

Государственное бюджетное образовательное учреждение
дополнительного профессионального образования
«НИЖЕГОРОДСКИЙ ИНСТИТУТ РАЗВИТИЯ ОБРАЗОВАНИЯ»

Приемы трехмерного прототипирования объектов в САПР AutoCAD

Учебное пособие

Нижний Новгород
Нижегородский институт развития образования
2016

УДК 378.046.4
ББК 30.2я77
П75

Рецензенты:

Н. И. Городецкая — канд. пед. наук, доцент,
руководитель Центра дистанционного образования
ГБОУ ДПО НИРО;
М. Л. Груздева — д-р пед. наук, профессор, зав. кафедрой
технологий сервиса и технологического образования
ФГБОУ ВПО НГПУ им. К. Минина

**Рекомендовано к изданию
научно-методическим экспертным советом
ГБОУ ДПО НИРО**

Приемы трехмерного прототипирования объектов
П75 в САПР AutoCAD : учебное пособие / авт.-сост. В. В. Благо-
динова, А. Ю. Петров. — Н. Новгород : Нижегородский
институт развития образования, 2016. — 107 с.

ISBN 978-5-7565-0698-3

В пособии представлен апробированный курс по обучению начинающих пользователей основным приемам и командам трехмерного моделирования в САПР AutoCAD.

Материал изложен в виде ориентировочной основы действий, которую преподаватели могут использовать в ходе самостоятельной отработки умений 3D-прототипирования объектов в программе.

Рекомендуемые практические работы позволят начинающим пользователям подготовиться к самостоятельному моделированию объектов в трехмерном пространстве.

Пособие адресовано учителям технологии, черчения, преподавателям системы дополнительного образования, педагогам спецдисциплин по направлению «Информационные технологии в профессиональной деятельности» системы СПО, а также студентам и слушателям в системе непрерывного профессионального обучения.

**УДК 378.046.4
ББК 30.2я77**

ISBN 978-5-7565-0698-3

© Благодинова В. В., Петров А. Ю., авт.-сост., 2016
© ГБОУ ДПО «Нижегородский институт развития образования», 2016

Трехмерная графика активно применяется для создания изображений на плоскости экрана или листа печатной продукции в науке и промышленности, например, в системах автоматизации проектных работ САПР, для создания твердотельных элементов — зданий, деталей машин, механизмов.

По сравнению с плоским трехмерное изображением обладает рядом преимуществ, которые до сих пор не до конца изучены. Многие пользователи, занимающиеся 3D-технологиями на профессиональном уровне, заявляют о недостаточной на данный момент изученности трехмерной графики и прогнозируют в будущем открытие новых ярких и непостижимых 3D-эффектов. Отметим некоторые преимущества, которые открывают мир объемных изображений.

1. Высокая информативность отдельных зон экрана (в сложных объектах). Сложные геометрические построения в 3D-формате легко читаемы и вполне понятны (например, изображение смешанно-составного химического соединения). В 2D-режиме такую графику разместить невозможно.

2. Преимущества при вращении объекта. В обычном пространстве не играет никакой информационной роли смещение объектов вперед-назад. Зато в 3D-графике картинка полностью меняется — объект разворачивается под другим углом, так что можно рассмотреть его расположение и местонахождение других объектов относительно главной фигуры.

3. Новые возможности перспективы. В двухмерной графике для воспроизведения иллюзии пространства используются принципы создания перспективы: несколько планов представления (близкий — более крупный, удаленный — мелкий), горизонт как центр экспозиции, тени и т. д. Но подобные приемы не всегда дают точную информацию об объекте. В 3D-формате зритель сразу улавливает реальные пропорции предметов, их расположение в пространстве. Для этого ему всего лишь требуется только раз

взглянуть на картинку. Данный закон действует даже на объекты, размещенные хаотично, на разном удалении друг от друга.

4. Влияние на физические реакции зрителя. При правильном моделировании сцены с помощью 3D можно создать эффект присутствия зрителя в пространстве. Человек примеряет на себя эту реальность и становится ее частью, воспринимая как действительность. Таких эффектов в 2D-графике достичь почти невозможно.

И все же основным преимуществом трехмерных изображений является возможность создавать нечто новое — в мире 3D нет отработанных схем, стандартных эффектов. Здесь можно изобретать любые неожиданные решения, которых еще никто не применял, так как поле для экспериментов практически безгранично.

Глава 1. РАБОЧЕЕ ПРОСТРАНСТВО 3D-МОДЕЛИРОВАНИЯ

1.1. Интерфейс 3D-моделирования

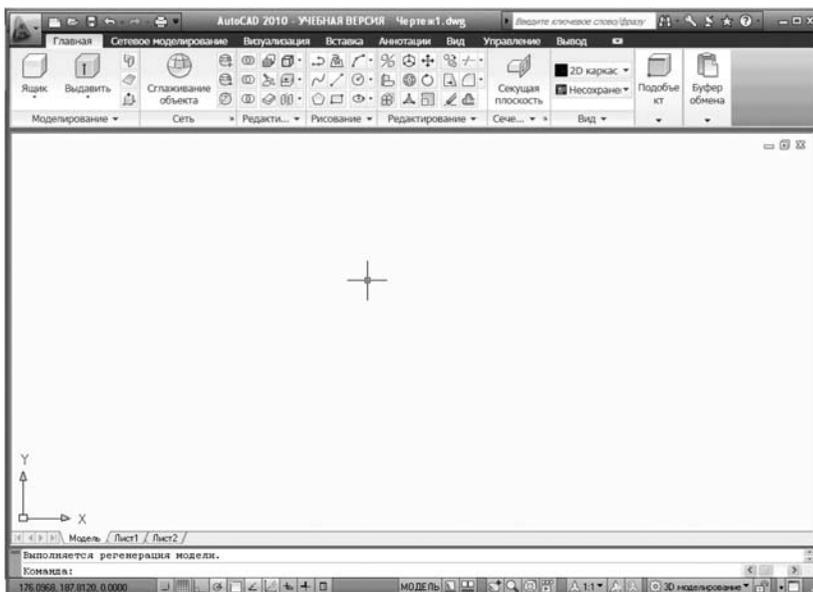


Рис. 1.1. Вид окна «3D-моделирование»

Заголовок окна, меню, графическое поле, вкладки модели и вкладки листов компоновок листа, командная строка и строка состояния — такие же, как в рабочем пространстве классического AutoCAD (рис. 1.1). Особенностью данного пространства является «Лента».

«Лента» служит единым компактным местом размещения операций, относящихся к текущему рабочему пространству. Она

состоит из последовательности панелей, которые организованы в виде вкладок, помеченных названием задачи. «Лента» позволяет исключить необходимость отображения нескольких панелей инструментов, уменьшая беспорядок в приложении и увеличивая область, доступную для работы с помощью единого компактного интерфейса.

«Лента» содержит многие из тех команд, которые ранее были доступны в меню. Например, команда **рзмлинейный** была ранее доступна в меню «Размеры». На «Ленте» команда **рзмлинейный** находится на вкладке «Аннотирование» панели «Размеры».

При создании или открытии чертежа с помощью рабочего пространства «2D-рисование и аннотации» или «3D-моделирование» лента отображается автоматически.

Набор команд «Ленты» зависит от рабочего пространства, в котором находится пользователь. Ее можно открыть вручную, выполнив одно из следующих действий:

- ♦ выбрать в меню «Сервис» пункты «Палитры», «Лента»;
- ♦ в командной строке ввести **лента**.

Чтобы закрыть «Ленту», необходимо ввести в командной строке команду **лентазакр**.

1.2. Аппарат наблюдения за трехмерными объектами

В двухмерном моделировании видна горизонтальная проекция создаваемой модели на плоскость XOY . При этом координата $Z = 0$, а пользователь как бы находится на положительном направлении оси Z в бесконечности.

При трехмерном моделировании пользователь видит какую-либо проекцию геометрической модели (или ее часть) на картинной плоскости — экране. При этом координата $Z \neq 0$, но пользователь все равно будет видеть горизонтальную проекцию модели, пока не изменит положения, то есть положение глаз относительно моделируемого объекта (рис. 1.2).



Рис. 1.2. Параллельное проецирование

Проекция модели строится при помощи проецирующих лучей, которые выходят из точки зрения, проходят через каждую точку модели и пересекают картинную плоскость. Существуют два вида проецирования:

1) параллельное — точка зрения в бесконечности; проецирующие лучи взаимопараллельны; главный луч зрения ориентирован на точку начала координат $(0, 0, 0)$ — рис. 1.2;

2) перспективное — в AutoCAD точка зрения наблюдателя заменяется камерой; проецирующие лучи не параллельны, требуется дополнительная информация о положении камеры относительно модели, и луч зрения ориентирован на точку, называемую целью (рис. 1.3).

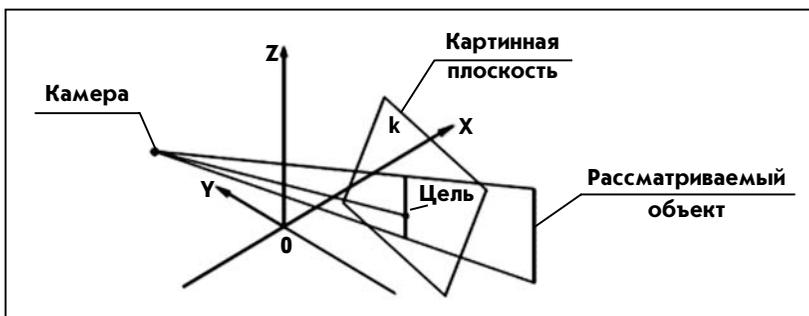


Рис. 1.3. Перспективное проецирование

Подробно рассмотрим параллельное проецирование. Как было отмечено, главный луч с координатами зрения приходит в точке $(0, 0, 0)$. Таким образом, направление взгляда пользователя можно задать:

- ♦ координатами точки зрения (задается любая точка на главном луче зрения);

- ♦ двумя углами, определяющими положение главного луча зрения относительно координатных осей и плоскостей: угол между лучом зрения, проведенным из точки зрения в начало текущей системы координат и плоскостью XOY и угол между проекцией луча зрения на плоскость XOY и осью OX (рис. 1.2).

Направление взгляда при параллельном проецировании можно задать с помощью пунктов меню «Вид»/«3D Видь»:

- ♦ стандартные точки зрения;
- ♦ точка зрения (координаты точки зрения, компас, тройка осей) — команда **тзрения**;

- ◆ вид в плане — команда **план**;
- ◆ готовые точки зрения (сверху, по левому краю, ЮЗ-изометрия и т. д.).

Координаты точки зрения задаются в мировой системе координат, если не изменено значение системной переменной **worldview**. Просмотр 3D-проекции модели с помощью таких команд, как **тзрения**, **двид** или **план**, возможен только в пространстве модели.

Вид проекции зависит от стиля отображения или визуального стиля. **Стиль отображения вида** — это набор параметров, который управляет отображением кромок и теней на видовом экране. Назначить или изменить стиль отображения можно в меню «Вид»/«Визуальные стили».

1.3. Видовые экраны пространства модели

Чтобы одновременно работать на нескольких видах модели, графическую область на вкладке «Модель» можно разбить на несколько неперекрывающихся прямоугольных областей, называемых **видовые экраны пространства модели** (далее — НВЭ). Количество и местоположение видовых экранов называется конфигурацией НВЭ.

В каждый момент времени действует одна конфигурация НВЭ, называемая текущей. По умолчанию в новом чертеже действует конфигурация активной модели, имеющая один видовой экран. Этот элемент рабочей среды всегда проименован. В сложных чертежах одновременное использование различных видов позволяет избежать частого выполнения операций, связанных с изменениями масштаба изображения и панорамирования. Кроме того, ошибки, незаметные на одном виде, могут быть обнаружены на другом.

НВЭ полностью занимают графическую область, не перекрывая друг друга. Во время редактирования чертежа на одном ВЭ одновременно происходит обновление изображений и на других. Текущим является видовой экран, выделенный рамкой, в котором курсор выглядит следующим образом: «+».

Переход с одного экрана в другой осуществляется кликом мыши (можно и внутри команды).

На текущем видовом экране пространства модели можно независимо от других видовых экранов можно выполнить следующие действия:

- ♦ панорамирование, изменение масштаба изображения, определение режимов сетки, шаговой привязки и изображения знака ПСК, а также восстановление именованных видов, изменение визуального стиля;

- ♦ сохранение ПСК для каждого НВЭ (задание различных систем координат для отдельных видовых экранов обычно требуется при работе с трехмерными моделями).

Видовые экраны пространства модели можно изменять, разбивая их на части, и объединять.

В пространстве листа также можно создавать видовые экраны. Эти видовые экраны, называемые плавающими видовыми экранами (далее — ПВЭ), используются для компоновки чертежа, выводимого на печать.

Таким образом, **плавающий видовой экран** — специальный графический объект пространства листа с частью чертежа.

На компоновочном листе можно размещать несколько видовых экранов с разными видами, как принято в традиционном черчении. Видовые экраны можно перемещать друг относительно друга, изменять их размер, копировать, удалять. В каждом ВЭ также может быть установлен свой масштаб.

Разместить на листе несколько видовых экранов можно одним из способов:

- ♦ создать видовые экраны по одному, произвольно размещая их на листе;

- ♦ создать сразу несколько видовых экранов стандартной конфигурации;

- ♦ повторить текущую конфигурацию неперекрывающихся видовых экранов пространства модели вкладки «*Модель*».

В любом случае один или несколько ПВЭ (рис 1.4) можно создать в листе компоновки, например при помощи команды **вэкр**ан, которую можно запустить одним из способов:

- ♦ меню: «*Вид*» / «*Видовые экраны*» / «*Новые ВЭкраны*»;
- ♦ «*Лента*»: «*Вид*» / «*Видовые*» / «*Создать*»;
- ♦ панель инструментов: «*Видовые экраны*»;
- ♦ командная строка: **вэкр**ан или **_vports**.

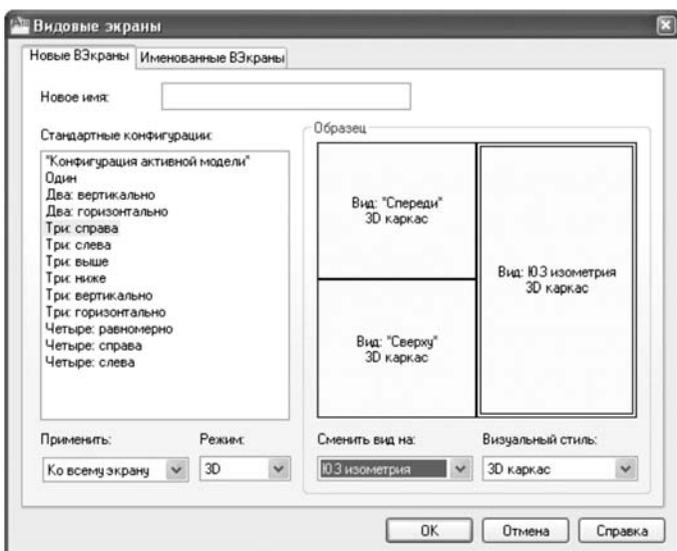


Рис. 1.4. Вид окна «Видовые экраны», вкладка «Новые ВЭкраны»

В результате откроется вкладка «Новые ВЭкраны» диалогового окна «Видовые экраны» (рис. 1.5).

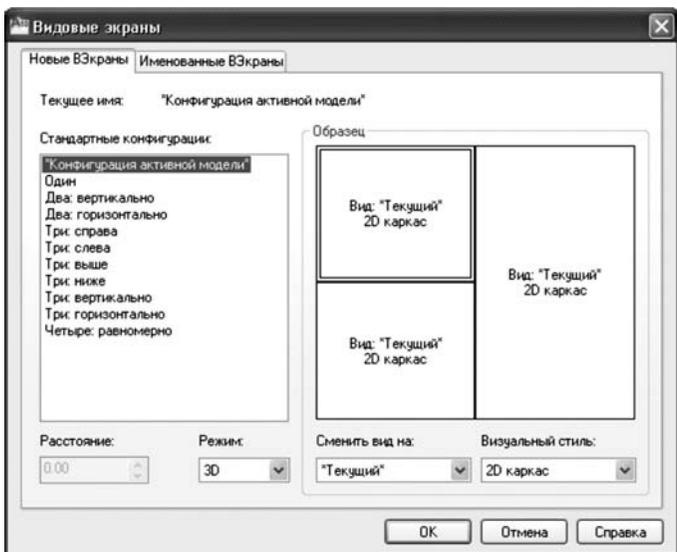


Рис. 1.5. Вид окна «Видовые экраны»

Настройка ВЭ производится аналогично неперекрывающимся. Можно выбрать один или сразу несколько ВЭ, установить в каждом необходимый вид. Выбрав «*Конфигурацию активной модели*», можно продублировать неперекрывающиеся видовые экраны пространства модели.

Завершается команда в пространстве листа не так, как в пространстве модели. В пространстве листа после нажатия на кнопку «ОК» появляются два запроса:

«*Первая угловая точка или [Вписать] <Вписать>*»:

«*Противоположный угол*».

Углы для размещения видовых экранов на компоновочном листе можно задать курсором или абсолютными координатами.

Если на разных видовых экранах листа компоновки присутствуют различные проекции детали, они должны быть выполнены в одинаковом масштабе и выравнены друг относительно друга. Даже если экран один, изображение на нем все равно должно быть в стандартном масштабе.

Способы установки масштаба на текущем ВЭ:

◆ щелкнуть по кнопке «*Масштаб видового экрана*»  в строке состояния;

◆ ввести в команду **форматл**.

Способы выравнивания видов на ВЭ:

◆ с помощью вспомогательных линий и переноса по ним видовых экранов (в пространстве листа);

◆ командой **форматл**.

Пример: выравнивание горизонтальной и фронтальной проекций на ВЭ (рис. 1.6).

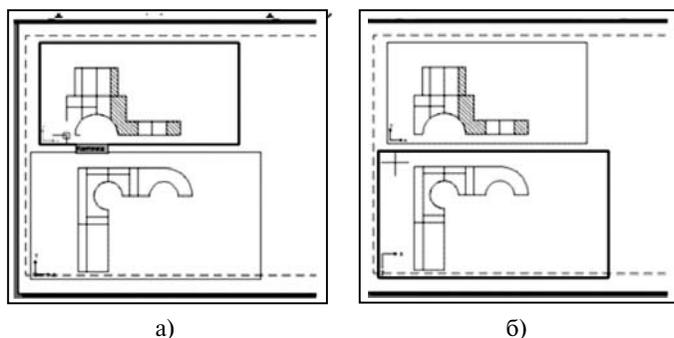


Рис. 1.6. Положение проекций в плавающих видовых экранах: а) до; б) после команды **форматл**

Алгоритм действий

1. Ввести команду: **форматл.**
2. Задать опцию [*«Выравнять»* / *«Создать»* / *«Масштаб»* / *«Опции»* / *«Штамп»* / *«Отменить»*]:.
3. Задать опцию [*«Угловое»* / *«Горизонтальное»* / *«Вертикальное выравнивание»* / *«Повернуть вид»* / *«Отменить»*]:.
4. *«Базовая точка: ...»* — задать базовую точку объектной привязкой на первом видовом экране.
5. *«Указать точку выравнивания на другом ВЭкране: ...»* — задать аналогичную точку на втором видовом экране.

Практическая работа

Задание 1. Настройка рабочей области для 3D-моделирования.

1. Создать свой профиль для работы — *«Сервис»* / *«Настройка»* / *«Профили»* / *«Добавить»*.
2. Дать профилю имя — **фамилия 3D**.
3. Сделать его текущим — установить.



Сеанс работы пользователю следует начинать с установки собственного профиля, а заканчивать — возвращением стандартного.

4. Убрать с экрана все лишние инструментальные панели, оставив следующие:

- ◆ *Рисование,*
- ◆ *Моделирование,*
- ◆ *Объектная привязка,*
- ◆ *Редактирование,*
- ◆ *Редактирование тела,*
- ◆ *Слои,*
- ◆ *ПСК,*
- ◆ *Вид,*
- ◆ *Визуальный стиль,*
- ◆ *Стандартная.*

5. Вычертить рамку в виде прямоугольника с вершинами в точках (0, 0), (210, 297).

6. Сохранить файл.

Задание 2. Настройка видовых экранов.



Если вы хотите периодически возвращаться к какому-либо определенному виду, ему можно дать имя и обращаться к этому имени.

1. Открыть файл «Деталь.DWG» (рис. 1.7).
2. Выбрать подходящее изометрическое изображение и сохранить вид под именем «Вид 1»: панель «Вид» / «Видовые экраны» / «Новые ВЭкраны» / задать имя.

3. После изменения текущего вида вызвать именной вид: панель «Вид» / «Видовые экраны» / «Именованные ВЭкраны» / имя.

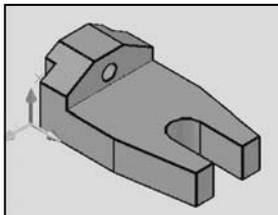


Рис. 1.7. Деталь



На экране может быть размещено сразу несколько видов объекта. Это помогает правильно расположить один объект относительно другого.

Видовой экран становится активными после щелчка мыши на его поле.

4. Создать новый ВЭ с тремя видами — панель «Вид» / «Видовые экраны» / «Новые ВЭкраны» / задать имя / «Три:Справа».
5. В строке «Режим» выбрать «3D».
6. Установить в окнах нужные виды, например: «Сверху», «Спереди», «ЮВ-изометрия».
7. Попробовать внести изменения в модель. Убедиться, что корректируются все видовые экраны. Опробовать работу инструмента «зоот».
8. Сохранить файл.

2.1. Системы координат

Принципиальным моментом при создании геометрических моделей физических объектов является задание точек. Существует несколько способов их задания. Прежде всего необходимо рассмотреть системы координат, в которых осуществляется моделирование, так как в файле чертежа все точки в конечном счете (независимо от способа их задания) хранятся в координатах.

В AutoCAD по умолчанию в конкретном видовом экране текущей является **декартова система координат**. Она может быть неименованная или именованная. Чтобы в чертеже была всегда хотя бы одна система координат, в AutoCAD существует именованная **мировая система координат** — МСК (*World Coordinate System* — *WCS*), которая действует по умолчанию. Это декартова система координат, у которой оси X и Y располагаются в плоскости чертежа, точка начала координат — в левом нижнем углу экрана, а ось Z будет перпендикулярна к плоскости чертежа («на пользователя»). МСК нельзя ни переименовать, ни удалить. В новом чертеже по умолчанию текущей является мировая система координат.

Однако более удобным обычно является создание и редактирование объектов на основе собственной **пользовательской системы координат** — ПСК (*User Coordinate System* — *UCS*). В процессе построения чертежа их можно создавать в необходимом количестве, сохранять именованными, вызывать, удалять. Это декартовы системы координат, определяемые пользователем, у которых точка начала координат и оси X , Y и Z располагаются произвольно в пространстве, при этом оси находятся под углом 90° друг к другу (правая система координат).

2.2. Работа с пользовательской системой координат

При работе с небольшим чертежом пользователь, как правило, работает с мировой системой координат (далее — МСК) или с неименованными пользовательскими системами координат (далее — ПСК).

При работе с большими чертежами рекомендуется сохранять ПСК, которые потребуются в дальнейшем для сокращения времени настройки ПСК.

Способы вызова команды:

- ♦ меню: «Сервис» / «Новая ПСК»;
- ♦ «Лента»: «Вид» / «Координаты» / «ПСК» (рис. 2.1);
- ♦ панель инструментов: ПСК;
- ♦ командная строка (одним из вариантов): `пск` или `_ucs`.

