Федеральное агентство по образованию
ГОУ ВПО «Уральский государственный технический университет – УПИ
имени первого Президента России Б. Н. Ельцина»

В.И. Кондратьев

ТРЕХМЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В СРЕДЕ ГРАФИЧЕСКОГО ПАКЕТА AutoCAD

Учебное электронное текстовое издание
Подготовлено кафедрой
«Информационные системы и автоматизация проектирования»
Научный редактор: доц., канд. техн. наук Н.Д. Старостин

Методические указания по курсу «Системы автоматизированного проектирования – САПР» для студентов дневной формы обучения направления 230000 «Информатика и вычислительная техника», 230105 «Программное обеспечение вычислительных комплексов и систем».

Описаны основные возможности и понятия, связанные с построением пространственных моделей в среде графического пакета AutoCAD. Рассмотрены методики построения пространственных моделей и способы формирования на основе этих моделей чертежей изделий.

ГОУ ВПО УГТУ–УПИ
Екатеринбург
2009

Содержание

1. Числовые модели трехмерных тел

Моделирование ставит своей целью получение числовой модели трехмерного объекта, содержащей информацию не только о границах и поверхностях объекта, но и о его внутренней геометрической структуре, о материале проектируемого объекта.

В основе моделирования лежит простая идея получения модели объекта как суммы элементарных тел. Здесь сумма понимается в чисто алгебраическом смысле: тела – графические примитивы – могут складываться или вычитаться. Реализация такого подхода в компьютерных программах потребовала привлечения солидного аппарата матричной алгебры, но сама идея, как видно, проста.

В AutoCAD для построения числовой модели объекта используется математический аппарат, именуемый CSG – Constructive Solid Geometry,что можно перевести как «графика конструирования трехмерных объектов». В нем используется матричное описание элементов объекта и алгебра математической логики.

Возможность получения числовой модели объекта – главная отличительная черта компьютерной графики. В этом ее принципиальное отличие от традиционной «бумажной» технологии черчения, в которой для описания объектов предусмотрены ортогональные, косоугольные, аксонометрические проекции и сечения, но нет единого документа, который всесторонне описывал бы объект. В компьютерной графике таким электронным документом является числовая модель объекта.

Основная концепция AutoCAD состоит в построении числовой модели, по которой можно построить ортогональные проекции, сечения, наглядные изображения. Чертежи могут и не понадобиться, если модели AutoCAD передаются в виде файлов непосредственно в производство.

В данном случае речь идет о наглядном изображении трехмерного объекта и, несмотря на то, что системой строится числовая модель объекта, пользователь получает в результате построения традиционный аксонометрический чертеж, дополняющий чертежи ортогональных проекций.

2. Команды и инструменты визуализации трехмерных тел. Пользовательская система координат

Основные команды визуализации вызываются из ниспадающего меню VIEW. Это команды VPOINT и DVIEW.

Работа с пользовательской системой координат производится с помощью команды UCS.

3. Команды и инструменты построения трехмерных тел

3.1. Трехмерные графические примитивы

AutoCAD имеет следующие команды образования моделей сплошных трехмерных тел: BOX (ящик), SPHERE (шар), CYLINDER (цилиндр),CONE (конус), WEDGE (клин), TORUS (тор).С помощью перечисленных команд строятся тела, играющие роль графических примитивов в конструировании трехмерных объектов.

Команда BOX (ЯЩИК)

Этой командой создается параллелепипед.

Формат команды:

BOX

Center/<Corner of box><0,0,0>:

С помощью опции **Corner of box** положение тела задается координатами двух угловых точек, принадлежащих диагонали основания.

Опцией **Center** предусматривается задание центра тяжести параллелепипеда. После ввода первой из опций пользователь должен ответить на вопрос:

Corner of box<0,0,0> – приглашение к вводу координат угловой точки;

Cuber/Length/<other corner>: запрос координат второй угловой точки либо одной из опций.

Опции этой директивы означают следующее:

Length – параллелепипед определяется своей длиной. После ввода этой опции задается длина параллелепипеда, затем следуют запросы ширины основания (Width) и высоты (Heigth).

Cuber – тело определяется как куб;

Опция **Center** выполняется аналогичным образом.

Команда SPHERE (ШАР)

Эта команда создает сферу заданного диаметра (или радиуса).

