2000. Практический курс. – М.: ДЕСС КОМ, 2000.
3. Полещук Н. Самоучитель AutoCAD 2000 и Visual LISP. – СПб.: БХВ-Петербург, 2001.
4. Полищук В.В., Полищук А.В. AutoCAD® 2000. Практическое руководство. – М.: Диалог МИФИ, 2000.
5. Вяткин Г.П. Машиностроительное черчение. – М.: Машиностроение, 1985.
6. ГОСТ 2.305-68\* - ГОСТ 2.317-69\* Общие правила выполнения чертежей



## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	3
1. СИСТЕМЫ КООРДИНАТ И ПЛОСКОСТИ ПОСТРОЕНИЙ .....	4
1.1. Задание пользовательской системы координат .....	5
1.2. Сохранение ПСК .....	11
1.3. Знак ПСК .....	13
2. ВИДЫ И ВИДОВЫЕ ЭКРАНЫ .....	15
2.1. Виды .....	15
3. ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ТРЕХМЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ .....	26
3.1. Удаление невидимых линий .....	26
3.2. Каркасный и теневой режимы .....	27
3.3. Тонирование объектов .....	28
4. ПОСТРОЕНИЕ ТВЕРДОТЕЛЬНЫХ ПРИМИТИВОВ .....	31
5. РЕДАКТИРОВАНИЕ ТВЕРДЫХ ТЕЛ .....	45
5.1. Логические операции .....	45
5.2. Разрезы и сечения .....	48
5.3. Выполнение конструктивных элементов .....	52
5.4. Редактирование граней и ребер .....	54
6. ПРОСТРАНСТВО ЛИСТА .....	63
6.1. Настройка листа .....	63
6.2. Плавающие видовые экраны .....	65
7. ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ ДЕТАЛИ .....	69
7.1. Создание твердотельной модели .....	69
7.2. Комплексный чертеж детали .....	76
7.3. Редактирование чертежа .....	85
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	89
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....	90