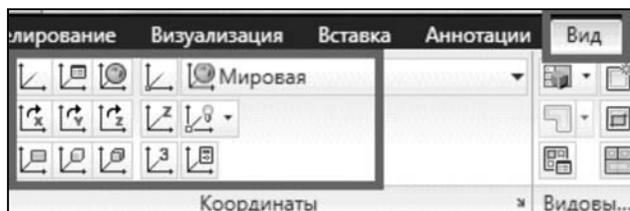


Рис. 2.1. Расположение команды вызова ПСК

Способы задания новой ПСК:

1. Указать новую точку начала, новую плоскость XU или новой оси Z .
2. Совместить ПСК с существующим объектом.
3. Задать ПСК на основе выбранного объекта.

Направление выдавливания выбранного объекта определяет положительное направление оси Z новой ПСК.



При использовании данного метода нельзя выбирать объекты следующих типов: 3D-тела, 3D-полилинии, 3D-сети, видовые экраны, мультилинии, области, сплайны, эллипсы, лучи, прямые, выноски и многострочные тексты.

4. Совместить новую ПСК с текущим направлением взгляда. Задать новую систему координат таким образом, чтобы плоскость XU была перпендикулярна направлению взгляда, то есть параллельна плоскости видового экрана. Положение начала координат не изменяется.
5. Повернуть ПСК вокруг одной из ее осей.

6. Установить новую глубину существующей ПСК по оси Z .
7. Назначить ПСК путем выбора грани. ПСК совмещается с выбранной гранью 3М-тела. Для выбора грани нужно шелкнуть внутри ее контура или на одном из ребер. Выбранная грань подсвечивается. Направление оси X ПСК определяется ближайшим ребром первой из обнаруженных граней.

Часто используемые опции команды ПСК

◆ Начало  — предназначена для установки новой текущей ПСК путем назначения нового начала координат без изменения ориентации осей. В результате при создании ПСК происходит плоскопараллельный перенос осей в новую точку начала координат.

◆ 3 точки  — предназначена для установки новой текущей ПСК, определяемой тремя точками: начала координат и двумя точками на положительных осях OX и OY .

◆ Мировая  — предназначена для перехода к МСК.

Способы перехода в пользовательскую систему:

1. С помощью «Сервис» / «Именованные ПСК» вызвать по имени ранее сохраненную ПСК;
2. Создать новую ПСК (см. выше), при этом она становится текущей.

Изменение текущей системы координат не влияет на изображение рисунка на экране.

Отображение систем координат

В левом нижнем углу графической зоны экрана высвечивается пиктограмма текущей системы координат. По этой пиктограмме видно, какая из систем в данное время активна (рис. 2.2).

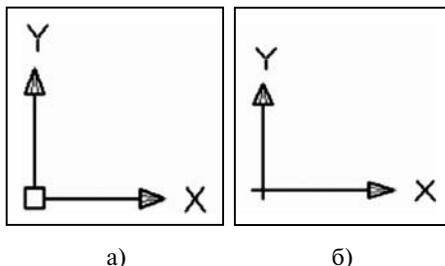


Рис. 2.2. Пиктограммы мировой и пользовательской систем координат:
а) мировая; б) пользовательская

2.3. Виды трехмерных координат

Для работы в трехмерном пространстве в AutoCAD используются три типа координат:

- ◆ трехмерные (3М) декартовы координаты,
- ◆ сферические,
- ◆ цилиндрические.

В трехмерном, как и в двухмерном пространстве можно использовать абсолютные и относительные координаты.

Трехмерные декартовы координаты задают аналогично двумерным. К двум составляющим по осям X и Y добавляют третью — по оси Z . Соответственно, 3М-координаты вводят в формате X, Y, Z . Численные значения координат вводятся через запятую без пробелов. Дробную часть от целой отделяют точкой. Знак « $-$ » у любого из чисел означает ввод координаты в направлении, противоположном направлению соответствующей оси. В AutoCAD двухмерных координат не существует.

При создании или открытии любого рисунка значение координаты Z , используемое по умолчанию, устанавливают 0. Задание координат в виде двух чисел соответствует заданию X, Y , а Z принимает значение равное 0.

В трехмерном пространстве, аналогично двумерному, можно вводить как абсолютные координаты (отсчитываемые от начала координат), так и относительные (отсчитываемые от последней указанной точки). Для ввода координат в относительной форме перед числовыми значениями координат используют @. Например, чтобы указать точку, смещенную от предыдущей на одну единицу по оси Z , следует ввести @ 0, 0,1.

Работа в сферических и полярных координатах аналогична заданию полярных координат для 2М-пространства.

Положение точки в сферических координатах в 3М-пространстве определяется ее расстоянием (A) от начала координат текущей системы координат, углом к оси X в плоскости XU и углом к плоскости XU . Условная запись в сферических координатах: $A < (\text{угол к оси } X) < (\text{угол к плоскости } XU)$. Например, $50 < 45 < 60$ — точка лежит на расстоянии 50 единиц от начала координат текущей ПСК под углом 45° от оси X (против часовой стрелки) и под углом 60° к плоскости XU .

Для задания координат относительно предыдущей точки можно использовать относительные сферические координаты, предваряя числовые значения знаком @.

Сферические координаты удобно использовать для задания положения точек на поверхности сферы.

Цилиндрические координаты описывают расстояние от начала координат ПСК до проекции точки на плоскость XU , угол относительно оси X и расстояние от точки до плоскости XU . Цилиндрические координаты точки указываются в формате: $X <$ (угол к оси X), Z . Например, $50 < 45, 10$ — точка лежит на расстоянии 50 единиц от начала координат текущей ПСК в плоскости XU (проекция точки на плоскость XU) под углом 45° от оси X (против часовой стрелки), на расстоянии 10 по оси Z .

Для задания координат относительно предыдущей точки можно использовать относительные цилиндрические координаты, предваряя числовые значения знаком @.

2.4. Координатные фильтры, объектные привязки

Координатные фильтры

С помощью координатных фильтров пользователь получит координаты новых точек, используя отдельные координаты уже имеющихся на чертеже. Координатные фильтры эффективно работают при включении режима объектной привязки и установлении требуемых для этого привязок. Координатные фильтры можно использовать всегда, когда AutoCAD запрашивает ввод точки.

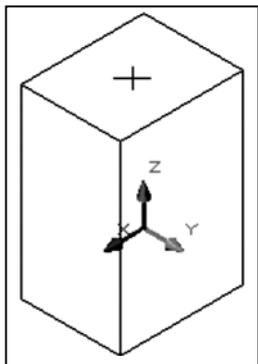


Рис. 2.3. Вид верхней грани параллелепипеда с точкой в центре

Способы вызова фильтров:

- ◆ ввести их в командную строку;
- ◆ щелкнуть правой кнопкой мыши при нажатой клавише «Shift».

Для указания фильтра в командной строке нужно ввести: $.X, .Y, .Z, .XY, .XZ, .YZ$. После указания начальных значений координат AutoCAD предлагает ввести остальные. Если, например, ввести $.X$, AutoCAD запросит недостающие координаты по осям Y и Z . Если ввести $.XZ$, то AutoCAD запросит только одно значение Y .

Пример. Используя координатные фильтры, поставить точку в центре верхней грани параллелепипеда произвольных размеров (рис. 2.3).

Алгоритм действий

Для решения поставленной задачи используем объектные привязки.

1. Невидимые линии параллелепипеда подавлены.
2. Для обозначения точки использовать символ (+) — «Формат» → «Отображения точек».
3. Вызвать команду «Точка» — «Рисование» → «Точка» → «Одиночная». Выбрать фильтр .XУ любым способом, например, щелкнуть правой кнопкой мыши при нажатой клавише «Shift» (рис. 2.4), и сразу указать точку вдоль оси X, используя объектную привязку, например, середину ребра.

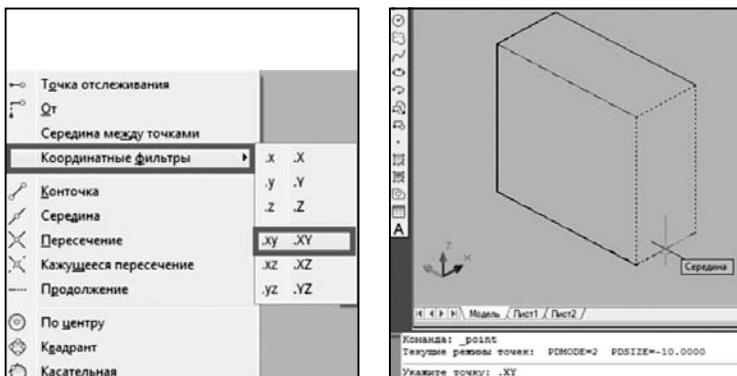


Рис. 2.4. Задание координатного фильтра по оси X

4. Аналогично выбрать п.3 фильтра .У и сразу указать точку вдоль оси Y, используя объектную привязку, например, середину ребра (рис. 2.5).

Используем объектные привязки, выбираем направление Z и указываем точку в верхней части параллелепипеда на любой из граней (см. рис. 2.6).

Часто координатные фильтры — наиболее доступный способ определить трехмерную точку, которая лежит вне существующего объекта.

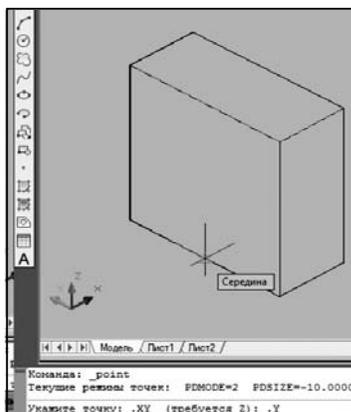


Рис. 2.5. Задание точки на оси Y с помощью фильтра .У

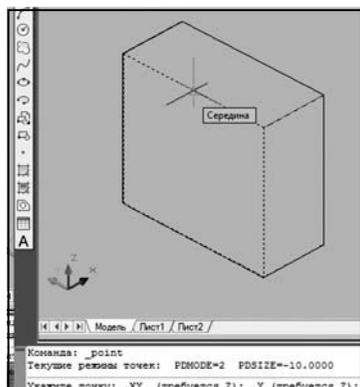


Рис. 2.6. Задание точки на оси Z

Пример. Выбрать точку, лежащую на 5 единиц в направлении оси Z от конечной точки существующей линии (рис. 2.7).

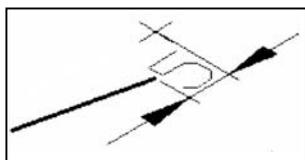


Рис. 2.7. Точка, отстоящая на 5 единиц в направлении Z

Алгоритм действий

1. Вызвать команду «Точка» — «Рисование» → «Точка» → «Одна точка»);
2. Воспользоваться фильтром $.XY$;
3. Выбрать конечную точку линии;
4. На запрос относительно координаты Z ввести число 5.

Объектные привязки

Объектные привязки — основное средство при работе с трехмерными чертежами. Режимы объектной привязки позволяют привязывать ввод координат к характерным точкам, существующим на рисунке объектов. Команда «*OSNAP* — Привязка» задает текущие режимы объектной привязки, которые действуют до их отключения.

Текущие режимы объектной привязки можно включать и отключать, нажав на кнопку «*OSNAP*» в строке состояния.

Применение объектных привязок в трехмерном моделировании не отличается от их использования в двухмерной графике. Однако необходимо помнить, что при трехмерном моделировании одни объекты часто перекрываются другими либо одни плоскости объекта перекрываются другими плоскостями этого же объекта. Поэтому объект необходимо поворачивать таким образом, чтобы иметь однозначную привязку на объекте.

Неоднозначные результаты можно получить при использовании привязки *«Кажущееся пересечение»*.

Кажущееся пересечение состоит из двух отдельных режимов объектной привязки — *«Кажущееся пересечение»* и *«Кажущееся пересечение продолжений»*. Точки привязки, получаемые в режимах *«Пересечение»* и *«Пересечение продолжений»*, также могут быть получены при использовании режимов *«Кажущееся пересечение»* и *«Кажущееся пересечение продолжений»*.

В режиме *«Кажущееся пересечение»* привязка осуществляется к кажущемуся пересечению двух объектов дуги, окружности, эллипса, эллиптической дуги, отрезку, мультилинии, полилинии, луча, сплайна и/или прямой, которые не пересекаются в 3М-пространстве, но при этом выглядят пересекающимися на текущем виде.

В режиме *«Кажущееся пересечение продолжений»* привязка осуществляется к точке воображаемого пересечения двух объектов при продолжении их исходных траекторий.

В режимах *«Кажущееся пересечение»* и *«Кажущееся пересечение продолжений»* привязка осуществляется к краям областей и кривых, но нет привязки к ребрам или углам 3М-тел.

При одновременном включении режимов *«Пересечение»* и *«Кажущееся пересечение»* результаты могут оказаться неоднозначными.

Практическая работа

З а д а н и е. Построение каркасной модели пирамиды. Фильтрация координат.

Алгоритм выполнения

1. Открыть файл с пирамидкой. Представить, что смотрим на каркасную пирамиду сверху (см. рис. 2.8)

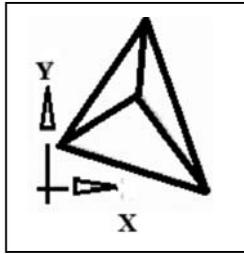


Рис. 2.8. Вид пирамиды

2. Нарисовать произвольный треугольник в плоскости XU —основание пирамиды. Режим «*Объектная привязка*» включен.

3. Построить боковое ребро пирамиды. Определить положение вершины пирамиды, используя метод фильтрации координат:

- ◆ ввести команду «*Отрезок*», в командной строке написать $.XU$ (команда: прочитать координаты X и U у указанной точки);
- ◆ щелчком мыши указать точку, которая будет проекцией вершины пирамиды на плоскость XU ;
- ◆ на запрос командной строки: «*требуется Z*», ввести высоту пирамиды, например, 80. Вершина задана;
- ◆ построить ребро пирамиды, соединив ее с одной из вершин треугольника.

! | Способом фильтрации координат может быть задана
 • | любая из координат или их комбинация, например $.X$ или
 • | $.YZ$.

4. Соединить линиями оставшиеся вершины треугольника с вершиной пирамиды.

5. Убедиться в правильности построения, выбрав на панели «*Вид*» одну из изометрических проекций. С помощью панели «*Орбита*» рассмотреть получившуюся фигуру со всех сторон.

6. Вернуться к исходному виду «*Сверху*».

Глава 3. ПРИНЦИПЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТРЕХМЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ _____

3.1. Создание трехмерных объектов

Твердотельная трехмерная модель наиболее полно отражает свойства моделируемых объектов. 3D-модель хранит информацию о таких характеристиках, как геометрия, прочность, масса, цвет, материал, окружающая обстановка, освещение и т. д.

Сложные пространственные тела создаются путем комбинирования стандартных тел.

Криволинейные поверхности трехмерных объектов отображаются с помощью отдельных сегментов. Управлять сегментами можно с помощью системной переменной **isolines**, вводимой в командной строке.

! | Допустимое количество сегментов — целые (!) числа от 0 до 2047.

Эту переменную можно применить на любом этапе работы. После ее применения необходимо провести регенерацию изображения. Ее значение можно подобрать опытным путем, добиваясь при визуализации необходимого качества отображения каркасной модели. Следует помнить, что на раскрашивание модели переменная не влияет.

! | При работе с трехмерными объектами очень удобно использовать объектные привязки.

Чтобы видеть результаты построения 3D-моделей включите любой из видов изометрии, например «ЮЗ-изометрия».

3.2. Построение трехмерных моделей

Создание трехмерных моделей физически обладает рядом преимуществ:

- ♦ возможность рассмотреть модели из любой точки;

Сетями называются поверхности, которые состоят из узлов — вершин с натянутыми между ними плоскими гранями нулевой толщины.

Команды моделирования поверхностей с помощью сетей позволяют формировать сложные пространственные объекты из комбинации различных геометрических форм.

Элементарные фигуры-сети, называемые **сетевыми примитивами**, представляют собой эквивалент трехмерных твердотельных примитивов. К сетевым примитивам относятся параллелепипед, клин, цилиндр, сфера, тор и т. д. Они уже готовы и могут быть вызваны отдельно или с помощью общей команды.

Объекты-сети видоизменяют путем сглаживания, сгибания, уточнения и разделения граней. Также чтобы придать объекту требуемую форму, можно перетаскивать ребра, грани и вершины.

Сетевую поверхность можно редактировать при помощи команды редактирования полилинии полред.

Способы ввода команды для построения сетевого примитива:

♦ «Лента» — закладка «Сетевое моделирование» (рис. 3.2);

♦ ввести в командную строку одним из вариантов: **сеть** или **_mesh**.

После старта команды **сеть** в командной строке появятся сообщение о текущей степени сглаживания и запрос с выбором построения той или иной поверхности: «Текущая заданная степень сглаживания: 0»;

«Задать опцию [Ящик / Конус / Цилиндр / Пирамида / Сфера / Клин / Тор / Параметры] <Ящик>: ...».

Рассмотрим каждую поверхность в отдельности. Все они перечислены в меню «Рисование» / «Моделирование» / «Сети» / «Примитивы» (см. табл.1).

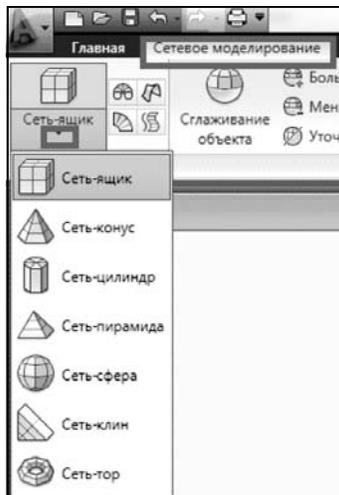
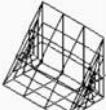
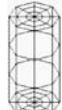
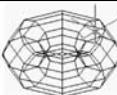


Рис. 3.2. Расположение на «Ленте» команд для сетевого моделирования

Сетевые примитивы

Пиктограмма	Команда	Функция
	Ящик (_box)	Построение сетевой поверхности параллелепипеда
	Клин (_wedge)	Построение сетевой поверхности клина
	Конус (_cone)	Построение сетевой поверхности конуса или усеченного конуса
	Шар (_sphere)	Построение сетевой поверхности сферы
	Цилиндр (_cylinder)	Построение сетевой поверхности цилиндра
	Тор (_torus)	Построение сетевой поверхности тора
	Пирамида (_pyramid)	Построение сетевой поверхности пирамиды

! | Запросы при построении сетевых примитивов идентичны запросам при построении твердотельных примитивов.

Форму сети можно создавать, заполняя пространства между другими объектами, например отрезками и дугами.

Режимами отображения сети (каркас, скрытие или концептуальное изображение) можно управлять, изменяя визуальный стиль (**ВИЗСТИЛИ**).

Типы сетей, создаваемых из других объектов

На основании существующих объектов можно создать несколько типов сетей.

Сеть соединения. Команда «*П-СОЕД*» создает сеть, представляющую поверхность соединения между двумя отрезками или кривыми (рис. 3.3).

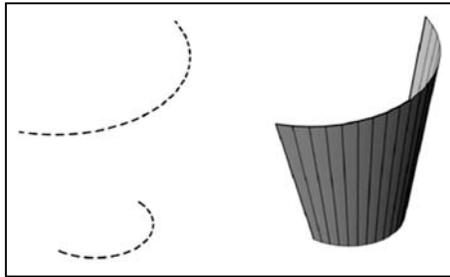


Рис. 3.3. Сетевая поверхность, созданная командой «П-СОЕД»

Алгоритм создания сети соединения

Способ 1. Сеть, соединяющая два отрезка или кривые, строится с помощью команды «*П-СОЕД*». Для определения кромок сети соединения можно использовать два различных объекта: отрезки, точки, дуги, круги, эллипсы, эллиптические дуги, 2D- или 3D-полилинии, а также сплайны.

Способ 2. Оба объекта, используемые в качестве границ сети соединения, должны быть либо разомкнуты, либо замкнуты. Если один из объектов — точка, то второй может быть как разомкнутым, так и замкнутым (рис. 3.4).

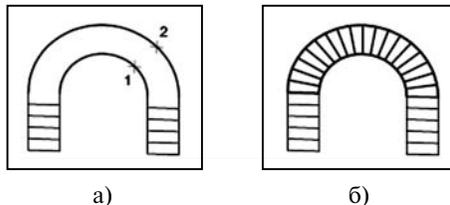


Рис. 3.4. Прием построения сети соединения:
а) выбор кривых; б) результат

Способ 3. Для выполнения операции можно задать любые две точки на замкнутых кривых. В случае разомкнутых кривых

построение сети соединения определяется выбором местоположения заданных точек на кривых (рис. 3.5).

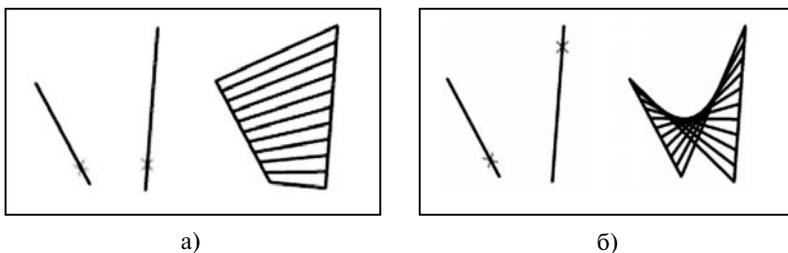


Рис. 3.5. Сети соединения на кривых:
а) с одной стороны; б) с разных сторон

Сеть сдвига. Команда «*П-СДВИГ*» создает сеть, представляющую общую поверхность сдвига (рис. 3.6). Эта поверхность определяется «выдавливанием» отрезка или кривой, называемой криволинейной траекторией. «Выдавливание» определяется указанными значениями направления и расстояния, называемыми вектором направления или траекторией.

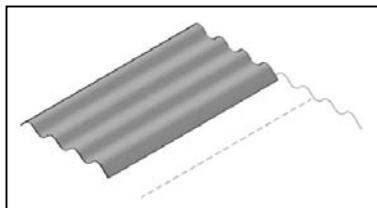


Рис. 3.6. Сетевая поверхность, созданная командой «*П-СДВИГ*»

Алгоритм создания сети сдвига

Сеть, представляющая общую поверхность сдвига, задаваемую криволинейной траекторией и направляющим вектором, строится при помощи команды «*П-СДВИГ*».

Криволинейная траектория может представлять собой отрезок, дугу, круг, эллипс, эллиптическую дугу, 2D- или 3D-полилинию, а также сплайн. Осью вращения может быть отрезок или разомкнутая полилиния (как 2D, так и 3D).

Сеть, построенная командой «*П-СДВИГ*», представляет собой набор параллельных многоугольников, идущих вдоль указанной траектории. Исходный объект и вектор направления уже должны быть начерчены (см. рис. 3.7).