Формат команды:

SPHERE

Center of sphere<0,0,0>:

Diameter/<Radius> of sphere:

Построенная сфера размещается в пространстве таким образом, что ее экваториальная плоскость параллельна плоскости XY текущей системы координат.

Команда CYLINDER (ЦИЛИНДР)

Этой командой строится либо цилиндрическая, либо эллиптическая призма.

Формат команды:

CYLINDER

Elliptical/<center point><0,0,0>:,

где **Elliptical** – построение эллиптической призмы;

center point – построение цилиндрической призмы.

Specify radius for base of cylinder or [Diameter]:

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

Команда CONE (КОНУС)

Строится конус с основанием в виде эллипса или окружности.

Формат команды:

CONE

Elliptical/<center point><0,0,0>:

Specify radius for base of cone or [Diameter]:

Specify height of cone or [Apex]: 5

Команда WEDGE (КЛИН)

Строится треугольная призма, представляющая клин, одна из прямоугольных граней которого располагается в плоскости, параллельной плоскости XY текущей системы координат.

Формат команды:

WEDGE

Center/<Corner of wedge><0,0,0>:

Center of wedge<0,0,0>:

Две опции команды различным образом определяют положение строящегося клина в пространстве:

Corner of wedge – положение прямоугольной стороны клина координатами двух его угловых точек;

Center – координатами точки центра тяжести и одной угловой точки.

Кроме того, в последующем запрашиваются опции **Length** – ширина основания клина и **Height** – высота клина.

Команда TORUS (TOP)

Создается тор заданного диаметра (или радиуса) образующей окружности и диаметра (или радиуса) собственно тора.

Формат команды:

TORUS

Center of torus<0,0,0>:

Diameter/<Radius> of torus:

Diameter/<Radius> of tuber:

3.2. Построение трехмерного тела методом перемещения двухмерного примитива в пространстве

С помощью команд EXTRUDE (ВЫДАВИ) и REVOLVE (ВРАЩАЙ) можно построить модель трехмерного тела, используя в качестве базы построения двухмерный графический примитив.

Команда EXTRUDE (ВЫДАВИ)

Позволяет создавать трехмерные тела, образованные перемещением плоской фигуры вдоль направляющей кривой в трехмерном пространстве.

Функция команды аналогична опции **Thickness** команды **CHANGE**. Раз-

личие между ними заключается в том, что первая строит модель сплошного тела, а вторая строит каркасную модель.

Способ построения трехмерного тела с помощью команды EXTRUDE напоминает изготовление детали машиностроения методом штамповки. Поэтому команда названа «выдавливанием».

Формат команды:

Select objects: – приглашение к выбору объекта, служащего основанием для построения трехмерного тела, получаемого выдавливанием;

Path<Heiht of Extrusion>: – задается высота (или длина) трехмерного тела (путем ввода значений с клавиатуры или выбора вектора перемещений);

Extrusion taper angle<0>: запрос величины угла сужения тела.

Основание объекта вычерчивается до того, как вводится команда. В качестве основания могут использоваться следующие примитивы: замкнутые полилинии, многоугольники, окружности, эллипсы, замкнутые сплайны и кольца, а также замкнутые области, создаваемые с помощью команды REGION (ОБЛАСТЬ).

Выбор объектов основания имеет ограничения:

1) не допускаются самопересекающиеся полилинии;

2) полилиния может иметь не более 500 вершин;

3) объект основания не должен иметь блоков.

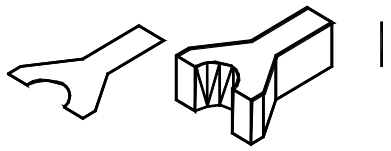
Опция **Path** служит для задания направляющей кривой (это могут быть отрезок, окружность, дуга, эллипс, эллиптическая дуга, полилиния или сплайн), которой определяется направление и длина выдавливания.

Высота строящегося объекта определяется расстоянием между плоскостью, в которой расположена образующая кривая, и параллельной ей плоскостью, проходящей через концевую точку направляющей кривой.

Кривая Path должна быть вычерчена пользователем в трехмерном про-

странстве до того, как введена команда EXTRUDE. Начальная точка этой кривой должна принадлежать плоскости, в которой вычерчена образующая кривая.