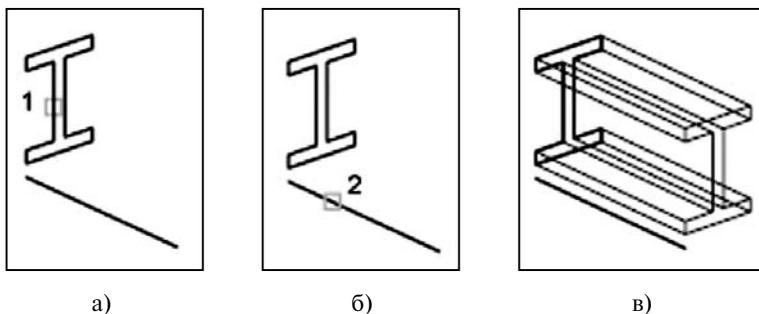


Рис. 3.7. Сеть, построенная командой «П-СДВИГ»:
а) кривая; б) направляющий вектор; в) результат

Сеть вращения. Команда «П-ВРАЩ» создает сеть, приблизительно соответствующую поверхности вращения, путем вращения профиля относительно указанной оси (рис. 3.8). Данный профиль называется криволинейной траекторией. Профиль может состоять из отрезков, кругов, дуг, эллипсов, эллиптических дуг, полилиний, сплайнов, замкнутых полилиний, многоугольников, замкнутых сплайнов и колец.

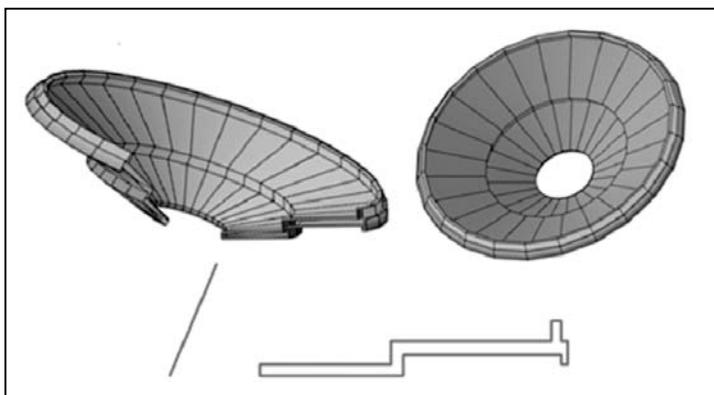


Рис. 3.8. Сетевая поверхность, созданная командой «П-ВРАЩ»

Алгоритм создания сети вращения

Для построения сети вращения путем вращения контура объекта вокруг оси используется команда «П-ВРАЩ». Команда «П-ВРАЩ» полезна для построения сетей с осевой симметрией (см. рис. 3.9).

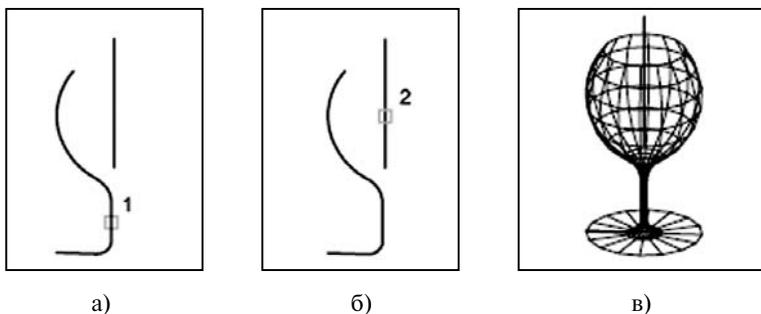


Рис. 3.9. Построение объекта сетью вращения:
а) контур; б) ось вращения; в) результат

Сеть, определенная кромкой. Команда «П-КРОМКА» выполняет построение сети, приближающий участок поверхности Кунса по четырем смыкающимся кромкам (рис. 3.10). Поверхность Кунса — это бикубическая поверхность, натянутая на четыре смыкающиеся кромки (пространственные кривые).

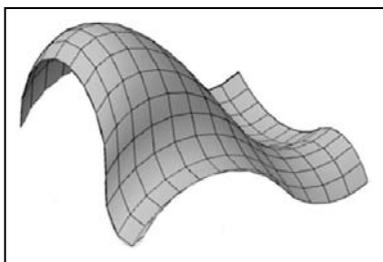


Рис. 3.10. Сеть, определенная кромкой

Алгоритм создания сети, определенной кромкой

С помощью команды «П-КРОМКА» можно создать сеть в виде участка поверхности Кунса (см. рис. 3.11). Построение осуществляется на основе четырех объектов, называемых кромками. Кромки могут представлять собой дуги, отрезки, полилинии, сплайны или эллиптические дуги. Они должны образовывать замкнутый контур, попарно смыкаясь в конечных точках. Участок поверхности Кунса — это бикубическая, то есть обладающая кубической кривизной как в направлении M , так и в направлении N , поверхность, натянутая на четыре пространственные кривые.

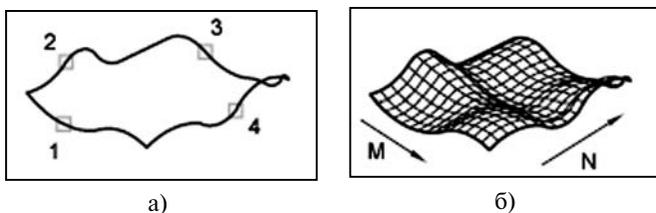


Рис. 3.11. Сеть в виде участка поверхности Кунса:
а) выбор четырех кромок; б) результат

1. Выбрать четыре соседние кромки, определяющие сеть. Кромками могут быть линии, дуги, сплайны или разомкнутые полилинии. Кромки должны смыкаться в конечных точках и образовывать один замкнутый контур (рис. 3.12). Их можно выбрать в произвольном порядке.

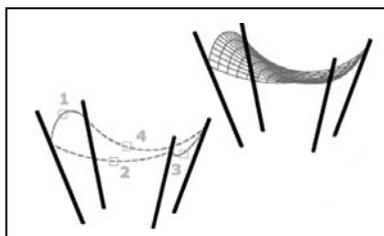


Рис. 3.12. Порядок выбора кромок

Первая кромка определяет направление M генерируемой сети (от конечной точки, ближайшей к точке указания, к другому концу). Две кромки, смежных с первой, формируют кромки N сети.

Тип создаваемой сети определяется системной переменной. По умолчанию создаются объекты сети. Для создания многогранной или полигональной сети предыдущих версий необходимо задать переменное значение равное 0.

2. После задания команды « P -КРОМКА» отображаются следующие запросы:

- ◆ *Объект 1 для кромки поверхности* — задает первую кромку, которая будет использоваться как контур;
- ◆ *Объект 2 для кромки поверхности* — задает вторую кромку, которая будет использоваться как контур;
- ◆ *Объект 3 для кромки поверхности* — задает третью кромку, которая будет использоваться как контур;
- ◆ *Объект 4 для кромки поверхности* — задает последнюю кромку, которая будет использоваться как контур.

Глава 4. ПОСТРОЕНИЕ ТВЕРДОТЕЛЬНЫХ ПРИМИТИВОВ

В системе AutoCAD существует несколько способов создания твердотельных моделей:

- ♦ формирование твердотельных примитивов, формирование полнителя с прямоугольным сечением;
- ♦ формирование составных геометрических моделей с использованием следующих логических операций: объединение, вычитание, пересечение;
- ♦ преобразование плоских объектов в тела.

Способы вызова команд для создания простейших моделей: меню — «Рисование» → «Моделирование»; на «Ленте» (рис. 4.1).

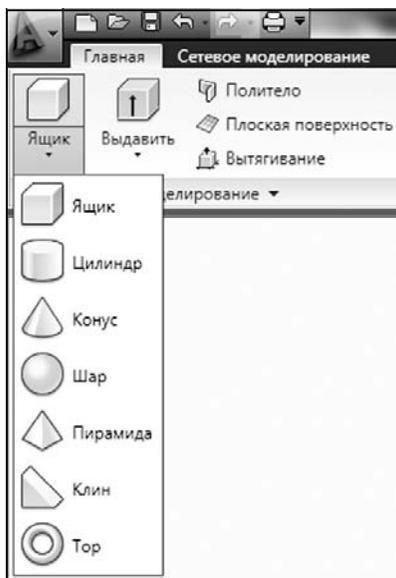


Рис. 4.1. Расположение на «Ленте» команд для формирования твердотельных примитивов

4.1. Создание 3D твердотельного параллелепипеда

Основание ящика всегда вычерчивается параллельно плоскости XU текущей ПСК (плоскость построений).

Параметры создания ящика

Для управления размером и углом поворота создаваемых ящиков используются следующие параметры.

1. Создание куба. Для создания ящика с ребрами одинаковой длины можно воспользоваться параметром «Куб» команды «Ящик».

2. Определение угла поворота. Параметр «Куб» или «Длина» используют для установки угла поворота ящика в плоскости XU .

3. Начало от центральной точки. С помощью параметра «Центральная точка» можно построить ящик, задав конкретную центральную точку.

Способы ввода команды:

- ◆ щелкнуть мышью по кнопке ;
- ◆ ввести команду «Ящик».

Алгоритм построения

При задании команды «Ящик» отображаются следующие запросы.

Способ 1. Построение ящика по координатам двух противоположных углов.

1. «Первый угол или [Центр]: ...» — указать точку или ввести \mathbf{c} для задания центра.

2. «Указать второй угол или [«Куб» / «Линейные»]: ...» — указать второй угол ящика или ввести опцию (рис. 4.2).

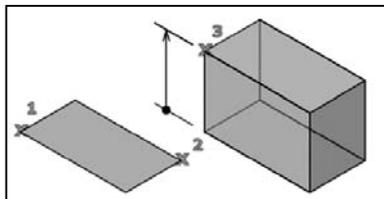


Рис. 4.2. Характерные точки при построении ящика

3. Если значение Z для указанного второго угла ящика отличается от значения для указанного первого угла, подсказка высоты не выводится на экран.

4. «Указать высоту или [2 Точки] < значение по умолчанию>: ...» — задать высоту или ввести 2P для опции моделирования по двум точкам.

При вводе положительного значения высота отсчитывается в положительном направлении оси Z текущей ПСК. При вводе отрицательного значения высота отсчитывается в отрицательном направлении оси Z текущей ПСК.

Основание ящика всегда вычерчивается параллельно плоскости XU текущей ПСК (плоскость построений). Высота ящика задается в направлении оси Z . Для высоты можно указывать положительные и отрицательные значения. **Куб** — построение ящика, стороны которого имеют равные длины.

5. «Задать длину: ...» — ввести значение, или указать точку, чтобы задать длину и вращение ящика в плоскости XU .

Способ 2. Центр. Построение ящика по указанной точке центра.

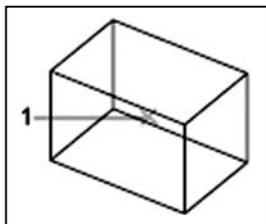


Рис. 4.3. Построение ящика по указанной точке центра

1. «Задать центр: ...» — указать точку (1) — рис. 4.3;

2. «Указать второй угол или [Куб/Длина]: ...» — указать точку или задать опцию;

3. «Высота или [2P] < значение по умолчанию>: ...» — задать высоту или ввести 2P для опции моделирования по двум точкам.

Способ 3. Построение ящика с заданными значениями длины, ширины и высоты.

Длина соответствует оси X , ширина оси Y , а высота оси Z (рис. 4.4).

1. «Задать длину: ...» — ввести значение, или указать точку, чтобы задать длину и вращение ящика в плоскости XU ;

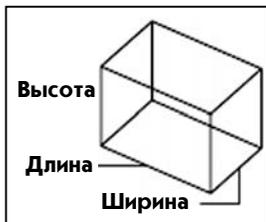


Рис. 4.4. Построение ящика по заданным параметрам

2. «Ширина: ...» — задать расстояние;

3. «Высота: ...» — задать значение.

Способ 4. Построение ящика по двум точкам.

Высота ящика — расстояние между двумя заданными точками:

1. «Первая точка: ...» — указать точку;

2. «Вторая точка: ...» — указать точку.

4.2. Создание 3D твердотельного цилиндра

По умолчанию основание цилиндра располагается в плоскости XU текущей ПСК. Высота цилиндра параллельна оси Z .

Параметры создания цилиндра

Для управления размером и углом поворота создаваемых цилиндров используют следующие параметры.

♦ Установка угла поворота. Для определения высоты и угла поворота цилиндра применяют параметр «*Конечная точка оси*» команды **цилиндр**. Конечной точкой оси, которую можно расположить в любом месте 3D-пространства, является центральная точка верхней плоскости цилиндра.

♦ Использование трех точек для определения основания. Для определения основания цилиндра применяют параметр «*3Т*» (*три точки*). Три точки можно задать в любом месте 3D-пространства.

♦ Построение цилиндрической формы, обладающей конкретными деталями, например канавкой. Создание замкнутой полилинии («*Плиния*» для представления 2D-профиля основания). С помощью команды «*Выдавить*» определяют высоту по оси Z . Получившееся в результате выдавливания тело не является настоящим твердотельным цилиндрическим примитивом.

Способы вызова команды:

- ♦ щелкнуть мышью по кнопке ;
- ♦ ввести команду **цилиндр**.

Алгоритмы построения фигур

Цилиндр с круговым основанием

1. Выбрать «*Главная вкладка*» → «*Моделирование*» → раскрывающийся список «*Твердотельные примитивы*» → «*Цилиндр*».
2. Задать центральную точку основания.
3. Задать радиус или диаметр основания.
4. Задать высоту цилиндра.

Цилиндр с эллиптическим основанием

1. Выбрать «*Главная вкладка*» → «*Моделирование*» → раскрывающийся список «*Твердотельные примитивы*» → «*Цилиндр*».
2. Ввести в командную строку э (эллиптический).
3. Указать начальную точку первой оси.
4. Указать конечную точку первой оси.

5. Задать конечную точку (длину и угол поворота) второй оси.
6. Задать высоту цилиндра.

Цилиндр с высотой и углом поворота, задаваемыми конечной точкой оси

1. Выбрать «Главная вкладка» → «Моделирование» → раскрывающийся список «Твердотельные примитивы» → «Цилиндр».
2. Задать центральную точку основания.
3. Задать радиус или диаметр основания.
4. Ввести в командную строку **к** (конечная точка оси).
5. Задать конечную точку оси цилиндра. Эта конечная точка может располагаться в любом месте 3D-пространства.

4.3. Создание 3D твердотельного конуса

Конус бывает заостренный или усеченный с основанием в виде круга или эллипса (рис. 4.5).

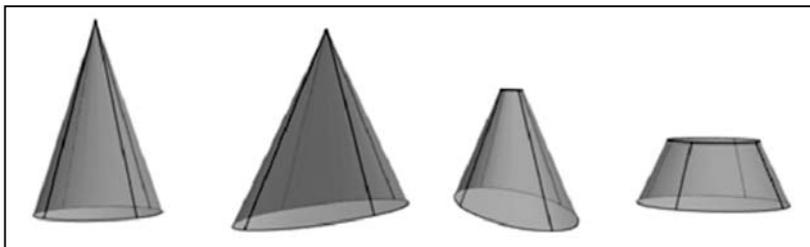


Рис. 4.5. Конфигурации конусов

По умолчанию основание конуса располагается в плоскости XY текущей ПСК. Высота конуса параллельна оси Z .

Параметры создания конуса

Для управления размером и углом поворота создаваемых конусов используются следующие параметры.

◆ Установка высоты и ориентации. Использование параметра «*Конечная точка оси*» команды **конус**. Для задания конечной точки оси как точки конуса или центра верхней грани применяют параметр «*Радиус верхнего основания*». Конечная точка оси может быть расположена в любом месте 3D-пространства.

◆ Создание усеченного конуса. Параметр «*Радиус верхнего*

основания» команды **конус** служит для построения усеченного конуса, суживающегося в эллиптическую или плоскую грань (рис. 4.6).

Инструмент «Усеченный» также есть на вкладке «*Моделирование*» данной палитры инструментов. Для изменения вершины конуса и преобразования ее в плоскую грань можно использовать «ручки».

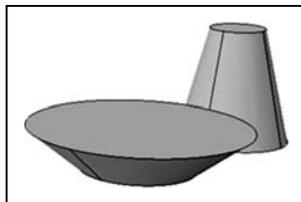


Рис. 4.6. Усеченный конус

◆ Указание окружности и базовой плоскости. Размер и плоскость основания конуса в любом месте 3D-пространства определяются параметром «*3Т*» (три точки) команды **конус**.

◆ Определение угла сужения. Для создания конического тела, грани которого определяются указанным значением угла, строят 2D-круг. Затем применяют команду «*Выдавить*» и параметр «*Угол конусности*» для сужения круга вдоль оси *Z* с использованием заданного угла. Однако этот метод обеспечивает построение выдвинутого тела, а не подлинного примитива твердотельного конуса.

Способы вызова команды:

- ◆ щелкнуть мышью по кнопке ;
- ◆ ввести команду **конус**.

Алгоритмы построения

Конус с круговым основанием

1. Выбрать «*Главная вкладка*» → «*Моделирование*» → раскрывающийся список «*Твердотельные примитивы*» → «*Конус*» или в командной строке ввести **конус**.
2. Задать центральную точку основания.
3. Задать радиус или диаметр основания.
4. Задать высоту конуса.

Конус с эллиптическим основанием

1. Выбрать «*Главная вкладка*» → «*Моделирование*» → раскрывающийся список «*Твердотельные примитивы*» → «*Конус*».
2. Ввести в командную строку э (эллиптический).
3. Указать начальную точку первой оси.
4. Указать конечную точку первой оси.
5. Задать конечную точку (длину и угол поворота) второй оси.
6. Задать высоту конуса.

Усеченный конус

1. Выбрать «Главная вкладка» → «Моделирование» → раскрывающийся список «Твердотельные примитивы» → «Конус» или в командной строке ввести **конус**.
2. Задать центральную точку основания.
3. Задать радиус или диаметр основания.
4. В командную строку ввести **r** (радиус верхнего основания). Задать радиус верхнего основания.
5. Задать высоту конуса.

Конус с высотой и ориентацией, задаваемыми конечной точкой оси

1. Выбрать «Главная вкладка» → «Моделирование» → раскрывающийся список «Твердотельные примитивы» → «Конус» или в командной строке ввести **конус**.
2. Задать центральную точку основания.
3. Задать радиус или диаметр основания.
4. Ввести в командную строку **k** (конечная точка оси).
5. Указать конечную точку и угол поворота конуса. Эта конечная точка может располагаться в любом месте 3D-пространства.

4.4. Создание 3D твердотельной пирамиды

Пирамида может содержать до 32 граней (рис. 4.7). Можно создать пирамиду, сужающуюся к определенной точке или усеченную пирамиду, сужающуюся к плоской грани.

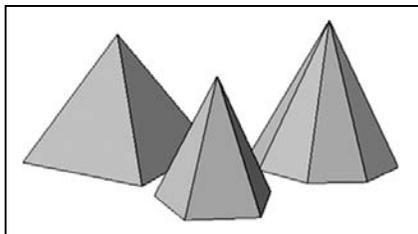


Рис. 4.7. Пирамиды

Параметры создания пирамиды

Для управления размером, формой и углом поворота создаваемых пирамид используются следующие параметры.

◆ Установка количества сторон. Для установки количества сторон пирамиды используют параметр «*Стороны*» команды **пирамида**.

◆ Установка длины ребер. Для указания размера сторон у основания используют параметр «*Ребра*».

◆ Создание усеченной пирамиды. Для создания усеченной пирамиды, сужающейся к плоской грани, используют параметр «*Радиус верхнего основания*». Грань усечения параллельна основанию и имеет такое же количество сторон, что и в основании (рис. 4.8).

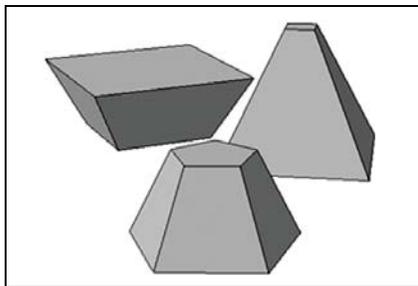


Рис. 4.8. Усеченная пирамида

◆ Установка высоты и угла поворота пирамиды. Для определения высоты и угла поворота пирамиды используют «*Конечная точка оси*» команды **пирамида**. Эту конечную точку или верхнюю часть пирамиды можно расположить в любом месте 3D-пространства.

По умолчанию пирамида определяется центром базовой точки, расположенной на середине ребра, и другой точкой, задающей ее высоту (рис. 4.9).

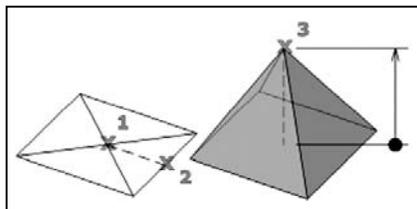


Рис. 4.9. Точки, определяющие построение пирамиды

Первоначально значение радиуса в основании по умолчанию не задано. В сеансе черчения значение радиуса в основании

по умолчанию всегда равняется предыдущему заданному значению радиуса в основании любого элементарного тела.

◆ Опция «*Радиус верхнего основания*» применяют для создания усеченной пирамиды.

Способы вызова команды:

- ◆ щелкнуть мышью по кнопке ;
- ◆ ввести команду **пирамида**.

Алгоритмы построения фигур

Пирамида

1. Выбрать «*Главная вкладка*» → «*Моделирование*» → раскрывающийся список «*Твердотельные примитивы*» → «*Пирамида*».
2. Ввести в командную строку **с** (стороны). Ввести количество сторон.
3. Задать центральную точку основания.
4. Задать радиус или диаметр основания.
5. Задать высоту пирамиды.

Усеченная твердотельная пирамида

1. Выбрать «*Главная вкладка*» → «*Моделирование*» → раскрывающийся список «*Твердотельные примитивы*» → «*Пирамида*».
2. Ввести в командную строку **с** (стороны); ввести количество сторон.
3. Задать центральную точку основания.
4. Задать радиус или диаметр основания.
5. Ввести **в** (радиус верхнего основания).
6. Задать радиус плоской грани в верхней части пирамиды.
7. Задать высоту пирамиды.

4.5. Создание 3D твердотельного клина

Возможно построение клина с прямоугольными или квадратными гранями (рис. 4.10).

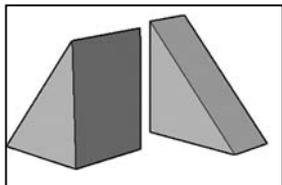


Рис. 4.10. Клин

Основание клина вычерчивается параллельно плоскости XU текущей ПСК, а наклонная грань располагается напротив первого указанного угла основания.

Высота клина параллельна оси Z .

Параметры создания клина

Для управления размером и углом поворота создаваемых клиньев используются следующие параметры.

◆ Построение равносidedного клина (рис. 4.11). При помощи использования параметра «Куб» команды **Клин**.

◆ Определение угла поворота. Параметр «Куб» или «Длина» используют для установки угла поворота клина в плоскости XY.

◆ Начало от центральной точки. С помощью параметра «Центральная точка» можно построить клин, задав конкретную центральную точку.

Способы ввода команды:

- ◆ щелкнуть мышью по кнопке ;
- ◆ ввести команду **Клин**.

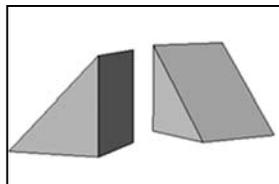


Рис. 4.11. Равносidedный клин

Алгоритмы построения фигур

Создание клина по двум точкам и высоте

1. Выбрать «Главная вкладка» → «Моделирование» → раскрывающийся список «Твердотельные примитивы» → «Клин» или в командной строке ввести **Клин**.
2. Указать первый угол основания.
3. Указать противоположный угол основания.
4. Задать высоту клина.

Создание клина по длине, ширине и высоте

1. Выбрать «Главная вкладка» → «Моделирование» → раскрывающийся список «Твердотельные примитивы» → «Клин».
2. Указать первый угол основания.
3. Ввести в командную строку **д** (длина); указать длину основания.
4. Указать ширину основания.
5. Задать высоту клина.