Покажем пример выдавливания плоской кривой (рис. 1)



Направляющая кривая

Рис. 1. Выдавливание плоского тела

Директива **Extrusion taper angle** запрашивает величину угла сужения тела, который по умолчанию принят равным нулю.

Высота тела, которое образуется выдавливанием, должна задаваться такой, чтобы боковые поверхности не пересекались в результате сужения.

Команда REVOLVE (ВРАЩАЙ)

Этой командой создаются трехмерные тела, получаемые в результате вращения в пространстве плоской фигуры – образующей кривой.

Формат команды:

REVOLVE

Select object: (приглашение системы к выбору вращаемого объекта)

Axis of revolution – Object/X/Y<Start point of axis>: (запрос начальной точки оси вращения);

<End point of axis>: (запрос конечной точки оси вращения);

Angle of revolution<full circle>: (запрос величины центрального угла вращения).

Формат команды предусматривает четыре опции задания оси вращения:

Start point of axis – задание двух точек воображаемой (или вычерченной) оси вращения (опция принята по умолчанию);

Object – выбирается предварительно вычерченная линия или один сег-

мент полилинии, положительным считается направление от первой ко второй точке линии (полилинии);

X и *Y* в качестве оси вращения принимается положительная ось *X* или *Y* текущей системы координат.

Образующей кривой может быть замкнутая полилиния, многоугольник, окружность, эллипс, замкнутый сплайн, кольцо или область, образованная командой REGION. Следует иметь в виду, что образующая кривая команд REVOLVE и EXTRUDE должна быть замкнутой.

Покажем пример построения тела вращения (рис. 2, рис. 2, а):

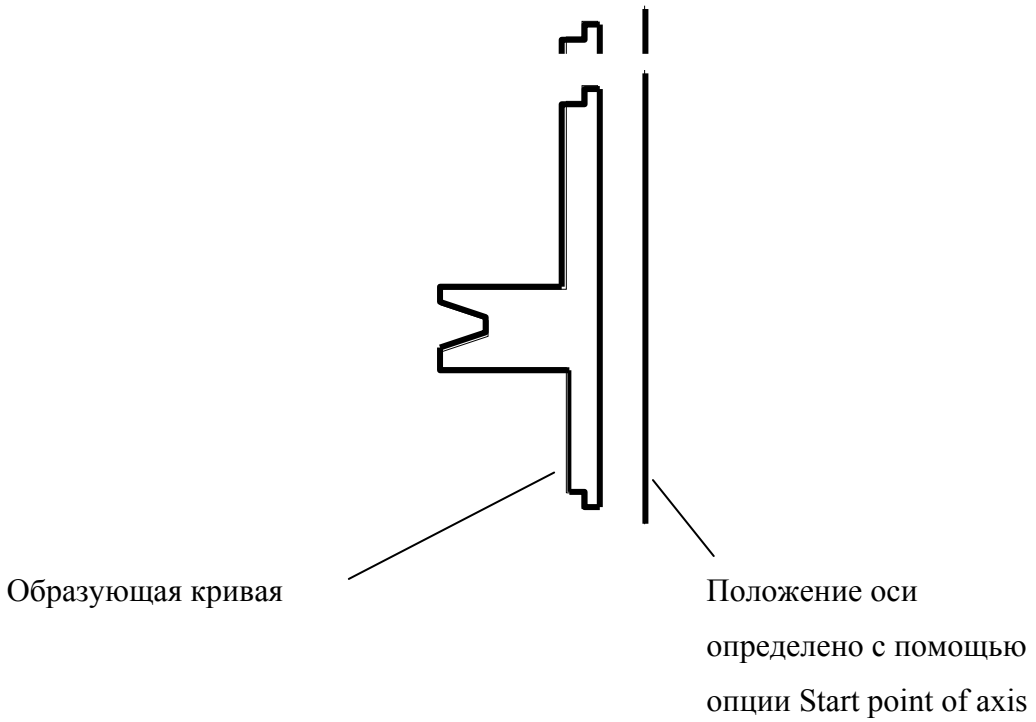


Рис. 2. Образующая и ось для построения тела вращения

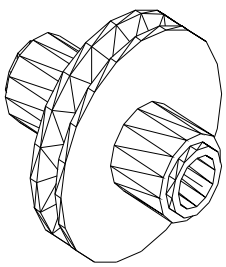


Рис. 2, а. Построение трехмерного объекта
с помощью команды REVOLVE

Построение составных образующих кривых

Образующие кривые, используемые в командах EXTRUDE и REVOLVE, могут быть составными, включающими несколько графических примитивов. Объединение их в общую кривую выполняется командой REGION (ОБЛАСТЬ).