Создание клина по центральной точке, углу основания и высоте

1. Выбрать «Главная вкладка» → «Моделирование» → раскрывающийся список «Твердотельные примитивы» → «Клин».
2. Ввести в командную строку **ц** (центр); задать центральную точку основания.

Способы определения местоположения угла основания:

- ♦ для одновременной установки длины и ширины: указать местоположение одного угла основания;

- ♦ для установки длины и ширины по отдельности: ввести в командную строку *д* (длина) и указать длину, затем ширину.

3. Задать высоту клина.

Создание клина с одинаковыми длиной, шириной и высотой

1. Выбрать «Главная вкладка» → «Моделирование» → Раскрывающийся список «Твердотельные примитивы» → «Клин».

2. Задать первый угол или ввести *ц* (центр); указать центральную точку основания.

3. Ввести в командную строку *к* (куб); указать длину и угол поворота клина. Значение длины определяет длину и высоту клина.

4.6. Создание 3D твердотельного тора

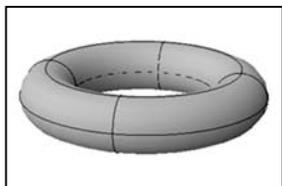


Рис. 4.12. Тор

Тор — круглое кольцообразное тело, форма которого напоминает внутреннюю камеру шины (рис. 4.12).

Тор имеет два значения радиуса. Одно значение определяет саму трубу; другое — расстояние от центра тора до центра трубы. По умолчанию тор строится параллельно плоскости оси *XУ* текущей ПСК и разделяется ею пополам.

Допускается построение самопересекающихся торов, то есть торов, не имеющих центрального отверстия. Для этого нужно задавать радиус полости большим, чем радиус тора (рис. 4.13).

Параметры создания тора

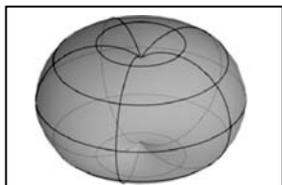


Рис. 4.13. Самопересекающиеся торы

Для управления размером и углом поворота создаваемых торов используют следующие параметры.

- ♦ Установка размера окружности или радиуса и плоскости ее размещения. Для определения размера тора в любом месте 3D-пространства используют параметр «3Т» (три точки). Эти

три точки также определяют плоскость окружности шара. Эту опцию применяют для поворота тора при его создании.

◆ Определение окружности или радиуса. Для определения размера тора в любом месте 3D-пространства используют параметр «*2T*» (две точки). Плоскость окружности шара соответствует значению координаты *Z* первой точки.

◆ Установка размера и местоположения тора на основе других объектов. Для определения тора, находящегося в отношениях касательности с двумя кругами, дугами, отрезками и некоторыми 3-объектами, используют параметр «*ККР*» (касательная, касательная, радиус). Эти точки касания проецируются на текущую ПСК.

Способы ввода команды:

- ◆ щелкнуть мышью по кнопке ;
- ◆ ввести команду **тор**.

Алгоритм построения тора

1. Выбрать «*Главная вкладка*» → «*Моделирование*» → раскрывающийся список «*Твердотельные примитивы*» → «*Тор*» или в командной строке ввести команду **тор**.
2. Указать центр тора.
3. Указать радиус или диаметр траектории сдвига, образуемого полостью тора.
4. Задать радиус или диаметр полости тора.

4.7. Создание 3D твердотельного шара

Создать шар (рис. 4.14) можно одним из нескольких способов. Если начинать создание с центральной точки, то центральная ось шара будет параллельна оси *Z* текущей ПСК.

Параметры создания шара

Для построения шара с помощью команды **шар** используют следующие параметры.

◆ Указание трех точек, определяющих размер и плоскость окружности или радиус. Для определения размера шара в любом месте 3D-пространства исполь-



Рис. 4.14. Шар

зуют параметр «3Т» (три точки). Эти три точки также определяют плоскость окружности шара.

♦ Указание двух точек для определения окружности или радиуса. Для определения размера шара в любом месте 3D-пространства используют параметр «2Т» (две точки). Плоскость окружности шара соответствует значению координаты Z первой точки.

♦ Установка размера и местоположения шара на основе других объектов. Для определения шара, находящегося в отношениях касательности с двумя кругами, дугами, отрезками и некоторыми 3D-объектами, используют параметр «ККР» (касательная, касательная, радиус). Эти точки касания проецируются на текущую ПСК.

Способы ввода команды:

- ♦ щелкнуть мышью по кнопке ;
- ♦ ввести команду **шар**.

Алгоритм построения шара

1. Выбрать «*Главная вкладка*» → «*Моделирование*» → раскрывающийся список «*Твердотельные примитивы*» → «*Шар*» или в командной строке ввести команду **шар**.
2. Указать центр шара.
3. Задать радиус или диаметр шара.

Шар, определяемый тремя точками

1. Выбрать «*Главная вкладка*» → «*Моделирование*» → раскрывающийся список «*Твердотельные примитивы*» → «*Шар*».
2. Ввести в командную строку «3Т» (три точки). Указать первую точку.
3. Указать вторую точку.
4. Указать третью точку.

Практическая работа

З а д а н и е. Построить объекты-примитивы по заданным параметрам.

1. Построить куб со стороной 50,267 единиц. Вписать в него сферу, используя координатные фильтры.

2. Построить куб со стороной 47,239 единиц. Вписать в него цилиндр, используя координатные фильтры.
3. Построить конус с центром основания в точке $(0, 0, 0)$ и координатами вершины $(20, 30, 100)$.
4. Построить клин с длинами сторон: 30, 50, 80.
5. Построить тело в форме мяча для регби (*измерения задать самостоятельно*).
6. Построить куб со стороной 38,275 единиц. Вписать в него конус, используя координатные фильтры.
7. Построить цилиндр с центром первого основания в точке $(-25, 31, 0)$ и координатами центра второго основания $(22, 36, 100)$.
8. Построить тело в форме сферы с вытянутыми остроко-
нечными полюсами (*измерения задать самостоятельно*).
9. Построить тело в форме сферы с углублениями на по-
люсах (*измерения задать самостоятельно*).
10. Построить цилиндр с $R = 25$, $h = 120$ как тело враще-
ния.
11. Построить параллелепипед с измерениями 20, 35, 85 как
тело выдавливания.
12. Построить конус с $R = 27$, $h = 125$ как тело вращения,
используя в качестве оси вращения ось X .
13. Длина стороны куба — 100, радиус сферы — 50.
14. Радиус основания цилиндра — 20, высота 85, конуса —
20 и 65.
15. Построить куб со скругленными углами (*измерения за-
дать самостоятельно*).
16. Построить клин с измерениями 100, 120, 150.

Глава 5. ТВЕРДОТЕЛЬНЫЕ СОСТАВНЫЕ ТЕЛА

Создание составных 3D-объектов выполняется путем объединения, вычитания или нахождения массы пересечения двух или нескольких 3D-тел, поверхностей или областей.

Составные тела создаются из двух или нескольких тел, поверхностей или областей с помощью любой из следующих команд: «Объединение», «Вычитание» и «Пересечение».

Способы вызова команд для редактирования 3D-тела

«Лента» (рис. 5.1):

- ◆ «Главная вкладка» → «Редактирование тела» → «Объединение»;
- ◆ «Главная вкладка» → «Редактирование тела» → «Вычитание»;
- ◆ «Главная вкладка» → «Редактирование тела» → «Пересечение».

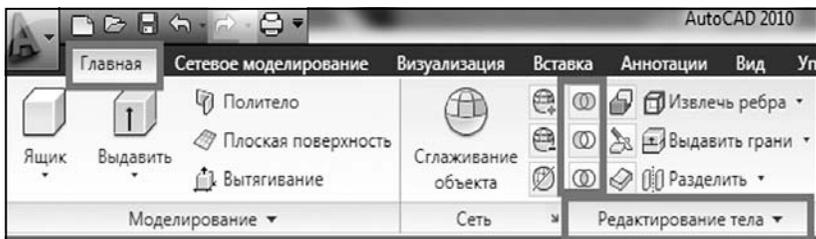


Рис. 5.1. Размещение команд редактирования 3D-тела

5.1. Способы создания составных объектов

Есть три способа создания составных тел, поверхностей или областей.

I. Объединение двух или нескольких объектов

Кнопка . С помощью команды «Объединение» можно объединить в целое объемы двух или нескольких объектов (рис. 5.2).

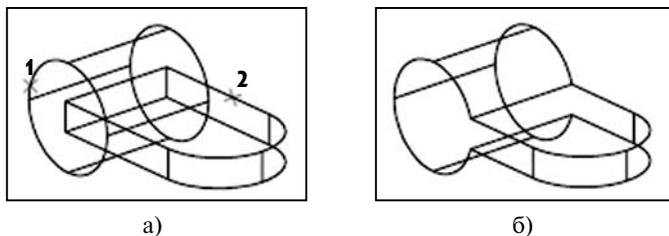


Рис. 5.2. Объединение тел:
а) объединяемые объекты; б) результат

Можно объединить два или более 3D-тел, поверхностей или 2D-областей для создания составного 3D-тела, поверхности или области. Для объединения следует выбирать однотипные объекты (рис. 5.3).

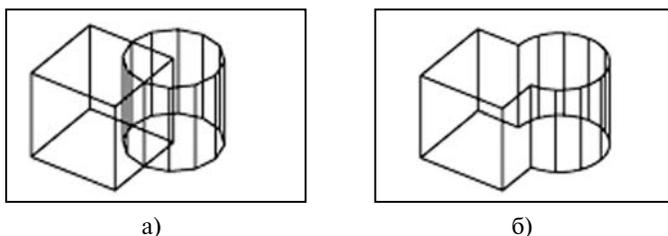


Рис. 5.3. Объединение 3D-тел:
а) до; б) после

В наборе могут находиться объекты, расположенные в любых плоскостях. В случае смешанных типов объектов наборы объектов разделяются на поднаборы, объединяемые по отдельности. В первый поднабор группируются тела; во второй поднабор — первая выбранная область и все компланарные ей области, и т. д.

В результате составное тело представляет собой объем, включающий все выбранные тела. Каждая результирующая составная область представляет собой совокупность всех областей поднабора (см. рис. 5.4).



Объединять объекты-сети НЕВОЗМОЖНО. Если выбрать объект-сеть, выводится запрос на его преобразование в 3D-тело или поверхность.

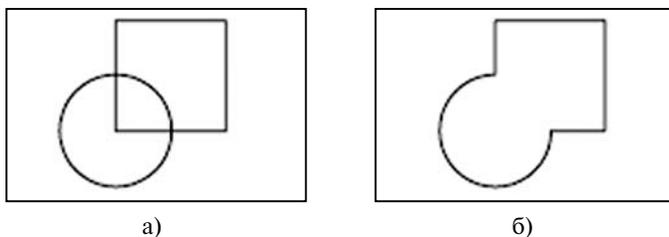


Рис. 5.4. Объединение областей:
а) до; б) после

Список запросов

После выбора команды появляются запросы-подсказки:

- ◆ «Выберите объекты: ...»;
- ◆ «Выберите 3D-тела, поверхности или области для объединения».

После окончания выбора объектов необходимо нажать на «Enter».

II. Вычитание одного набора тел из другого

Кнопка . С помощью команды «Вычитание» можно создать 3D-тело или поверхность путем вычитания одного набора 3D-тел из другого, пересекающегося с ним набора. То же самое можно сделать с пересекающимися поверхностями или 2D-областями (рис. 5.5).

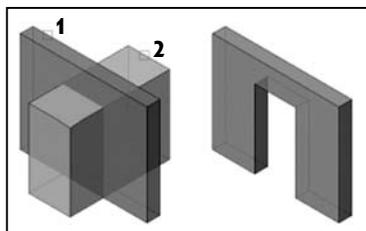


Рис. 5.5. Вычитание одного набора тел из другого

Алгоритм действий

1. Выбрать объекты, которые требуется сохранить. Нажать на «Enter».
2. Выбрать объекты, которые следует вычесть.
Объекты второго набора вычитаются из объектов первого

набора. Создается новое единое 3D-тело, поверхность или область (рис. 5.6).

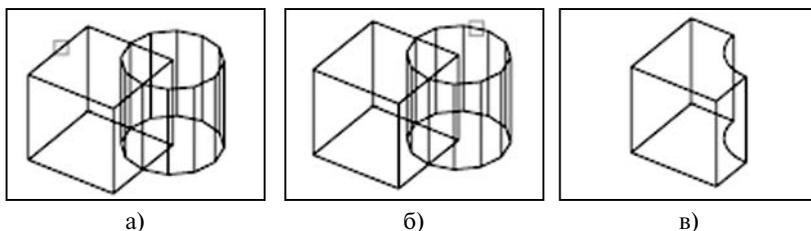


Рис. 5.6. Вычитание объектов:

а) уменьшаемое тело; б) вычитаемое; в) тело после вычитания

Вычитают области только из компланарных областей (рис. 5.7).

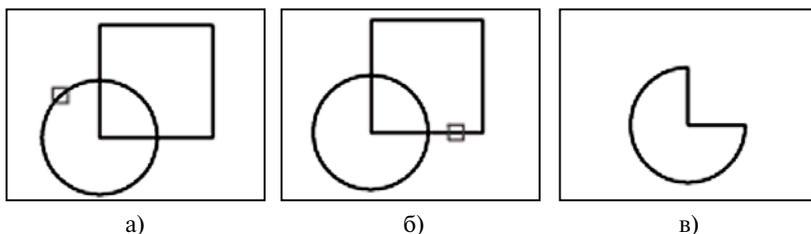


Рис. 5.7. Вычитание областей:

а) уменьшаемая область; б) вычитаемая область;
в) область после вычитания

Однако с помощью команды «*Вычитание*» можно одновременно проводить вычитание для нескольких плоскостей. Программа создает отдельные вычитаемые области на каждой плоскости. Области, для которых не найдены другие компланарные области, не обрабатываются.

❗ | С объектами-сетями нельзя использовать команду «*Вычитание*». Если выбрать объект-сеть, выводится запрос на его преобразование в 3D-тело или поверхность.

Список запросов

После того, как задана команда «*Вычитание*», на мониторе отображаются следующие запросы:

◆ «*Выберите объекты, из которых будет выполняться вычитание*» — задаются 3D-тела, поверхности или области, которые будут изменены операцией вычитания.

◆ «*Выберите объекты, которые будут вычитаться*» — указываются 3D-тела, поверхности или области, которые следует вычесть.

С помощью команды «*Вычитание*» из набора тел удаляют те части объема, которые принадлежат другому набору тел. Например, команду «*Вычитание*» можно использовать для получения отверстий в механических деталях путем вычитания цилиндров из объектов (рис. 5.8).

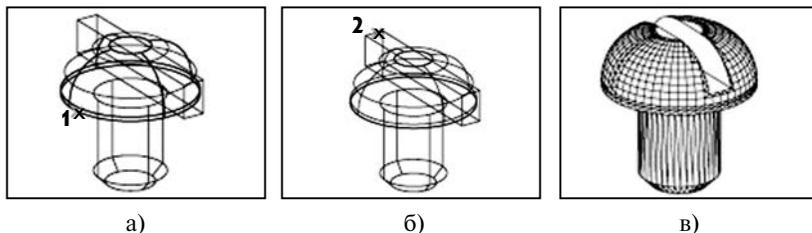


Рис. 5.8. Создание тела с отверстием при вычитании одного тела из другого:
 а) уменьшаемые объекты; б) вычитаемые объекты;
 в) результат (скрытые линии подавлены)

III. Нахождение общего объема

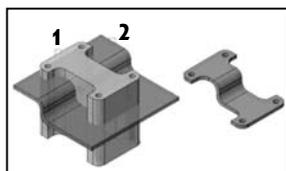


Рис. 5.9. Создание составного тела из общего объема

Кнопка . С помощью команды «*Пересечение*» можно построить сложное тело, занимающее объем, являющийся общим для нескольких пересекающихся тел. Команда «*Пересечение*» позволяет удалить неперекрывающиеся части и создать составное тело из общего объема (рис. 5.9—5.10). Если выбрана сеть, перед выполнением операции ее можно преобразовать в тело или поверхность.

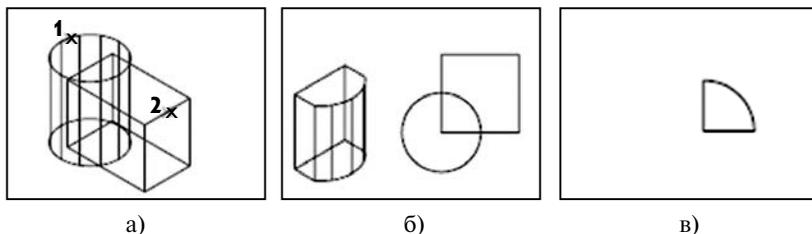


Рис. 5.10. Создание новых тел и областей командой «*Пересечение*»:
 а) пересекающиеся объекты и результат;
 б) и в) области до и после пересечения

В наборе объектов могут находиться области, тела и поверхности, расположенные в любых плоскостях. Команда «*Пересечение*» делит набор объектов на несколько отдельных поднаборов, объекты внутри каждого из которых проверяются на пересечение. Первый поднабор содержит все тела и поверхности из набора объектов. Во второй попадают первая из выбранных областей и все компланарные ей. В третий группируются первая область, некомпланарная областям из второго поднабора, и все компланарные ей и т. д.

Список запросов

После задания команды «*Пересечение*» отображается следующий запрос:

◆ «*Выберите объекты: ...*» — задаются объекты, включаемые в операцию пересечения.

Нажать на клавишу «*Enter*».

5.2. Создание составных тел из объектов смешанных типов

Наряду с созданием составных объектов из объектов одного и того же типа можно создавать сложные объекты, используя поверхности и тела.

Способы создания составных тел

◆ Смешанное пересечение. Объединение тела и поверхности путем пересечения приводит к образованию поверхности.

◆ Смешанное вычитание. Вычитание 3D-тела из поверхности приводит к образованию поверхности. При этом вычесть поверхность из 3D-объекта тела невозможно.

◆ Смешанное объединение. Объединение 3D-тела и поверхности выполнить невозможно.

Если набор объектов содержит и допустимые и недопустимые для компоновки объекты, то недопустимые объекты игнорируются. Например, если при использовании команды «*Вычитание*» вначале выбирают объект-тело, которое надлежит изменить, а затем тело и поверхность, подлежащие вычитанию, то операция вычитания будет выполнена только для объекта-тела.

Создание составных объектов-сетей невозможно. Но если данный набор объектов содержит объекты-сети, то их можно преобразовать в 3D-тела или поверхности и продолжить опера-

цию. Если сеть является непроницаемой, то есть включает объем при отсутствии зазоров, то она преобразуется в твердотельный объект. Если сеть содержит зазоры, она преобразуется в поверхность.

Если набор смешанных объектов содержит области, то они игнорируются.

Практическая работа

Задание 1. Создание твердотельных объектов при помощи команды «Выдавливание». Использование различных видов и проекций. Построение прямой призмы с произвольным основанием, например, с пятиугольным.

1. Нарисовать правильный пятиугольник: панель «*Рисование*» / «*Многоугольник*» / 5 / указать центр и радиус.

2. Панель «*Моделирование*» / «*Выдавить*» / указать объект и высоту.

3. Убедиться в правильности построения: панель «*Вид*» / «*ЮЗ-изометрия*».

4. Посмотреть, как выглядит построенная фигура в разных способах отображения: панель «*Визуальные стили*» / «*Реалистичный*», «*Концептуальный*»... .

5. Вернуться к исходному виду сверху.

6. Построить пирамиду (призму с наклоненными гранями).

7. Полинией нарисовать основание, например, треугольник.

8. Выдавить фигуру под углом 10° с высотой 50: панель «*Моделирование*» / «*Выдавить*» / указать объект / «*Угол сужения*».

В результате должна получиться полная или усеченная пирамида.

Задание 2. Сдвиг плоского объекта вдоль траектории. Построение тела, выдавленного по произвольной траектории.

1. В горизонтальной плоскости нарисовать окружность небольшого произвольного радиуса.

2. Создать объект-траекторию, например, дугу или прямоугольник: панель «*Рисование*» / «*Дуга*».

3. На панели «*Моделирование*» выбрать «*Сдвиг*» / указать объект / «*Траектория*» / указать траекторию.

В результате должен получиться объект сложной формы.

4. Посмотреть, как выглядит построенная фигура в разных способах отображения: панель «*Визуальные стили*».

5. Рассмотреть полученные фигуры со всех сторон: панель «*Орбита*».

6. Сохранить файл.

Задание 3. Создание сложных фигур. Работа с пользовательской системой координат. Объединение и вычитание фигур.

1. Ввести новую систему координат, связанную с верхней гранью пятиугольной призмы: панель *ПСК / ПСК НА ГРАНИ* / указать грань / подтвердить выбор — «*Enter*».

2. Построить на верхней грани конус: панель «*Моделирование*» / «*Конус*».

3. Ввести новую систему координат, связанную с боковой гранью пятиугольной призмы: панель *ПСК / ПСК НА ГРАНИ*.

4. Построить на боковой грани цилиндр: «*Моделирование*» / «*Цилиндр*».

5. Объединить построенные фигуры в одну: «*Редактирование тела*» / «*Объединение*».

6. На другой боковой грани построить цилиндр внутри (!) пятиугольной призмы.

7. Вычесть из призмы построенный цилиндр: «*Редактирование*» / «*Вычитание*».

8. Сохранить файл.

Задание 4. Формирование твердотельной геометрической модели объекта из твердотельных примитивов. Получение компоновочного листа с необходимыми ортогональными видами и разрезами.

Порядок выполнения

I. Создание рабочей среды

1. Разделить экран на видовые окна и установить точки зрения в них (рис. 5.11).

Спереди	ЮЗ-изометрия
Сверху	

Рис. 5.11. Названия видовых окон

2. Задать параметры и включить сетку (шаг 20).
3. Зафиксировать объектную привязку: «Конточка», «Середина», «Центр».
4. Задать командой «*Isolines*» количество изолиний равное 12.
5. Создать слои разного цвета: «*Модель*», «*Штамп*».

II. Создание модели

1. Назначить слой «*Модель*» текущим. Система координат — МСК.

2. Создать тело 1 — параллелепипед («*Рисование*» / «*Моделирование*» / «*Ящик*»).

Размеры — по рисунку 5.12.

3. Создать тело 2 — цилиндр («*Рисование*» / «*Моделирование*» / «*Цилиндр*»): центр цилиндра — в центре нижнего основания тела 1 (объектным отслеживанием или координатными фильтрами), диаметр цилиндра равен 120, высота — 160.

4. Создать тело 3 — цилиндр: центр цилиндра — в центре нижнего основания тела 2, диаметр цилиндра — 60.

5. Создать тело 4 — цилиндр: центр цилиндра — в центре верхнего основания тела 2, диаметр цилиндра — 80, высота — 20 в противоположную от направления оси *Z* сторону.

6. Создать тело 5 — параллелепипед.

Размеры — по рис. 5.12.

7. Выполнить вычитание: «*Редактировать*» / «*Редактирование тела*» / «*Вычитание*» (рис. 5.13).

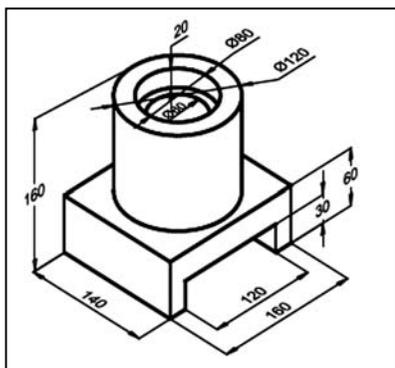


Рис. 5.12. Модель

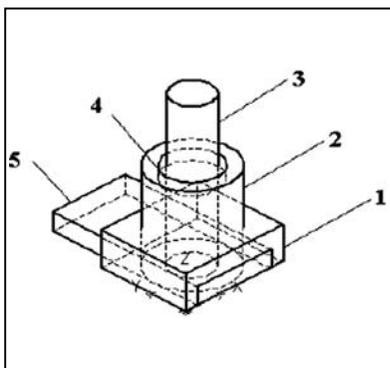


Рис. 5.13. Создание твердотельного примитива

III. Создание компоновочного листа

1. Перейти в пространство листа, выбрав формат бумаги А3 (420×297).

2. Удалить автоматически вставленный плавающий видовой экран.

3. Используя команду **т-вид**: «Рисование» / «Моделирование» / «Подготовка» / «Вид», в масштабе 1:2 в МСК последовательно сформировать плавающие видовые экраны с горизонтальной проекцией «гор» и с фронтальным разрезом «фр-разрез». Команда: **т-вид**.

4. Задать параметр [Пск / Орто / Дополнительный / Сечение]: **п**.

Задать параметр [Имя / Мск / ? / Текущая] <Текущая>: **м**. Масштаб вида <1>: **0.5**.

5. Центр вида: указать на чертеже точку центра ПВЭ.

6. Центр вида «ВЭкран»: / «Enter».

7. Первый угол видового экрана: указать на листе левую нижнюю точку ПВЭ. Противоположный угол видового экрана: указать на листе правую верхнюю точку ПВЭ. Имя вида: **го**.

8. Задать параметр [Пск / Орто / Дополнительный / Сечение]: **с**.

9. Первая точка секущей плоскости: указать точку на горизонтальной оси модели ПВЭ «гор».

10. Вторая точка секущей плоскости: указать вторую точку на горизонтальной оси модели ПВЭ «гор». Сторона просмотра: указать режущую плоскость двумя точками по горизонтальной оси на модели ПВЭ «гор».

11. Масштаб вида <0.5>: <Enter>.

12. Центр вида: указать на чертеже точку центра ПВЭ.

13. Центр вида <ВЭкран>: <Enter>.

14. Первый угол видового экрана: указать на листе левую нижнюю точку ПВЭ. Противоположный угол видового экрана: указать на листе правую верхнюю точку ПВЭ. Имя вида: фр_разрез.

15. Задать параметр [Пск / Орто / Дополнительный / Сечение]: <Enter>.

16. С помощью команда **т-рисование** («Рисование» / «Моделирование» / «Подготовка» / «Чертеж») сформировать плоские профили всех проекций, выделив сразу все ПВЭ.

17. Отредактировать при необходимости образец и масштаб штриховки.

18. Отключить слои с невидимыми линиями.

19. Добавить на лист в слой «*VPORTS*» третий видовой экран с аксонометрическим видом.

20. С помощью команда «*T-ПРОФИЛЬ*»: «*Рисование*» / «*Моделирование*» / «*Подготовка*» / «*Профиль*», сформировать плоские профили видимых и невидимых линий.

21. Отключить слой с невидимыми линиями, слой с моделью и слой «*VPORTS*».

22. Начертить оси и проставить размеры в слоях, принадлежащих соответствующему ПВЭ.

23. Вставить блок с рамкой и основной надписью А3 в соответствующий слой.

24. Заполнить основную надпись.

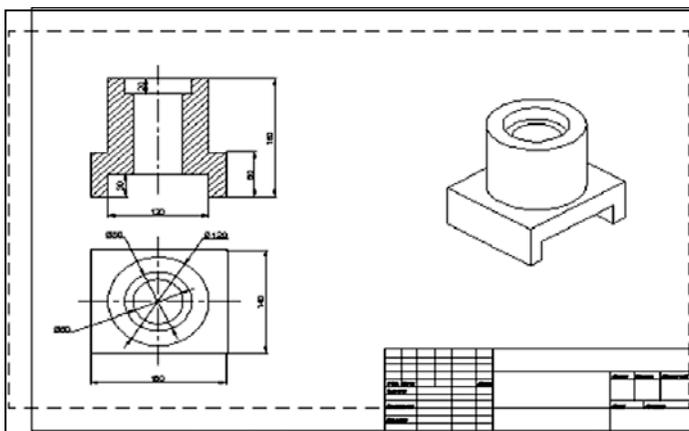


Рис. 5.14. Результат работы в пространстве листа

Результат работы в пространстве листа представлен на рисунке 5.14.

Глава 6. СОЗДАНИЕ СЕЧЕНИЙ И РАЗРЕЗОВ

Когда необходимо показать внутреннюю структуру сложной трехмерной модели, стоит сечение или разрез. Сечения и разницы дополняют и уточняют геометрическую информацию о предмете и способствуют выявлению формы объекта на чертеже.

Команда «Сечение» позволяет разрезать твердотельный объект заданной плоскостью на две части (рис. 6.1). При этом можно либо удалить одну из отрезанных частей, либо оставить обе. В любом случае исходный объект может быть восстановлен в первоначальный вид при помощи команды «Объединить».

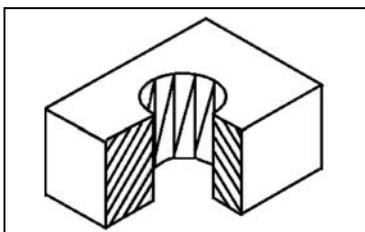


Рис. 6.1. Вид разреза

Способы вызова команды «Разрез»:

♦ «Лента»: «Главная» / «Редактирование тел» / «Сечение» (рис. 6.2);

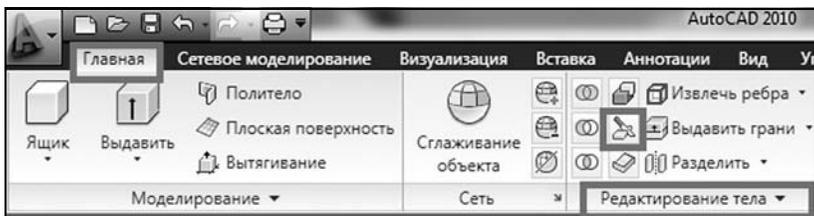


Рис. 6.2. Размещение команды «Разрез»

♦ ввести в командную строку **разрез**, или **пер**, или **_slice**.

После запуска команды в командной строке появятся следующие запросы:

- ◆ «*Выберите объекты для разрезания: ...*»;
- ◆ «*Начальная точка режущей плоскости или [Плоский объект / Поверхность / Зось / Вид / XY / YZ / ZX / 3 точки] < 3 точки >: ...*»;
- ◆ «*Укажите точку с нужной стороны или [Выберите обе стороны] < Обе >*».

Сначала необходимо выбрать объект или объекты для разрезания.

Затем требуется определить режущую плоскость (по умолчанию плоскость строится по трем точкам). Последним запросом AutoCAD спросит, какую часть из разрезанного объекта следует сохранить (указать щелчком мыши); другая часть, соответственно, будет удалена.

Опции для задания режущей плоскости

- ◆ «*Плоский объект*» — задает плоскость с помощью выбранного плоского объекта — отрезка, окружности, дуги, эллипса, эллиптической дуги, двумерного сплайна или сегмента двумерной полилинии;
- ◆ «*Поверхность*» — позволяет непосредственно на чертеже выбрать поверхность, которой должен быть произведен разрез. Предварительно перед этим должна быть построена поверхность;
- ◆ «*Зось*» — задает плоскость двумя точками, первая из которых лежит на ней, а вторая определяет вектор нормали к плоскости;
- ◆ «*Вид*» — задает плоскость, выровненную с плоскостью вида текущего видового экрана и проходящую через заданную точку;
- ◆ *XY / YZ / ZX* — задает плоскость, выровненную соответственно с плоскостью *XY*, *YZ* или *ZX* и проходящую через заданную точку;
- ◆ «*3 точки*» — задают плоскость проходящую, через три заданные точки.

Алгоритм построения выреза $1/4$

При выполнении чертежей пользователю часто необходимо выполнить разрезы и удалить $1/4$ объекта. Для этого следует последовательно осуществить ряд действий.

1. Произвести разрез тела и оставить обе части.
2. Выполнить разрез одной половины с удалением одной четверти.

3. Объединить ранее разрезанные части.
4. Для выполнения штриховки необходимо создать ПСК, плоскость XOY которой совпадает с плоскостью штрихования. При этом для выбора контура штрихования следует воспользоваться кнопкой «Добавить: точки выбора».

Практическая работа

З а д а н и е. Сформировать твердотельную геометрическую модель объекта (рис. 6.3), выполнить скругление и построить фаски на соответствующих поверхностях; выполнить заданные сечения и разрез; сформировать компоновку листа для распечатки с видом, разрезом и аксонометрией.

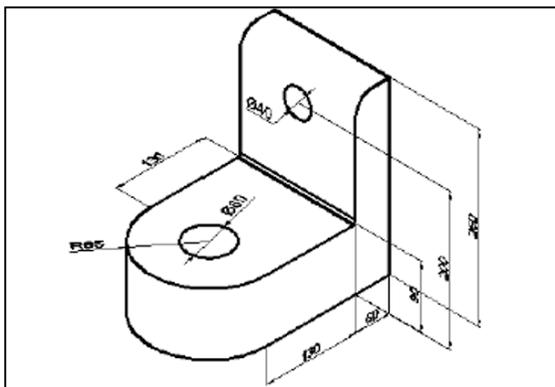


Рис. 6.3. Модель

Рекомендуемый алгоритм выполнения задания

I. Создание рабочей среды

1. Назначить границы чертежа с координатами левого нижнего угла (0,0) и правого верхнего (420,297).
2. Показать все поле чертежа.
3. Задать и включить сетку с интервалом 20.
4. Для шаговой привязки задать интервал 10.
5. Зафиксировать объектные привязки: конточка, середина, центр.
6. Создать слои: «Модель», «Сечение», «Штриховка», «Оси», «Размеры», «Штамп».

7. Включить режим полярного отслеживания или «*Орто*».
8. Разделить экран на видовые окна (три справа) и установить точки зрения в составе с рисунком.
9. Изменить значение системной переменной «*Isolines*» (количество линий контура криволинейных поверхностей) на 12.

II. Формирование модели

1. Назначить слой «*Модель*» текущим. Система координат — мировая.

2. Создать тело I — параллелепипед, используя команду ящик («*Рисование*» / «*Моделирование*»): начальная точка — 1; длина параллелепипеда — 130; ширина — 170, высота — 90.

3. Создать тело II — параллелепипед, (начальная точка — 2, длина параллелепипеда — 50, ширина — 170, высота — 250).

4. Создать тело III — цилиндр, используя команду **цилиндр** с центром в точке 10; радиусом — 85.

5. Создать тело IV — цилиндр для отверстия с центром в точке 10; диаметром — 60.

6. Создать тело V — цилиндр для второго отверстия.

Для построения цилиндра V необходимо изменить ПСК, так как высота готовых цилиндров всегда расположена параллельно оси *OZ*.

7. Создать новую ПСК 1, используя команду ПСК по трем точкам («*Сервис*»): начало координат — 4; новое положение оси *OX* — 5; новое положение оси *OY* — 7 (см. рис. 6.4).

8. Создать тело V — цилиндр с центром в точке 9, диаметром — 40.

9. Вернуться в МСК.

10. Выполнить вычитание тел IV и V для построения отверстий.

При этом произойдет объединение тел I, II и III (см. рис. 6.4). Для этого используем команду «*Вычитание*» — «*Редактировать*» / «*Редактирование тела*».

11. Построить фаску. Система координат — мировая. Команда «*Фаска*» («*Редактировать*»).

Длины — 5 и 3 соответственно.

12. Произвести скругление ребра 4—5. Система координат — ПСК 1. Команда «*Сопряжение*» («*Редактировать*»). Радиус сопряжения — 25 мм.

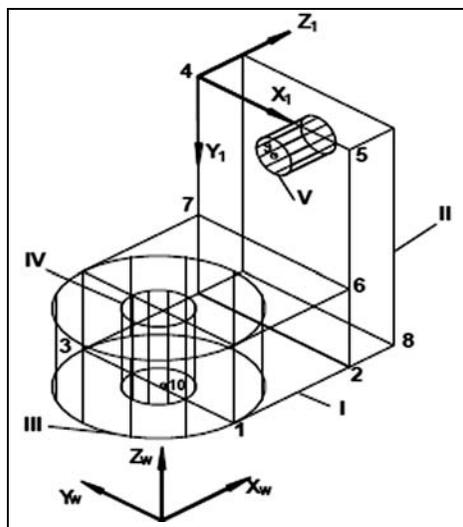


Рис. 6.4. Создание твердотельных примитивов

III. Создание компоновочного листа

1. Перейти на вкладку «Лист I» и назначить листу бумаги формат А3 (420×297).

2. Удалить автоматически вставленный видовой экран.

3. Используя команду **т-вид** («Рисование» / «Моделирование» / «Подготовка» / «Вид»), в масштабе 1:4 (0.25) последовательно сформировать следующие ПВЭ: «гор» — с горизонтальной проекцией; «фр-разрез» — для разреза на фронтальной проекции (опция «Сечение»), указав режущую плоскость двумя точками по горизонтальной оси симметрии на модели ПВЭ «гор» и указав сторону просмотра — на нижнем ребре модели.

4. Нарисовать профили проекций с помощью команды **т-рисование** — «Рисование» / «Моделирование» / «Подготовка» / «Чертеж», выделив оба видовых экрана.

5. Изменить при необходимости рисунок и масштаб штриховки — «Редактировать» / «Объект» / «Штриховка».

IV. Формирование выреза $1/4$ модели детали

1. Перейти на вкладку моделирования.

2. Чтобы сформированные профили не мешали работать с моделью, перенести модель на другое место при помощи следующих команд:

♦ **бвыбор** — выделить модели: «Тип объектов: 3D-тело», «Выбрать все»;

♦ «Перенести» — перенести модели на свободное место по направлению влево-вниз.

3. Сделайте вырез $1/4$ модели, применив команду «Разрез» — «Редактировать» / «3D операции» / «Сечение», два раза: сначала плоскостью, параллельной ZX , оставив обе половинки (стороны); затем переднюю половину плоскости, параллельной YZ , оставив только $1/4$.

4. Объединить полученные части в модель командой «Объединение» — «Редактировать» / «Редактирование тела» / «Объединение».

5. Заштриховать плоскости разреза в слое «Штриховка» с применением ПСК.

V. Формирование аксонометрического вида на компоновочном листе

1. Вставить видовой экран с аксонометрией (пространство листа, текущий слой «VPORIS») («Вид» / «ВЭкраны» / «Новые ВЭ») Один («ЮЗ-изометрия»), в правый верхний угол листа.

2. Выравнять вид и установить масштаб.

3. Отрисовать профиль аксонометрической проекции с помощью команды **т-профиль** — «Рисование» / «Моделирование» / «Подготовка» / «Профиль», переключившись в пространство модели в данном видовом экране (рис. 6.5)

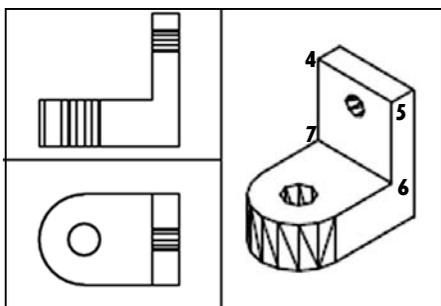


Рис. 6.5. Сформированная модель

4. Сделать невидимыми автоматически созданные слои «Модель» и «VPORIS» с невидимыми линиями, слой «Модель» и слой «VPORIS».

5. Проставить необходимые оси и размеры в своих слоях.
6. Вставить и заполнить штамп в своем слое.

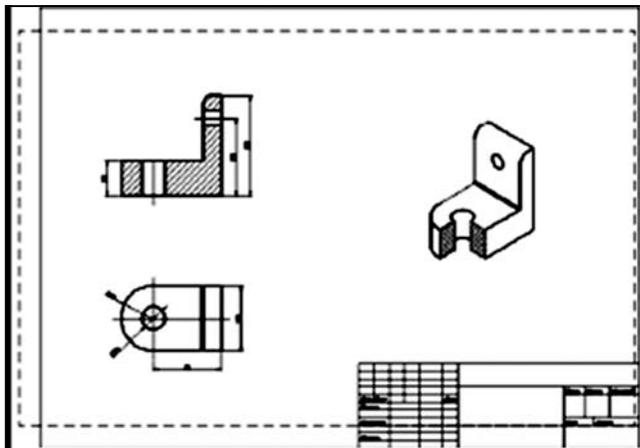


Рис. 6.6. Сформированный лист

Окончательный вид чертежа на листе представлен на рисунке 6.6.

Глава 7. ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ПЛОСКИХ ОБЪЕКТОВ В ПОВЕРХНОСТИ И ТЕЛА

7.1. Выдавливание

Создание моделей при помощи метода *выдавливания* существующих двумерных объектов в заданном направлении и на заданное расстояние особенно удобно использовать при получении моделей со сложным контуром.

Способы вызова команды «Выдавить»:

◆ «Лента»: «Главная» → «Моделирование» → «Выдавить» (рис. 7.1);

◆ ввести в командную строку или **выдавить**, или **выд**, или **_extrude**.

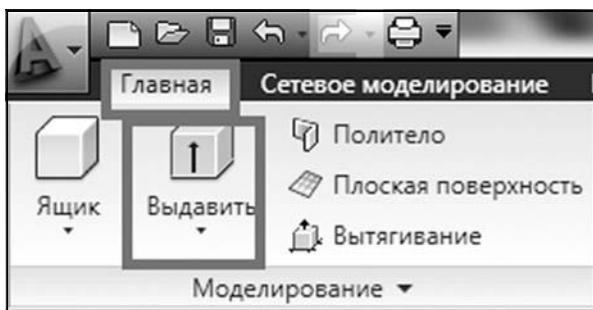


Рис. 7.1. Расположение команды «Выдавить»

После запуска команды в командной строке появятся сообщение о текущей плотности каркаса и следующие запросы:

◆ «Текущая плотность каркаса: Выберите объекты для выдавливания: ...»;

◆ «Высота выдавливания [Направление/Траектория/Угол сужения]».

Форму выдавленной модели можно сформировать не только за счет создания контура выдавливаемой геометрии, но и при помощи угла выдавливания и пути, по которому выдавливается контур.

Варианты команды задают при помощи следующих опций:

◆ «Направление» — определить длину и направление выдавливания с помощью двух заданных точек;

◆ «Траектория» — задать траекторию выдавливания;

◆ «Угол сужения» — задать угол сужения или расширения объекта. Положительный угол сужает объект, а отрицательный расширяет его. Угол конуса можно также задать двумя точками.

1. Допускается выдавливание следующих объектов: отрезков, дуг, эллиптических дуг, двумерных полилиний, двумерных сплайнов, окружностей, эллипсов, трехмерных граней, двумерных фигур, полос, областей, плоских поверхностей, плоских граней на телах.

2. Нельзя выдавить объекты, входящие в блоки, а также полилинии с пересекающимися сегментами.

3. С помощью одной команды можно выдавить сразу несколько объектов.



4. Траекториями для выдавливания могут быть следующие объекты: отрезки, окружности, дуги, эллипсы, эллиптические дуги, двумерные полилинии, трехмерные полилинии, двумерные сплайны, трехмерные сплайны, грани тел, грани поверхностей, спирали.

5. Если выдавливается разомкнутая кривая или замкнутая кривая, составленная из разных объектов, соединенных между собой, то создается поверхность, а не твердотельное тело.

6. Если несколько непересекающихся примитивов, образующих замкнутый контур, можно объединить в единый примитив с помощью команды область, то получится твердотельное тело.

7.2. Вытягивание

Для формирования моделей сложной формы или сжатия области любой конфигурации, полученной, например, в результате пересечения плоских объектов или являющейся гранью твердого тела, используется метод вытягивания (см. рис. 7.2).

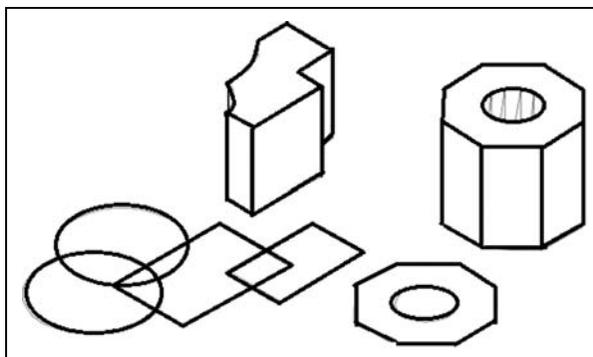


Рис. 7.2. Пример использования метода вытягивания

Способы вызова команды «Вытягивание»:

◆ «Лента»: «Главная» → «Моделирование» → «Вытягивание» (рис. 7.3);

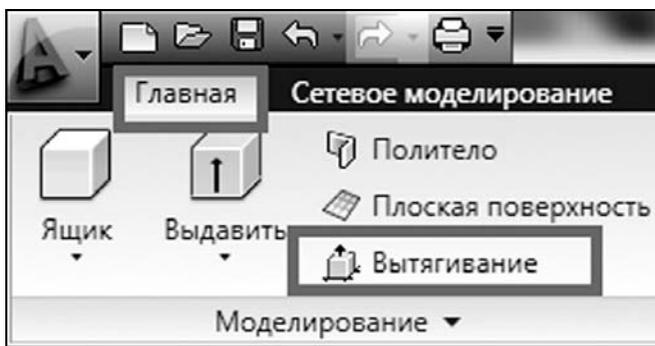


Рис. 7.3. Расположение команды «Вытягивание»

◆ ввести в командную строку один из вариантов: **выдавгрань** или **_presspull**.

После запуска команды в командной строке появится следующий запрос: «Нажмите кнопку мыши в области контура для вытягивания».

При помощи команды «Вытягивание» можно создавать отверстия сложной формы.



Если направление вытягивания совпадает с нормалью к грани, то AutoCAD увеличивает объем объекта. А если нет — уменьшает, вычитая объект, образованный вытягиваемой гранью из исходного объекта.

7.3. Вращение

3D-тела можно создавать путем вращения замкнутых объектов, а поверхности — вращением разомкнутых объектов (рис. 7.4). Вращение объектов может быть выполнено на угол 360° или на любой другой заданный угол. С помощью команды «*Вращать*» можно создать новое тело или новую поверхность, поворачивая существующие объекты или области на заданный угол вокруг оси *X* или *Y* текущего ПСК, то есть вращением разомкнутой или замкнутой плоской кривой вокруг оси. Можно вращать несколько объектов.

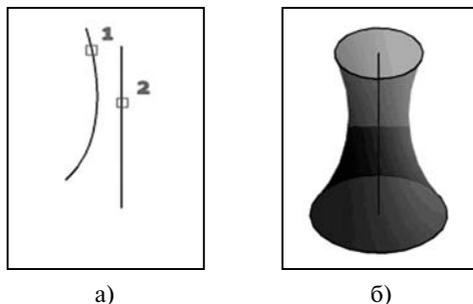


Рис. 7.4. Пример использования метода «Вытягивание»:
а) направление вращения; б) получение 3D-тела

Способы вызова команды «*Вращение*»:

- ♦ «*Лента*»: «*Главная*» → «*Моделирование*» → раскрывающаяся кнопка «*Выдавить*» → «*Вращать*» (рис. 7.5);
- ♦ ввести в командную строку один из вариантов: **вращать** или **вщ** или **_revolve**.