Формат команды:

REGION

Select objects:

В качестве объектов, составляющих область, могут быть замкнутые полилинии, отрезки прямой, дуги, окружности, эллиптические дуги, эллипсы и сплайны.

3.3. Образование нового тела путем деления на части существующего трехмерного объекта

Команда SLICE предназначена для образования модели объекта рассеканием ранее построенного тела плоскостью на части.

Можно сохранить отсеченные части как два новых объекта либо указать одну из частей, подлежащую сохранению, другая будет удалена.

С помощью этой команды довольно просто получать разрезы созданных трехмерных моделей.

Формат команды:

SLICE

Select objects Slicing play by

Object/Zaxis/View/XY/YZ/ZX/<3point>:, где

Object – задает секущую плоскость посредством выбора двухмерного примитива, его плоскость будет в этом случае секущей;

Zaxis – секущая плоскость задается точкой на ее плоскости и точки на оси *Z*, являющейся нормалью к секущей плоскости;

View – секущая плоскость принимается параллельной плоскости плана

текущего вида, а положение плоскости относительно объекта определяется заданием одной точки;

XY – секущая плоскость принимается параллельной плоскости *XY* текущей системы координат, а положение точки относительно объекта определяется заданием точки в плоскости, перпендикулярной *XY*;

XY или ***ZX*** – определяется аналогично предыдущей опции;

<3point> – принимается по умолчанию, т. е. положение секущей плоскости определяется тремя заданными точками (рис. 3).

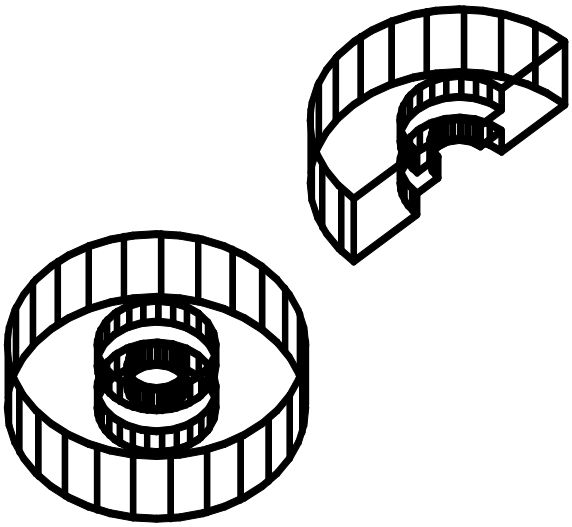


Рис. 3. Построение трехмерного тела с помощью команды SLICE

Выполнение команды заканчивается следующим запросом системы:

Both sides/<Point on desired side of the plane>:

В качестве ответа пользователь должен задать точку на той из частей рассеченного тела, которая будет сохранена.

Все точки, например, можно вводить с помощью мыши, используя средства объектной привязки (Nearest).

3.4. Сечение тела плоскостью

Это команда SECTION построения двумерного объекта на основе существующего трехмерного. Для ее выполнения нужно указать существующий

объект и определить положение секущей плоскости.

Команда SECTION

Предназначена для построения чертежа сечения трехмерного объекта плоскостью. Получаемое с помощью команды SECTION сечение обладает всеми свойствами области, то есть контур сечения (или контуры) замкнут и может быть использован для построения выдавливанием нового объекта.