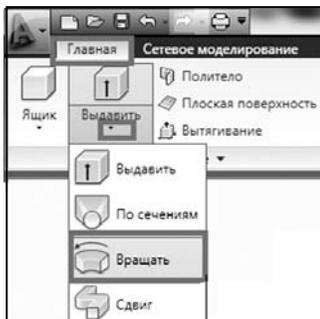


Рис. 7.5. Расположение команды «*Вращать*» на «*Ленте*»

После запуска команды в командной строке появятся следующие сообщения о текущей плотности каркаса и следующие запросы:

- ◆ «Выберите объекты для вращения: ...»;
- ◆ «Начальная точка оси вращения или [объект / X / Y / Z] <Объект>: Конечная точка оси:»;
- ◆ «Угол вращения или [Начальный угол] <360>».

Пространственные модели создают вращением контура вокруг оси вращения на указанный угол поворота контура (рис. 7.6). Отсчет угла ведется от начального значения к конечному, против часовой стрелки.

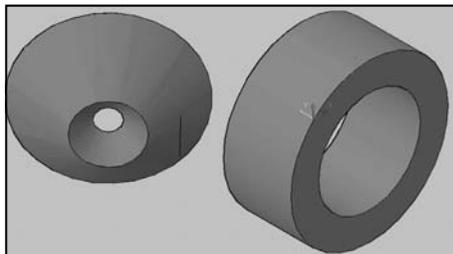


Рис. 7.6. Пример тела вращения

Способ создания модели определяется опциями команды:

- ◆ объект — объект, определяющий ось вращения;
- ◆ X / Y / Z — оси координат текущей ПСК;
- ◆ «Начальный угол» — задает смещение начальной плоскости, от которой начинается вращение контура.



1. Можно использовать для вращения следующие объекты: отрезки, дуги, эллиптические дуги, двумерные полилинии, двумерные сплайны, круги, эллипсы, плоские трехмерные грани, двумерные фигуры, полосы, области, плоские грани на телах или поверхностях.
2. Невозможно применить вращение к объектам, входящим в блоки, а также к самопересекающимся.
3. Объект можно вращать вокруг отрезка, линейных сегментов полилинии, двух заданных точек, линейных кромок тел или поверхностей.
4. Объект и ось вращения могут соприкоснуться, но ни в коем случае не пересекаться.
5. Если контур замкнутый, то создается тело, а поверхности создаются вращением разомкнутых контуров.
6. Допускается одновременное вращение нескольких объектов.

7.4. Сдвиг

Команду **сдвиг** используют для создания нового тела или поверхности посредством сдвига разомкнутой или замкнутой плоской кривой (профиля) вдоль разомкнутой или замкнутой 2D- или 3D-траектории (рис. 7.7).

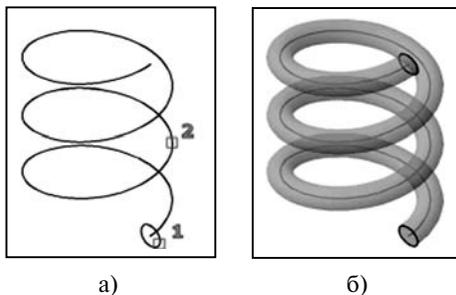


Рис. 7.7. Создание нового тела при помощи сдвига:
а) 2D-траектория; б) 3D-траектория

Команда **сдвиг** вычерчивает тело или поверхность заданного профиля вдоль указанной траектории. Данную команду можно использовать сразу для нескольких объектов при условии, что все они находятся в одной плоскости.

При выборе объекта для сдвига выполняется автоматическое выравнивание этого объекта по объекту, используемому в качестве траектории.

При создании тела или поверхности с помощью команды **сдвиг** можно использовать следующие объекты и траектории (табл. 2).

Таблица 2

Объекты для сдвига	Траектории сдвига
Отрезок	Отрезок
Дуга	Дуга
Эллиптическая дуга	Эллиптическая дуга
2D-полилиния	2D-полилиния
2D-сплайн	2D-сплайн
Круг	Круг
Эллипс	Эллипс
Плоская 3D-грань	3D-сплайн

Объекты для сдвига	Траектории сдвига
2D-тело	3D-полилиния
Полоса	Спираль
Область	Кромки тела или поверхности
Плоская поверхность	
Плоские грани тела	

! Для выбора граней и кромок на телах или поверхностях нужно нажать и удерживать клавишу «CTRL», а затем выбрать эти подобъекты.

Способы вызова команды «Сдвиг»:

♦ «Лента»: «Главная» → «Моделирование» → раскрывающаяся кнопка «Выдавить» → «Сдвиг» (рис. 7.8);

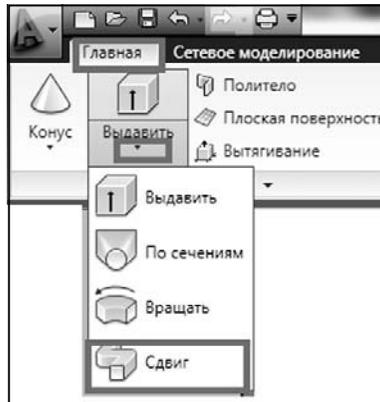


Рис. 7.8. Расположение команды «Сдвиг» на «Ленте»

♦ ввести в командную строку один из вариантов: **сдвиг** или **_sweep**.

После запуска команды в командной строке появятся сообщение о текущей плотности каркаса и следующие запросы:

♦ «*Выберите объекты для сдвига: ...*» — выбрать объекты любым способом; по окончании выбора нажмите на «Enter»;

♦ «*Выберите траекторию сдвига или [Выравнивание / Базовая точка / Масштаб / Вращать]: ...*» — выбрать 2D- или 3D-траекторию сдвига или задать опцию.

Способ создания модели определяется опциями команды:

◆ «*Выравнивание*» определяет, будет ли профиль выровнен по нормали к касательной траектории сдвига. По умолчанию профиль выровнен.

◆ «*Перед сдвигом установить объект сдвига перпендикулярно траектории [Да / Нет] <Да>: ...*» — ввести **нет**, чтобы профиль не выравнивался, или нажать на клавишу «*Enter*», чтобы выровнять профиль.



Если кривая профиля не перпендикулярна (не располагается по нормали) к касательной начальной точки криволинейной траектории, то кривая профиля выравнивается автоматически. Введите «Нет» в ответ на запрос о выравнивании, чтобы предотвратить такое действие.

◆ «*Базовая точка*» — служит для указания базовой точки для объектов, подлежащих сдвигу. Если указанная точка не лежит в плоскости выбранных объектов, она проецируется на эту плоскость.

«*Базовая точка: ...*» — указать базовую точку для набора объектов.

◆ «*Масштаб*» — служит для задания масштабного коэффициента для операции сдвига. Сдвигаемые из начальной в конечную точку траектории объекты масштабируются как единый объект.

Масштаб или [Опорный отрезок] <1.0000>. Задать масштабный коэффициент. Ввести **o** для выбора параметра «Опорный отрезок» или нажать на клавишу «*Enter*», чтобы использовать значение по умолчанию.

◆ «*Опорный отрезок*». Масштабы выбранных объектов основаны на длине опорного отрезка, который задается посредством указания точек или ввода значений.



Начальная длина опорного отрезка <1,0000>: Ввести начальное значение длины, начиная с которого изменяется масштаб выбранных объектов.

Длина конечного опорного отрезка <1,0000>: Ввести конечное значение длины, до которого изменяется масштаб выбранных объектов.

◆ «*Вращать*» — дает возможность задания угла закручивания для объектов, подлежащих сдвигу. Угол закручивания определяет вращение вдоль всей длины траектории сдвига.



1. Введите угол закручивания или разрешите перекося неплоской траектории сдвига [Перекося]: $\langle n \rangle$: Укажите значение угла менее 360° , введите n , чтобы разрешить перекося, или нажмите на клавишу «Enter», чтобы задать значение угла по умолчанию.
2. Выберите траекторию сдвига или [Выравнивание/Базовая точка/Масштаб/Наклон]: Выбрать траекторию сдвига или задать опцию.

Наклон позволяет включить/отключить естественный наклон (поворот) сдвигаемых кривых вдоль 3D-траектории (3D-полилинии, 3D-сплайна или спирали).

7.5. Создание тела или поверхности с помощью сечений

3D-тело или поверхность можно создать, построив профиль по сечениям, образуемым двумя или несколькими профилями поперечного сечения. Профили поперечного сечения определяют форму получаемого в результате тела или поверхности (рис. 7.9). Следует задать не менее двух профилей поперечного сечения.

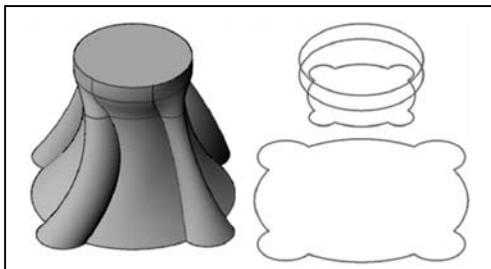


Рис. 7.9. Профили поперечного сечения

Профили поперечного сечения могут быть разомкнутыми (например, дуга) или замкнутыми (круг). Команда «По сечениям» действует в пространстве между поперечными сечениями. Если при построении используется набор замкнутых кривых поперечных сечений, в результате получается тело. Если при построении используется набор разомкнутых кривых поперечных сечений, получается поверхность.

Все поперечные сечения, используемые при построении по сечениям, должны быть либо разомкнутыми, либо замкну-

тыми. Не допускается использование набора кривых, содержащего одновременно разомкнутые и замкнутые кривые.

Способы задания команды:

- ◆ «Лента»: «Главная вкладка» → «Моделирование панель» → → раскрывающийся список «Выдавить» → «По сечениям» (рис. 7.10);
- ◆ ввести в командную строку один из вариантов: **посечениям** или **_loft**.

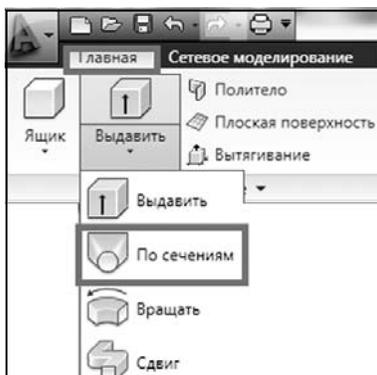


Рис. 7.10. Расположение команды «По сечениям» (лофтинг)

Способы построения по сечениям

Тело, создаваемое с применением операции построения по сечениям, вписано в другие объекты, которые определяют его форму.

Профили поперечных сечений. Выберите серию профилей поперечного сечения, которые будут использоваться для определения формы нового 3D-объекта (рис. 7.11).



Рис. 7.11. Объекты, построенные по сечениям, с различными параметрами поперечных сечений

Если при построении объекта по сечениям используются только профили поперечного сечения, форму этого объекта можно регулировать в диалоговом окне «*Настройка лофтинга*».

Кроме того, настройки можно изменить позже в диалоговом окне «Свойства».

После старта команды в командной строке появятся следующие запросы:

1. «Выберите поперечные сечения в восходящем порядке: ...»
2. «Задайте параметр [Направляющие / Путь / Только поперечные сечения] <Только поперечные сечения>: ...».

По умолчанию для построения тела достаточно выбрать не менее двух опорных сечений. Однако команда имеет и другие способы получения объекта по сечениям.

Опции команды

◆ «Направляющие» — задает направляющие кривые, которые должны пересекать все сечения, начинать на первом из них и заканчиваться на последнем сечении.

Пользователь может выбрать любое количество направляющих кривых для создаваемой по сечениям поверхности или тела.

◆ «Путь» — задает траекторию для создаваемого тела, которая должна пересекать все плоскости поперечных сечений.

◆ «Только поперечные сечения» — вызывает диалоговое окно «Настройка лофтинга».

В диалоговом окне «Настройка лофтинга» (рис. 7.12) устанавливаются параметры для определения формы модели между поперечными сечениями.

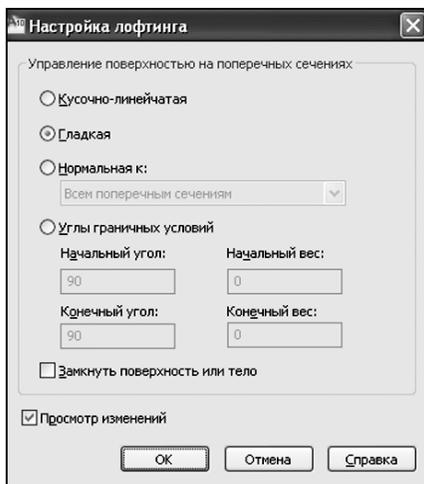


Рис. 7.12. Окно «Настройка лофтинга»



1. В качестве поперечного сечения можно использовать: отрезки, дуги, эллиптические дуги, двумерные полилинии, двумерные сплайны, окружности, эллипсы, точки (только для первого и последнего поперечного сечения).
2. В качестве траектории сечения можно использовать: линию, дугу, эллиптическую дугу, сплайн, спираль, окружность, эллипс, двумерные полилинии и трехмерные полилинии.
3. Направляющим объектом может служить линия, дуга, эллиптическая дуга, двумерный или трехмерный сплайн, двумерная или трехмерная полилиния.
4. Для получения твердого тела с помощью сечений, контуры сечений должны быть единым замкнутым объектом. В случае разомкнутых кривых и замкнутых кривых из нескольких объектов. Команда создает поверхность.

♦ *«Траектории»*. Чтобы полностью контролировать формы создаваемого объекта, следует указать траекторию выполнения операции построения по сечениям. Рекомендовано выбирать криволинейную траекторию, начинающуюся на плоскости первого поперечного сечения и заканчивающуюся на плоскости последнего поперечного сечения (рис. 7.13).

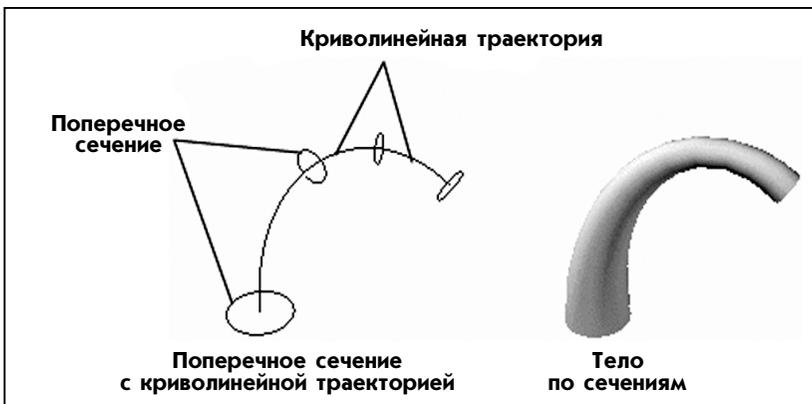


Рис. 7.13. Лофтинг по траектории

♦ *«Направляющие кривые»*. Задайте направляющие кривые, согласующиеся с точками на соответствующих поперечных сечениях (рис. 7.14). Этот способ предотвращает нежелательные последствия, например, возникновение складок в построенном 3D-объекте.

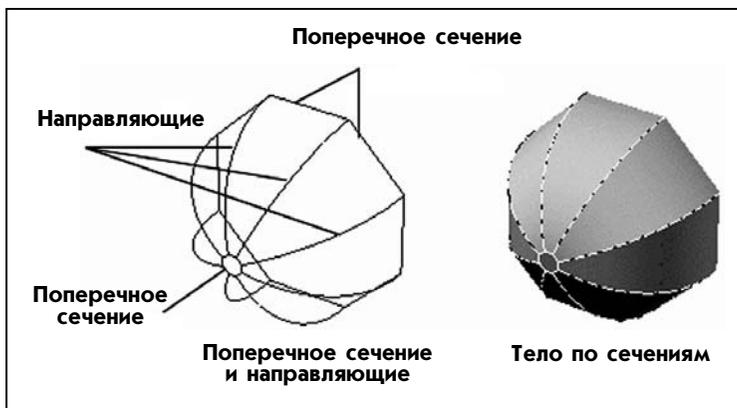


Рис. 7.14. Лофтинг по направляющим кривым

Все направляющие должны соответствовать следующим критериям:

- ◆ пересекать все поперечные сечения;
- ◆ начинаться на первом поперечном сечении;
- ◆ завершаться на последнем поперечном сечении.

Для построения поверхности или тела по сечениям можно выбрать любое число направляющих.

Практическая работа

За д а н и е. Твёрдотельное моделирование с помощью выдавливания и вращения (рис. 7.15).

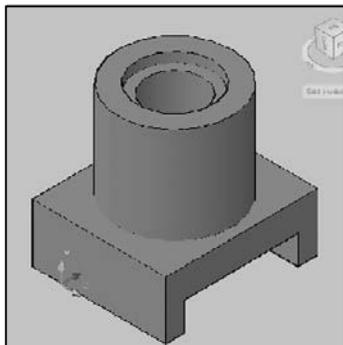


Рис. 7.15. Модель

Рекомендуемый алгоритм

I. Создание рабочей среды

1. Назначить границы чертежа с координатами левого нижнего угла 0,0 и правого верхнего 420,297.
2. Показать все поле чертежа.
3. Задать и включить сетку с интервалом 20.
Для шаговой привязки задать интервал 10.
4. Зафиксировать объектные привязки: **конточка**. Включить режим полярного отслеживания.
5. Разделить экран на видовые окна (три справа) и установить точки зрения: вид спереди, вид сверху и ЮЗ-изометрия.
6. Изменить значение системной переменной «*ISOLINES*» (количество линий контура криволинейных поверхностей) на 12.
7. Создать слои разного цвета с именами: «*Оси*» (тип линии — «*Осевая*»), «*Модель*», «*Разм*», «*Штамп*».

II. Создание модели

1. Сформировать основание. Начертить заготовку для основания командой «*Плиния*» (последний отрезок с помощью опции «*Замкнуть*», так как контур должен быть обязательно замкнут).

Система координат — мировая.

Чертить курсором на горизонтальной проекции (вид сверху), задавая точки по направлению (рис. 7.16).

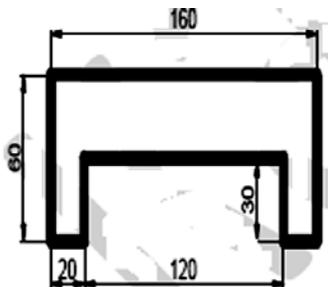


Рис. 7.16. Контур для выдавливания

2. Сформировать основание, используя команду «*Выдавить*» («*Рисование*» / «*Моделирование*»), на высоту — 140 и повернуть основание вокруг оси на угол 90° (рис. 7.15), используя команду «*3D-повернуть*» («*Редактировать*» / «*3D-операции*» / «*3D-поворот*»). Результат поворота представлен на рисунке 7.17.

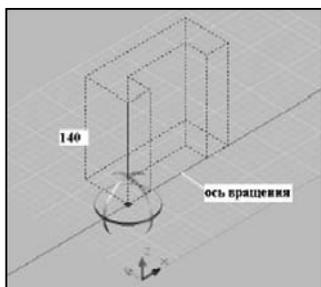


Рис. 7.17. Поворот основания

3. Сформировать цилиндр. Создать новую ПСК₁, — «Сервис» / «Новая ПСК» / «3 Точки». Начало координат — т. 2; новое положение оси OX — т. 3; новое положение оси OY — т. 4 (рис. 7.18).

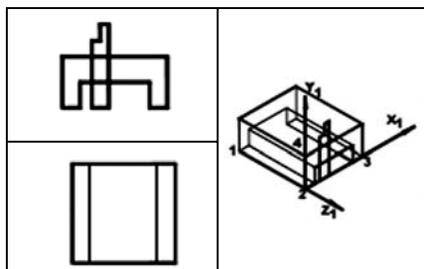


Рис. 7.18. Повернутое основание

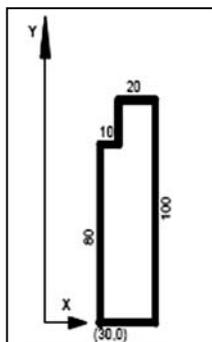


Рис. 7.19.
Заготовка
для вращения

4. Начертить заготовку для вращения (рис. 7.19), используя команду «ПЛИНИЯ». Контур замкнуть при помощи опции «Замкнуть».

Система координат — ПСК₁. Чертим на аксонометрической проекции ЮЗ-изометрия. Стартовую точку задать абсолютными координатами (30,0).

5. Получить из заготовки твердотельную модель, используя команду «Вращать» — «Рисование» / «Моделирование».

Вращение производим вокруг оси OY при помощи опции Y (рис. 7.20).

6. Вернуться в МСК — «Сервис» / «Новая ПСК» / «МСК».

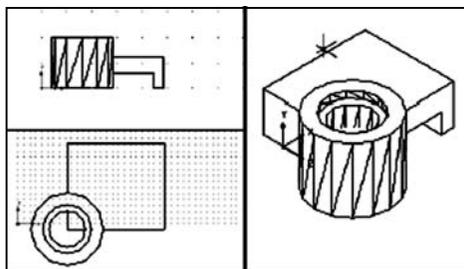


Рис. 7.20. Результат вращения контура без переноса

7. Перенести цилиндр на середину основания, используя команду «*Перевести*», взяв в качестве базовой точки — центр нижнего основания цилиндра, а точку смещения задать одним из следующих способов:

- ◆ фильтры *.X* , *.Y* ;
- ◆ использование режима объектного отслеживания;
- ◆ относительные координаты;
- ◆ возможен поэтапный перенос по осям.

8. Произвести трехмерное размножение получившегося объекта — «*Редактировать*» / «*3D-операции*» / «*3D-массив*» (рис. 7.21).

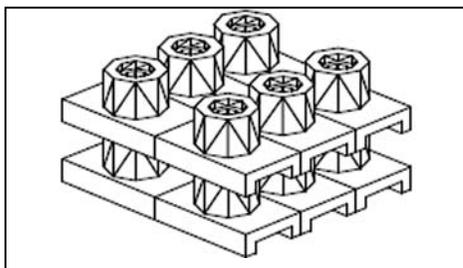


Рис. 7.21. Результат объемного размножения

III. Оформление чертежа

1. Отменить размножение, чтобы осталась одна модель.
2. Перейти на вкладку «*Лист 1*», задать размер бумаги А3.
3. Удалить автоматически появившийся ПВЭ (в пространстве листа).

4. Используя команду **т-вид** — «*Рисование*» / «*Моделирование*» / «*Подготовка*» / «*Вид*», последовательно сформировать в МСК плавающие видовые экраны (ПВЭ) с горизонтальной проекцией «**гор**», с фронтальным разрезом «**фр-разрез**».

5. С помощью команды **т-рисование** — «Рисование» / «Моделирование» / «Подготовка» / «Чертеж», сформировать плоские профили всех проекций и разрезов, выделив все ПВЭ.

6. Создать плавающий видовой экран с аксонометрическим видом, установить масштаб — «Вид» / «Видовые экраны» / «Новые ВЭ».

7. Сформировать плоский профиль аксонометрии с помощью команды **т-профиль** — «Рисование» / «Моделирование» / «Подготовка» / «Профиль». Команду необходимо применить к модели в ПВЭ, переключившись в нем в пространство модели.

8. Сделать невидимыми слои с невидимыми линиями (имя — H1D , PH1), слой с моделью и слой «VPORIS».

9. Вставить в слой «Штамп» рамку с основной надписью для формата А3 и заполнить ее (в пространстве листа).

10. Поставить оси и габаритные размеры в соответствующих слоях.

Глава 8. РЕДАКТИРОВАНИЕ В ТРЕХМЕРНОМ ПРОСТРАНСТВЕ

Большинство команд редактирования, используемых при черчении на плоскости, полностью или с некоторыми ограничениями могут быть применены и для трехмерных моделей.

Универсальные команды

- ◆ «*Стереть*» — удаление объектов из рисунка;
- ◆ «*Копировать*» — однократное и многократное копирование объектов;
- ◆ «*Перенести*» — перемещение объектов на заданное расстояние в указанном направлении;
- ◆ «*Масштаб*» — изменение размеров объектов;
- ◆ «*Расчленить*» — разделение составного объекта на составляющие объекты;
- ◆ «*Выравнять*» — выравнивание объектов относительно других объектов.

Команды, имеющие специальные опции для черчения в пространстве

- ◆ «*Обрезать*» — обрезка объекта по кромке, заданной другими объектами.

Опция команды: *проекция* — определяет режим проецирования, используемого при обрезке (удлинении) объектов.

- ◆ «*Удлинить*» — удлинение объектов до пересечения с другими объектами.

Опция команды: *кромка* — определяет способ обрезки / удлинения объекта по продолженной кромке другого объекта или только до объекта, который пересекает подлежащий обрезке / удлинению объект.

- ◆ «*Фаска*» — создание фаски вместо ребра между соседними гранями.

Опции команды: *ребро* — устанавливает режим выбора ребер по отдельности; *замкнутый контур* — режим выбора замкнутых контуров.

◆ Сопряжение — скругление ребер между соседними гранями.

Опции команды: *цепь* — заменяет режим выбора одной кромки на режим выбора цепи из нескольких кромок; *радиус* — определяет радиус скругления кромки.

Команды, применяемые только к трехмерным моделям

- ◆ «3D-перенести» — перемещение модели;
- ◆ «3D-повернуть» — поворот модели вокруг оси;
- ◆ «3D-массив» — создание трехмерного массива;
- ◆ «3D-зеркало» — зеркальное отображение моделей относительно заданной плоскости.

8.1. Перемещение

Основным инструментом перемещения и вращения моделей в трехмерном пространстве является специальный трехмерный координатно-угловой манипулятор (ТКУМ). Он не представлен непосредственно в виде интерфейсного элемента AutoCAD, а используется в форме манипулятора перемещения — команды «3D-перенос» или манипулятора вращения — команды «3D-поворот» (рис. 8.1).

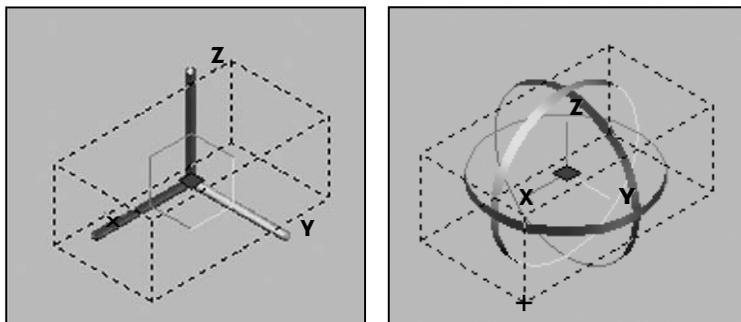


Рис. 8.1. ТКУМ в форме манипуляторов перемещения и вращения

Прежде чем переходить к изучению методов использования ТКУМ в указанных командах, следует остановиться на такой

теме, как динамическая ПСК, поскольку при работе с ТКУМ эта форма ПСК используется довольно часто.

Динамическая ПСК

Динамическая ПСК (ДПСК) — это специальный режим применения ПСК, позволяющий выполнять «прозрачное», то есть без прерывания работы текущего инструмента, изменение текущей ПСК в контексте данной операции с автоматическим возвратом ПСК к предыдущему состоянию после завершения этой операции.

Если режим ДПСК активен, то при выполнении операций в трехмерном пространстве AutoCAD автоматически пытается распознать грани трехмерных объектов. Распознав грань, AutoCAD предлагает пользователю выбрать текущую грань для автоматической ориентации по ней XY-плоскости ПСК.

Если пользователь щелкнет на распознанной грани мышью, то AutoCAD ориентирует по ней ДПСК и продолжит выполнение операции.

После окончания операции ПСК автоматически возвращается к исходному состоянию. Режим ДПСК работает во всех визуальных стилях, независимо от того, как выглядят объект и пиктограмма ПСК.

Для его активации / деактивации используют следующие способы.

Активизировать кнопку-индикатор

1. Разрешить/запретить динамическую ПСК в строке состояния.
2. Нажать на клавишу <F6> или комбинацию клавиш <Ctrl+D>. В командном окне должно появиться сообщение: *«Динамическая ПСК вкл.»*.
3. Ввести в командном окне *«USCDETECT»* и присвоить этой системной переменной значение 1.
4. Щелкнуть правой кнопкой мыши по кнопке *«Разрешить / запретить динамическую ПСК в строке состояния»* и установить в контекстном меню флажок на *«Включено»*.

Деактивировать кнопку-индикатор

1. Разрешить/запретить динамическую ПСК в строке состояния.
2. Нажать на клавишу <F6> или комбинацию клавиш

5. Для перемещения объекта вдоль одной из осей манипулятора перемещения подвести указатель-перекрестие к требуемой оси.

6. Как только ось изменит цвет на желтый, необходимо щелкнуть мышью, чтобы зафиксировать ось перемещения. После этого любые перемещения указателя-перекрестия будут интерпретироваться AutoCAD как перемещения вдоль выбранной оси.

7. Выбрать вторую точку на чертеже или ввести требуемое значение в командном окне (рис. 8.3).

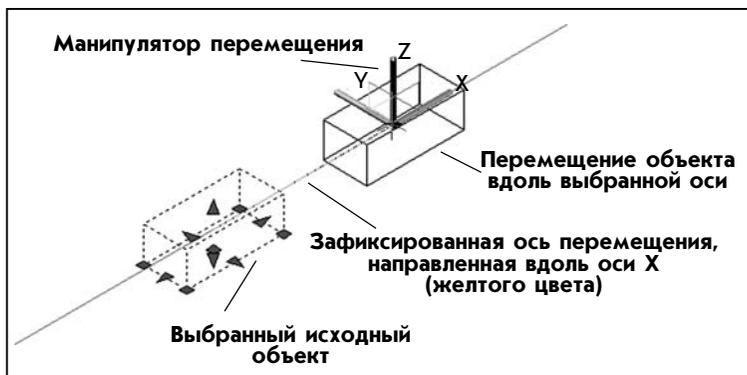


Рис. 8.3. Перемещение объекта вдоль одной из осей манипулятора

Если необходимо переместить объект так, чтобы одна из координат оставалась неизменной (см. рис. 8.4), то следует выполнить следующую последовательность действий.

1. Подвести указатель-перекрестие к условному обозначению плоскости оставшейся пары координат (две тонкие линии в центральной части манипулятора перемещения) и щелкнуть мышью, когда изображение соответствующих осей манипулятора изменит цвет на желтый.

2. Активизировать режим «Орто» с помощью соответствующей кнопки-индикатора в строке состояния или клавиши <F8>. В этом случае при любых перемещениях указателя-перекрестия AutoCAD будет сохранять неизменной третью координату, ось которой сохранила свой прежний цвет.

Можно выбрать соответствующую точку на чертеже или ввести требуемое значение в командном окне.

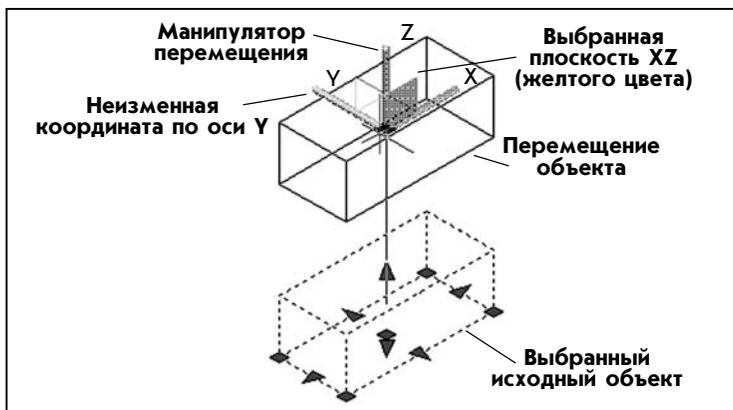


Рис. 8.4. Перемещение объекта с неизменной третьей координатой

8.2. Вращение

3D-повернуть — команда, позволяющая поворачивать объекты в трехмерном пространстве вокруг заданной оси.

Способы вызова команды «3D-повернуть»:

◆ «Лента»: «Главная» / «Редактирование» / «3D-вращение» (рис. 8.5);

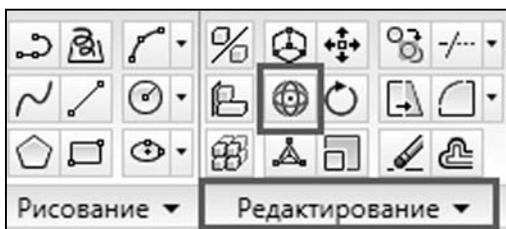


Рис. 8.5. Команда «3D-вращение» на «Ленте»

◆ ввести в командную строку **3D-повернуть**, или **3по**, или **_3drotate**.

После старта в командной строке появятся следующие запросы:

1. Текущие установки отсчета угла в ПСК: ANGDIR = против часов стрелки ANGBASE = 0. «Выберите объекты»: ...» — выбрать объекты, подлежащие вращению.

После завершения выбора AutoCAD отобразит ТКУМ в форме манипулятора вращения и предложит задать базовую точку.

Если активен режим динамической ПСК, то кольца манипулятора вращения будут изменять ориентацию в пространстве в зависимости от положения плоскости объекта, над которым находится указатель-перекрестие.

2. «*Базовая точка: ...*» — выбрать точку на чертеже либо ввести ее координаты в командном окне. Центр манипулятора вращения будет помещен в выбранную точку, а AutoCAD предложит выбрать ось вращения.

3. «*Ось вращения: ...*» — для вращения объекта вдоль одной из осей манипулятора вращения подвести указатель-перекрестие к тому кольцу манипулятора, для которого требуется ось является нормалью (рис. 8.6). Как только кольцо изменит цвет на желтый, щелкнуть на нем, чтобы зафиксировать соответствующую ось вращения.

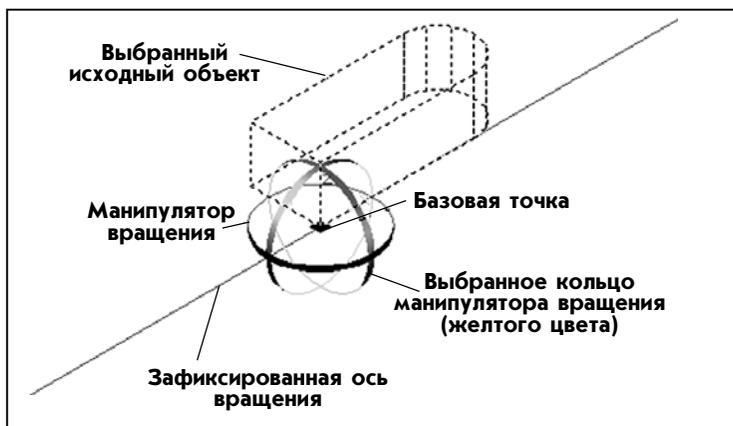


Рис. 8.6. Выбор оси вращения с помощью манипулятора вращения

4. В командном окне AutoCAD будет предложено выбрать точку, определяющую начальный угол.

«*Точка на первом луче угла или угол: ...*» — ввести значение угла поворота в командном окне или выбрать точку на чертеже. После этого любые перемещения указателя-перекрестия будут интерпретироваться AutoCAD как вращение объекта вокруг выбранной оси. При активном режиме «ОРТО» объект будет вращаться с шагом 90 (см. рис. 8.7), а при активном режиме «Полярное отслеживание» — с шагом, соответствующим значениям параметров в группе «Полярные углы» вкладки «Отслеживание» диалогового окна «Режимы рисования».

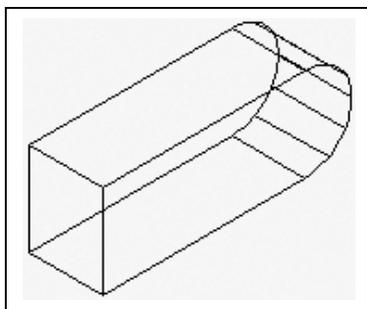


Рис. 8.7. Результат выполнения команды «3D-повернуть» (объект повернут на угол 90° относительно оси вращения, выбранной с помощью манипулятора вращения)

Поворот подчиняется правилу правой руки. Положительным направлением по умолчанию считается вращение против часовой стрелки.

8.3. Зеркальное отражение

3D-зеркало — команда, позволяющая отобразить пространственный объект относительно плоскости, задаваемой тремя точками или плоскостями, параллельными координатами плоскостями.

Способы вызова команды «3D-зеркало»:

- ♦ «Лента»: «Главная» / «Редактирование» / «3D-зеркало» (рис. 8.8);

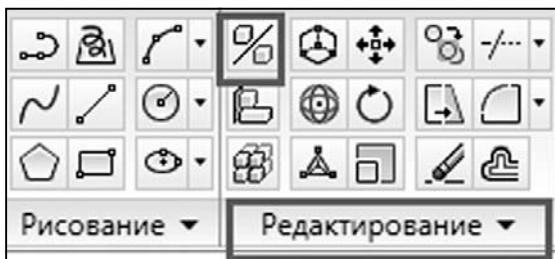


Рис. 8.8. Команда «3D-зеркало» на «Ленте»

- ♦ ввести в командную строку: **3D-зеркало**; **Зз** или **_mirror3d**. После старта команды в командной строке появятся следующие запросы:

1. «Выберите объекты: ...».

2. «Первая точка плоскости отображения (3 точки)» или [Объект / Последняя / Зось / Вид / XY / YZ / ZX / 3 точки] <3 точки>:

После того, как задана плоскость отображения, AutoCAD запросит следующее: «Удалить старые объекты? [Да / Нет] <нет>...».

Для сохранения исходных объектов нажать на клавишу <Enter> или ввести д, чтобы удалить старые объекты.

Опции команды 3D-зеркало, предназначенные для задания плоскости зеркального отображения

♦ «Объект» — позволяет в качестве плоскости для зеркального отображения использовать плоскость существующего двухмерного плоского объекта — окружности, дуги или двухмерной полилинии);

♦ «Последняя» — позволяет повторно использовать плоскость зеркального отображения, которая уже употреблялись при предыдущей активизации команды «3D-зеркало»;

♦ «Зось» — позволяет определить плоскость зеркального отображения путем определения нормали к этой плоскости (то есть оси Z);

♦ «Вид» — устанавливает плоскость зеркального отображения параллельно плоскости просмотра текущего видового экрана в точке, указанной пользователем;

♦ XY, YZ, ZX — позволяет установить плоскость зеркального отображения по одной из трех стандартных плоскостей текущей ПСК. При этом AutoCAD предлагает задать точку, через которую должна пройти плоскость зеркального отображения;

♦ «3 точки» — режим, используемый по умолчанию; предоставляет возможность самостоятельно определить плоскость, проходящую через три точки трехмерного пространства (рис. 8.9).

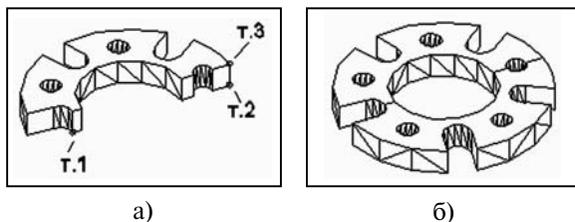


Рис. 8.9. Пример выполнения команды «3D-зеркало» (плоскость зеркального отображения задана тремя точками): а) начало; б) результат

8.4. 3D-массив

3D-массив — команда, позволяющая размножить объекты в пространстве при помощи прямоугольного и кругового массивов.

Для построения прямоугольного массива следует указать необходимое количество копий исходного объекта в массиве, определив количество строк или рядов, столбцов и уровней или этажей, а также расстояние между элементами массива по каждому из направлений.

Для кругового (радиального) массива следует задать ось, относительно которой создается массив, количество копий исходного объекта и предельный угол, до которого следует повторять исходный объект при создании массива.

Способы вызова команды «3D-массив»:

♦ «Лента»: «Главная» / «Редактирование» / «3D-массив» (рис. 8.10);

♦ ввести в командную строку в один из вариантов команды: **3D-массив**; **3mc** или **_3darray**.

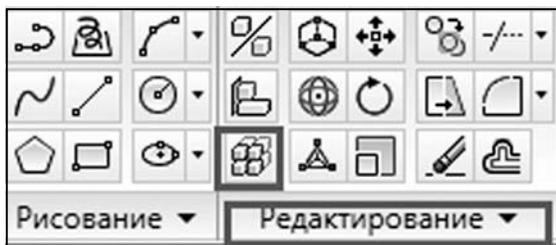


Рис. 8.10. Команда «3D-массив» на «Ленте»

Прямоугольный 3D-массив

После старта команды в командной строке появятся следующие запросы:

1. *Выберите объекты:* ...;
2. *Тип массива [Прямоугольный / Круговой] <П>:* п;
3. *Число рядов (—)<1>:* (Ряды параллельны оси X);
4. *Число столбцов (|||)<1>:* (Столбцы параллельны оси Y);
5. *Число этажей (...) <1>:* (Уровни вдоль оси Z);
6. *Расстояние между рядами (—):*
7. *Расстояние между столбцами (|||):*
8. *Расстояние между этажами (...):*

В пространстве будет построен прямоугольный массив с заданным количеством рядов, столбцов, этажей и расстоянием между ними по осям координат (рис. 8.11).



Рис. 8.11. Пример выполнения команды «3D-массив»:
а) до; б) после

Круговой 3D-массив

После старта команды в командной строке появятся следующие запросы:

1. *Выберите объекты:...*;
2. *Тип массива [Прямоугольный/Круговой]<П>: к ...;*
3. *Число элементов массива: (включая исходный объект);*
4. *Угол заполнения (+ – против часовой стрелки; – – по часовой стрелке)<360>: (положительный угол – против часовой стрелке);*

5. *Поворачивать элементы массива? [Да / Нет]<Д>:*

Сразу же необходимо нажать на клавишу «Enter» для разворота объектов в соответствии с поворотом массива или сначала ввести **n** для сохранения их ориентации;

6. *Центральная точка массива:*

Задать центральную точку массива, введя ее координаты в командной строке или привязавшись к уже построенной на чертеже точке объекта;

7. *Вторая точка оси поворота:*

Задать координаты второй точки оси поворота. В пространстве будет построен круговой массив с заданным количеством элементов и углом заполнения (см. рис. 8.12).



Рис. 8.12. Пример выполнения команды «3D-массив» (круговой массив): число элементов массива = 5; угол заполнения = 360°

Редактирование 3D-объектов командой «ручки»

«Ручки» — небольшие квадратные или треугольные отметки, которые отображаются на объекте после его выделения.

Приемы редактирования трехмерных объектов с помощью «ручек» аналогичны приемам, применяемым для редактирования двухмерных чертежей. Единственная особенность связана с тем, что «ручки» нельзя применять для растягивания.

Принципы работы мышью при редактировании объекта с помощью «ручек»

1. Выделить объект (ПКМ). «Ручки» синего цвета — «холодные».
2. Щелкнуть ЛКМ на одной из «холодных» ручек, ручка поменяет цвет с синего на красный, то есть станет «горячей».
3. Произвести редактирование через панель контекстного меню.

Глава 9. ФОРМИРОВАНИЕ ПРОЕКЦИЙ ТВЕРДОТЕЛЬНОЙ МОДЕЛИ

После того как в компоновочном листе получены и выравнены все необходимые проекции и виды, можно приступить к их окончательной доработке.

Для формирования любых проекций твердотельных моделей можно использовать команду **т-профиль** (рис. 9.1). Процесс напоминает фотографирование 3D-модели в определенном масштабе и под определенным углом зрения, в результате которого получается плоская фотография. Полученные в результате выполнения команды плоские профили остаются неизменными, даже если исходную модель после этого будет необходимо отредактировать.

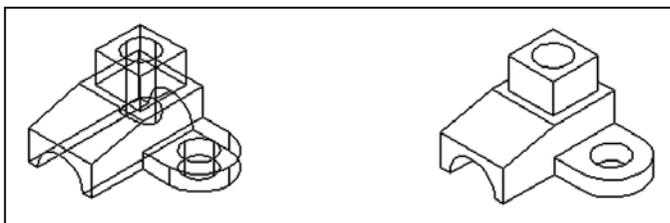


Рис. 9.1. Вид модели до и после действия команды **т-профиль** с отключением соответствующих слоев

Команду **т-профиль** применяют на компоновочном листе, отдельно в каждом из видовых экранов, переключившись в нем в пространство модели.

Команда создает два дополнительных слоя для текущего видового экрана:

- ◆ PV- j — для видимых линий данного вида;
 - ◆ H- j — для скрытых линий данного вида,
- где j — индекс видового экрана.

В результате действия команды формируется проекция твер-

дотельного объекта на плоскость, параллельную текущему видовому экрану листа. Причем проекция состоит из двух частей:

- ◆ контур из видимых линий — в слое PV-j;
- ◆ контур из невидимых линий — в слое PH-j.

Получившийся профиль отображается только в соответствующем видовом экране. При необходимости действие команды повторяют и в других видовых экранах листа.

Далее следует сделать невидимыми слой, в котором сформирована твердотельная модель, и все слои PH-j со скрытыми линиями. На листе будут отображаться только профили с видимыми линиями слоев PV-j. При желании можно не выключать слои PH-j, а изменить в них тип линий на пунктирный.

Способы вызова команды **т-профиль**:

- ◆ щелкнуть по кнопке  (рис. 9.2);
- ◆ ввести команду **т-профиль**;
- ◆ «Лента»: «Главная» → «Моделирование» → «Профиль твердого тела».

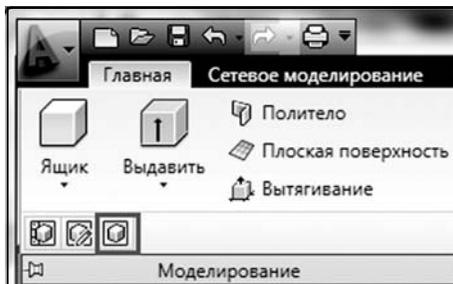


Рис. 9.2. Расположение кнопки вызова команды **т-профиль**

Выполняется проекция выбранных 3D-тел на 2D-плоскость, которая параллельна текущему видовому экрану листа. Получившиеся в результате 2D-объекты формируются на слоях, предназначенных отдельно для скрытых и для видимых линий, и отображаются только в соответствующем видовом экране.

Основные запросы команды:

- ◆ команда: **т-профиль**;
- ◆ Выберите объекты: ...;
- ◆ Изобразить скрытые линии профиля на отдельном слое? [Да/Нет] <Д>: д;
- ◆ Проецировать линии профиля на плоскость? [Да / Нет] <Д>: д;
- ◆ Удалить касательные ребра? [Да / Нет] <Д>: д.

После старта команды в командной строке появятся следующие запросы:

1. «*Выберите объекты: ...*» — выбрать объекты любым способом;
2. *Изображать скрытые линии профиля на отдельном слое? [Да / Нет] <Д>: ...* — ввести **д** или **н** или нажать на клавишу «Enter».

Опция: Да

Генерируются только два блока: один для видимых линий, другой для скрытых линий — всего набора. При генерации скрытых линий тела частично или полностью могут закрываться другими телами. Блок видимых линий рисуется типом линий «ПОСЛОЮ», а блок скрытых линий — типом линий «НЕВИДИМАЯ» (если этот тип линий загружен).

Блоки скрытых и видимых линий профиля помещаются на слои с уникальными именами в соответствии со следующим соглашением:

- ◆ PV — метка видового экрана слой видимых линий;
- ◆ PH — метка видового экрана слой скрытых линий.

Например, при создании профиля на видовом экране с номером 4В команда поместит блок с видимыми линиями профиля на слой с именем PV-4В, а блок со скрытыми линиями (если установлен режим его создания) — на слой с именем PH-4В. Если эти слои не существуют, команда создает их. Если эти слои существуют, то блоки добавляются к имеющимся на них объектам.



Чтобы узнать метку видового экрана, следует выбрать этот видовой экран, находясь в пространстве листа, и ввести команду «Список». Переключение из пространства модели в пространство листа производится выбором вкладки одного из листов.

Команда **т-профиль** не изменяет видимость слоев. Для просмотра только созданных линий профиля следует отключить слой с исходным телом (обычно это текущий слой).

Опция: Нет

Все линии профиля трактуются как видимые, и для каждого выбранного тела создается отдельный блок профильных линий (см. рис. 9.3). Для каждого тела в наборе создаются все линии профиля, даже если одно тело частично или полностью закрывается другим.

Блок видимых линий рисуется тем же типом линий, что и первоначальный твердотельный объект, и размещается на слое

с уникальным именем, присвоенным в соответствии с описанным выше для опции «Да».

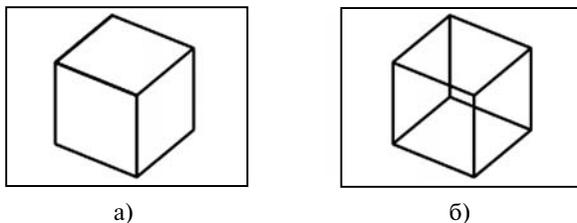


Рис. 9.3. Линии профиля:
а) со скрывтием линий; б) без скрывтия линий

При удалении скрытых линий наличие перекрывающихся тел (тел, имеющих общий объем) может привести к появлению висячих кромок. Это происходит из-за того, что кромки разрываются в точке соприкосновения с другим телом для их разделения на видимые и скрытые части. Для устранения висячих кромок следует перед созданием профиля объединить перекрывающиеся тела (при помощи команды «Объединение»).

3. Запрос о типе объектов (2D или 3D), представляющих видимые и скрытые линии профиля: «Проецировать линии профиля на плоскость? [Да / Нет] <Д>: ... (ввести **д** или **н** или нажать на «Enter»).

Опция: Да

Линии профиля представляют собой 2D-объекты. 3D-профиль проецируется на плоскость, перпендикулярную направлению взгляда и проходящую через точку начала ПСК. Т-ПРОФИЛЬ выполняет очистку 2D-профилей путем удаления линий, параллельных направлению взгляда, и преобразования кругов, видимых на ребре, в отрезки.

Опция: Нет

Линии профиля состоят из 3D-объектов AutoCAD.

4. В следующей подсказке спрашивается, нужно ли удалять касательные кромки. **Касательная кромка** — линия перехода между двумя касательными гранями; воображаемая линия соприкосновения двух граней. Например, при сопряжении кромки ящика в местах переходов от цилиндрической поверхности к планарным образуются касательные кромки.

Обычно в чертежах касательные кромки не показаны.

«Удалить касательные кромки? [Да / Нет] <Д>: ... (ввести **д** или **н** или нажать на «Enter»).

9.1. Формирование ортогональных проекций, разрезов и сечений твердотельной модели для рабочего чертежа

Чтобы на основе сформированной твердотельной модели получить в листе рабочий чертеж детали с необходимыми видами, разрезами и сечениями в AutoCAD существует множество методик. Однако наилучший результат дает способ формирования ортогональных проекций помощи команд **т-вид** и **т-рисование**.

Команды **т-вид** и **т-рисование** работают в два этапа.

1 этап. Команда **т-вид** по очереди создает плавающие видовые экраны в листе компоновки с заданными видами, причем, первым формируется видовой экран с горизонтальной проекцией (проекцией на плоскость XU выбранной системы координат).

Все видовые экраны размещаются в автоматически созданном слое «**ВЭКРАН**» («**VPORTS**»). Команда также создает дополнительные слои для каждого сформированного видового экрана:

ИмяВида-VIS — для видимых линий данного вида;

ИмяВида-HID — для скрытых линий данного вида;

ИмяВида-HAT — для штриховок вида с сечением;

ИмяВида-DIM — для размеров, видимых только в данном видовом экране.

ИмяВида — имя, под которым сохранен вид во время работы команды.



В созданных командой **т-вид** видовых экранах замораживаются все слои, кроме тех, которые были созданы специально для данного ПВЭ.

На созданных командой **т-вид** слоях (кроме ИмяВида-DIM) не следует размещать постоянные объекты чертежа, так как их содержимое полностью обновляется в ходе выполнения команды **т-рисование**.

Информация, сохраняемая вместе с каждым созданным видовым экраном, используется командой **т-рисование** для формирования вида законченного чертежа.

2 этап. Команда **т-рисование** строит плоские проекции (профили) твердотельных моделей. Профили строятся в пространстве модели и параллельны плоскости своего видового экрана.

При этом видимые, невидимые линии и штриховки распределяются по разным слоям, специально созданным для этого командой **т-вид** на первом этапе.

Команда **т-рисование** применима только к плавающим видовым экранам, созданным с помощью команды **т-вид**.

Графические объекты, созданные командой **т-рисование**, доступны для обычного редактирования.

Способы вызова команды т-вид:

- ◆ меню: «Рисование» / «Моделирование» / «Подготовка» / «Вид»;
- ◆ «Лента»: «Главная» / «Моделирование» / «Вид твердого тела»;
- ◆ ввести в командную строку: **т-вид** или **_solview**.

Опции команды т-вид:

◆ «Пск» — создает исходный вид относительно пользовательской системы координат, из которого затем можно создать остальные виды;

◆ «ОРТО» — создает вид ортогональный имеющемуся (горизонтальному, фронтальному или профильному);

◆ «Дополнительный» — создает дополнительный вид на базе имеющегося. Этот вид является проекцией на плоскость, ортогональную одному из основных видов и наклонную относительно смежного вида;

◆ «Сечение» — создает разрез тел с дальнейшим нанесением на него штриховки.

Тела, не пересеченные секущей плоскостью, генерируются в виде обычных контуров.

Способы вызова команды т-рисование:

◆ меню: «Рисование» / «Моделирование» / «Подготовка» / «Чертеж»;

◆ «Лента»: «Главная» / «Моделирование» /  «Чертеж твердого тела»;

◆ ввести в командную строку: **т-рисование** или **_soldraw**.

Для полного представления о форме объекта у симметричных деталей обычно соединяют половину вида и половину разреза. При необходимости получения такой проекции сначала можно сформировать ортогональную проекцию, затем аналогичный разрез (параметр «Сечение»). Затем «отрезать» от каждой проекции половину и совместить оставшиеся половинки.

Пр и м е р. Сформировать ортогональные виды и разрезы для твердотельной модели (см. рис. 9.4).

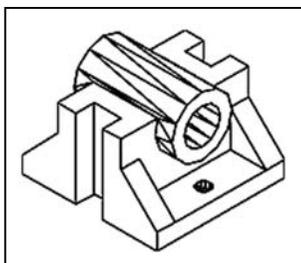


Рис. 9.4. Вид 3D-модели

Алгоритм действия

Команда: т-вид

I этап. Создание горизонтального вида (рис. 9.5).

1. Задать параметр *Пск / ОРТО / Дополнительный / Сечение*: **п**.
2. Задать параметр *[Имя / Мск / ? / Текущая]* <Текущая>:

Масштаб вида <1>: **0.5**.

3. «*Центр вида: ...*» — задать точку на листе.

Центр вида <видовой экран>: <Enter>.

4. «*Первый угол видового экрана*»: ...» — задать точку на листе.

«*Противоположный угол видового экрана*: ...» — задать точку на листе.

5. Имя вида: **гор**.

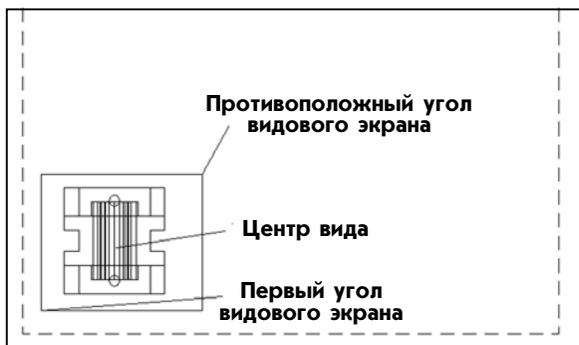


Рис. 9.5. Результат первого этапа выполнения команды **т-вид**

II этап. Создание фронтального вида (см. рис. 9.6).

1. Задать параметр *Пск / Орто / Дополнительный / Сечение*: **о**.

2. «*Указать сторону видового экрана для проекции*: ...» — задать точку на листе.

3. «*Центр вида: ...*» — задать точку на листе.
4. *Центр вида <видовой экран>*: <Enter>.
5. «*Первый угол видового экрана: ...*» — задать точку на листе.
6. «*Противоположный угол видового экрана: ...*» — задать точку на лист. Имя вида: **фр.**

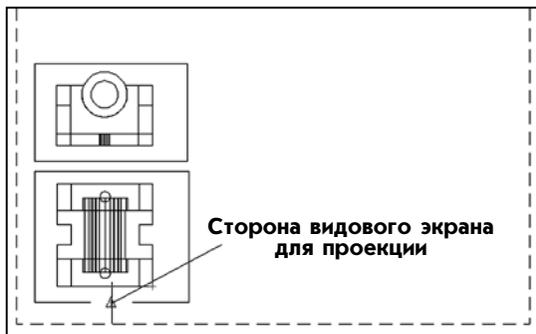


Рис. 9.6. Пример создания фронтального вида
III этап. Создание фронтального разреза (рис. 9.7).

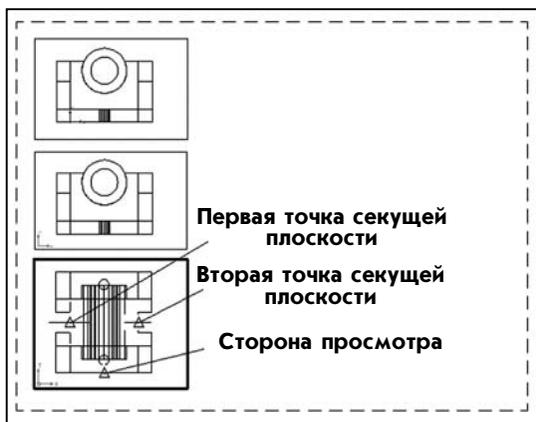


Рис. 9.7. Пример создания фронтального разреза

1. Задать параметр [*Пск / Орто / Дополнительный / Сечение*]: **с**.
2. «*Первая точка секущей плоскости: ...*» — задать точку на модели.
- «*Вторая точка секущей плоскости: ...*» — задать точку на модели.
- «*Сторона просмотра: ...*» — задать точку на модели.

3. «*Центр вида: ...*» — задать точку на листе.
4. Центр вида <видовой экран>: <Enter>.
5. «*Первый угол видового экрана: ...*» — задать точку на листе.
6. «*Противоположный угол видового экрана: ...*» — задать точку на листе.
7. Имя вида: **фр-разрез**.
8. Задать параметр [*Пск / Орто / Дополнительный / Сечение*]: <Enter>.

Команда: **т-рисование**

IV этап. Создание плоских профилей (рис. 9.8).

1. «*Выбрать видовые экраны для построений...*».
2. «*Выбрать объекты: ...*» — выделить все видовые экраны.
«*Выбрать объекты: ...*» — «Enter».
3. Сделать невидимыми слои с именами ИмяВида — НID.

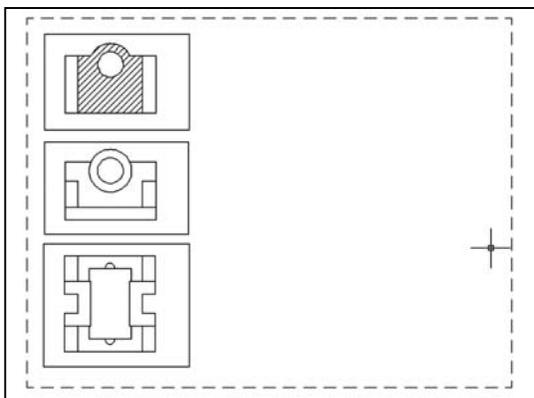


Рис. 9.8. Результат выполнения команды **т-рисование** с последующим отключением слоев со скрытыми линиями

V этап. Совмещение вида и разреза (рис. 9.9).

1. Командой «*Прямая*» провести вспомогательную вертикальную линию через середину фронтального вида (в пространстве модели). Для этого воспользоваться вспомогательным слоем.
2. Командами «*Обрезать*», «*Разорвать*» и «*Стереть*» удалить по половине вида и разреза.
3. Командой «*Переместить*» наложить видовой экран с половиной фронтального вида на видовой экран с половиной разреза (в пространстве листа).
4. Сделать невидимым слой с рамками видовых экранов «*ВЭкран*» («*VPORIS*»).

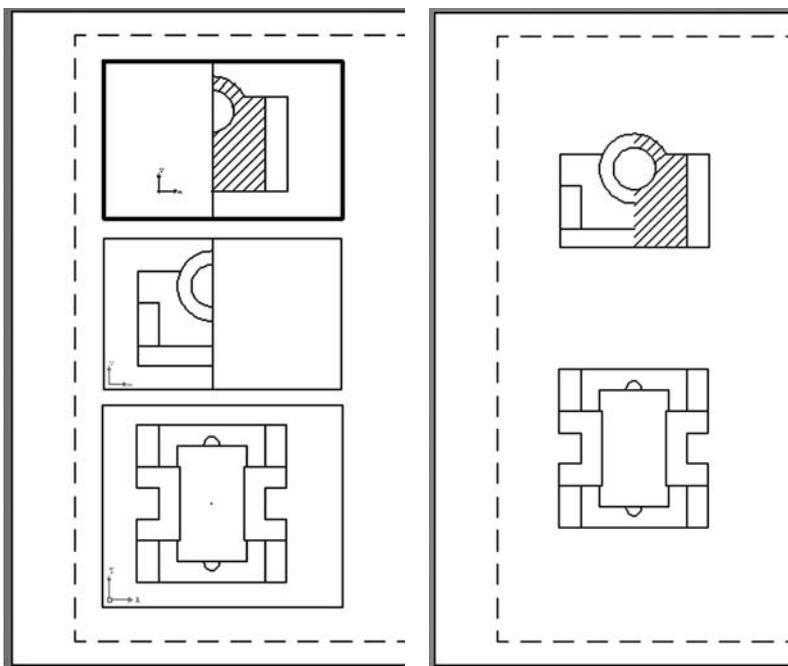


Рис. 9.9. Совмещение вида и разреза на фронтальной проекции

VI этап. Окончательное оформление чертежа — провести оси; проставить размеры.

Если рабочий чертеж необходимо дополнить аксонометрической проекцией модели, то можно воспользоваться рассмотренными ранее командами **вэкр** и **т-профиль**.

9.2. Алгоритм компоновки рабочего чертежа детали в пространстве листа при 3D-моделировании

Формирование в AutoCAD модели объекта, в том числе трехмерной, обычно вызвано необходимостью дальнейшего использования такой модели в системах расчетов и моделирования, при получении проектно-конструкторской документации, фотографически достоверного изображения готового изделия до его производства при экспорте 3D-моделей в другие программы компьютерной графики и т. д. Во всех случаях необходимо ее отображение модели на мониторе или в виде бумажной

копии. Ниже приведен рекомендуемый алгоритм компоновки рабочего чертежа детали в пространстве листа.

1. Формировать геометрическую модель на вкладке «*Модель*» в пространстве модели. Подготовить переход в пространство листа.

2. Сделать невидимыми вспомогательные слои (если они есть); выключить видимую сетку.

3. Включить режим отображения линий с весами; сделать текущим видовой экран с видом сверху.

4. Создать компоновочный лист с ортогональными видами и разрезами:

- ◆ перейти в компоновочный лист щелчком по соответствующей вкладке;
- ◆ выбрать формат листа; настроить параметры листа и печати (парамлист);
- ◆ удалить автоматически появившийся видовой экран;
- ◆ создать и сделать текущим слой «*Штамп*» для вставки и заполнения основной надписи;
- ◆ вызвать из внешней библиотеки блок с рамкой и штампом соответствующей форматки (вставка);
- ◆ сформировать в компоновочном листе видовые экраны с необходимыми ортогональными видами и разрезами (сечениями) командой т-вид (при этом, автоматически будет сформировано по комплекту слоев для каждого видового экрана, а также слой «*VPORTS*», в который будут вставлены все эти видовые экраны);
- ◆ командой **т-рисование** сформировать плоские проекции видов и разрезов (сечений) на видовых экранах листа, созданных в предыдущем пункте.

5. Дальнейшие операции с моделью (пространство модели) — вернуться на вкладку моделирования:

- ◆ временно сделать невидимыми все автоматически сформированные командой **т-вид** слои;
- ◆ выполнить необходимые сечения и разрезы модели;
- ◆ заштриховать плоскости разреза в отдельном слое, например, в слое «*Разрез*».

6. Окончательное оформить компоновочный лист — пространство листа:

- ◆ включить видимость слоев, сформированных командой **т-вид**, кроме слоев с невидимыми линиями;
- ◆ для имеющихся видовых экранов заморозить слой «*Раз-*

рез», переключившись в каждом из них в пространство модели;

♦ при необходимости с помощью команды **форматл** выровнять изображения в видовых экранах;

♦ сформировать в компоновочном листе дополнительный видовой экран с аксонометрической проекцией модели — пространство листа, текущий слой «VPORIS»): «Вид» / «ВЭкраны» / «Новые ВЭ» / Один (ЮЗ-изометрия); выровнять вид и установить масштаб;

♦ сформировать плоский профиль аксонометрической проекции с помощью команды т-профиль («Рисование» / «Моделирование» / «Подготовка» / «Профиль»), переключившись в пространство модели в данном видовом экране:

а) сделать невидимыми следующие слои: слой с моделью; сформированные командой **т-вид** и **т-профиль** слои с невидимыми линиями (-HID и PH-i); слой с видовыми экранами (VPORIS);

б) произвести дополнительные построения — оси, размеры, надписи в соответствующих слоях;

в) заполнить штамп — высота шрифта должна быть в соответствии с ГОСТ 2.104-2006 «ЕСКД. Основные надписи» должна быть 2,5 или 3,5 мм для фамилии и 5 мм для названия чертежа.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Глотова, В. В.* AUTOCAD 2010 : учебное пособие для студентов дневного, вечернего и заочного отделений / В. В. Глотова. — М. : МГСУ, 2011.
2. *Климачева, Т. Н.* AUTOCAD 2010. Полный курс для профессионалов. — М. : Диалектика, 2010.
3. *Соколова, Т. Ю.* AUTOCAD 2010 : учебный курс / Т. Ю. Соколова. — СПб. : Питер : 2010.
4. Справочная система AUTOCAD 2010.
5. *Полещук, Н. Н.* AUTOCAD 2009 / Н. Н. Полещук. — СПб. : БХВ-Петербург, 2009. — (Серия «В подлиннике»).
6. *Полещук, Н. Н.* Самоучитель AUTOCAD 2009. Трехмерное проектирование / Н. Н. Полещук, В. А. Савельева. — СПб. : БХВ-Петербург, 2008.

ВВЕДЕНИЕ	3
Глава 1. РАБОЧЕЕ ПРОСТРАНСТВО 3D-МОДЕЛИРОВАНИЯ ...	5
1.1. Интерфейс 3D-моделирования	5
1.2. Аппарат наблюдения за трехмерными объектами ...	6
1.3. Видовые экраны пространства модели	8
Практическая работа	12
Глава 2. РАБОТА С ТОЧКАМИ	14
2.1. Системы координат	14
2.2. Работа с пользовательской системой координат	15
2.3. Виды трехмерных координат	17
2.4. Координатные фильтры, объектные привязки	18
Практическая работа	21
Глава 3. ПРИНЦИПЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТРЕХМЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ	23
3.1. Создание трехмерных объектов	23
3.2. Построение трехмерных моделей	23
3.3. Поверхностные модели. Сети. Сетевые примитивы.	24
Глава 4. ПОСТРОЕНИЕ ТВЕРДОТЕЛЬНЫХ ПРИМИТИВОВ ...	32
4.1. Создание 3D твердотельного параллелепипеда	33
4.2. Создание 3D твердотельного цилиндра	35
4.3. Создание 3D твердотельного конуса	36
4.4. Создание 3D твердотельной пирамиды	38
4.5. Создание 3D твердотельного клина	40
4.6. Создание 3D твердотельного тора	42
4.7. Создание 3D твердотельного шара	43
Практическая работа	44

Глава 5. ТВЕРДОТЕЛЬНЫЕ СОСТАВНЫЕ ТЕЛА	46
5.1. Способы создания составных объектов	46
5.2. Создание составных тел из объектов смешанных типов	51
Практическая работа	52
Глава 6. СОЗДАНИЕ СЕЧЕНИЙ И РАЗРЕЗОВ	57
Практическая работа	59
Глава 7. ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ПЛОСКИХ ОБЪЕКТОВ В ПОВЕРХНОСТИ И ТЕЛА	64
7.1. Выдавливание	64
7.2. Вытягивание	65
7.3. Вращение	67
7.4. Сдвиг	69
7.5. Создание тела или поверхности с помощью сечений	72
Практическая работа	76
Глава 8. РЕДАКТИРОВАНИЕ В ТРЕХМЕРНОМ ПРОСТРАНСТВЕ	81
8.1. Перемещение	82
8.2. Вращение	86
8.3. Зеркальное отражение	88
8.4. 3D-массив	90
Глава 9. ФОРМИРОВАНИЕ ПРОЕКЦИЙ ТВЕРДОТЕЛЬНОЙ МОДЕЛИ	93
9.1. Формирование ортогональных проекций, разрезов и сечений твердотельной модели для рабочего чертежа	97
9.2. Алгоритм компоновки рабочего чертежа детали в пространстве листа при 3D-моделировании	102
ЛИТЕРАТУРА	105

**Приемы трехмерного
прототипирования объектов
в САПР AutoCAD**

Учебное пособие

Редактор *Н. А. Елизарова*
Компьютерная верстка *Л. И. Половинкиной*

Оригинал-макет подписан в печать 30.08.2016 г.
Формат 60 × 84 ¹/₁₆. Бумага офсетная. Гарнитура «TimesET».
Печать офсетная. Усл.-печ. л. 6,3. Тираж 100 экз. Заказ 2353.

Нижегородский институт развития образования,
603122, Н. Новгород, ул. Ванеева, 203.
www.niro.nnov.ru

Отпечатано в издательском центре учебной
и учебно-методической литературы ГБОУ ДПО НИРО.