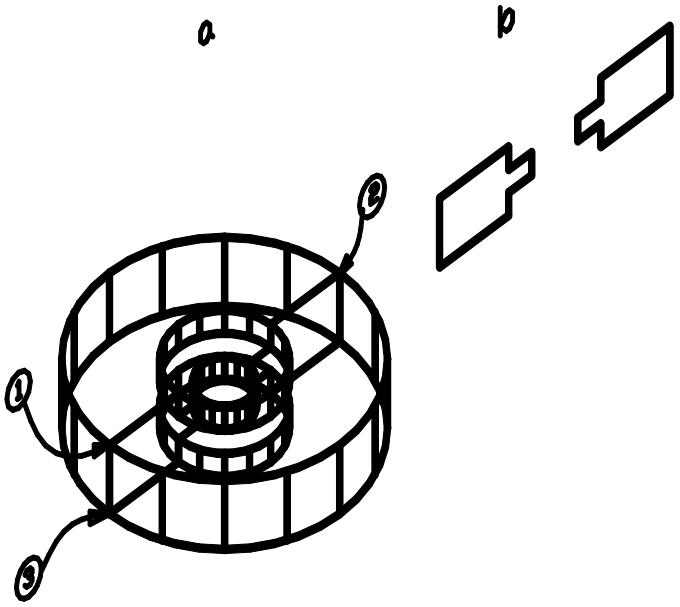


Рис. 4. Сечение тела плоскостью

Формат команды:

SECTION

Select objects:

Section plane by

Object/Zaxis/View/*XY*/*YZ*/*ZX*<3points>:

Опции определения секущей команды SECTION полностью совпадают с предыдущей командой SLICE (рис. 4).

Сечения, получающиеся с помощью команды SECTION, представляют собой самостоятельные объекты чертежа, которые можно перемещать, копировать, использовать для построения трехмерных объектов и т. д., они обладают всеми свойствами, присущими объектам, создаваемым командой REGION.

4. Логические операции построения трехмерных объектов

AutoCAD содержит средства построения составных трехмерных объектов из сплошных тел, созданных выдавливанием или вращением, которые образуются с помощью процедуры, использующей идеи теории множеств и аппарат математической логики.

В AutoCAD определены три логических операции образования нового тела или области из двух и более исходных: **Union** – объединение, **Subtraction** – вычитание и **Intersection** – пересечение, которым соответствуют три команды: UNION (ОБЪЕДИНИ), SUBTRACT (ВЫЧТИ) и INTERSECT (ПЕРЕСЕКИ).

Все три операции выполняются не только над трехмерными сплошными телами, но и над плоскими двухмерными объектами – областями.

Рассмотрим эти команды более подробно.

Команда UNION (ОБЪЕДИНИ)

Этой командой создается трехмерный объект, объединяющий два и более сплошных тела.

Логическим суммированием в AutoCAD называется операция объединения тел таким образом, что объем нового тела включает только непересекающиеся объемы заданных.

Формат команды:

UNION

Select objects:

Пользователь должен выбрать тела или области, подлежащие объединению. По окончании выбранные объекты автоматически объединяются в один составной (рис. 5, 6).

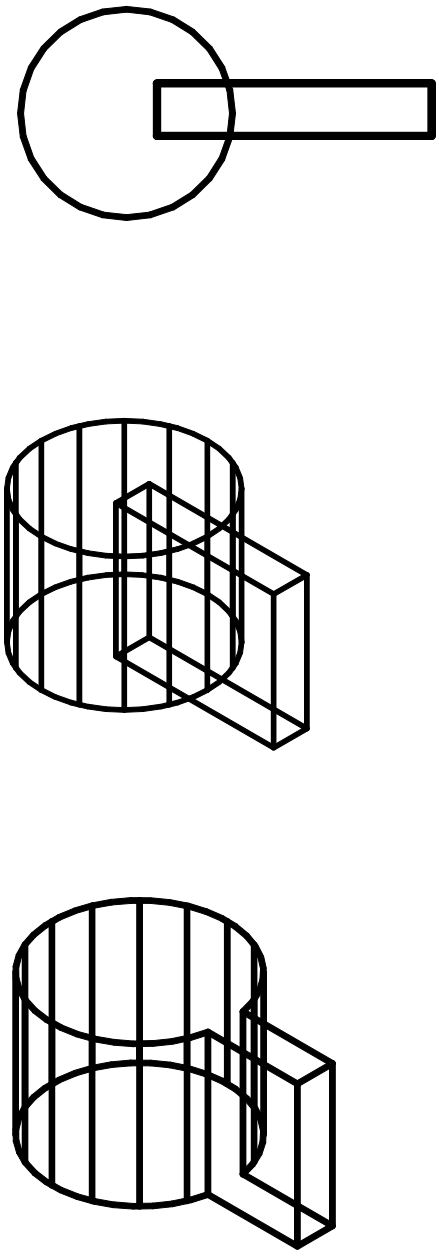


Рис. 5. Построение трехмерного объекта с помощью команды UNION

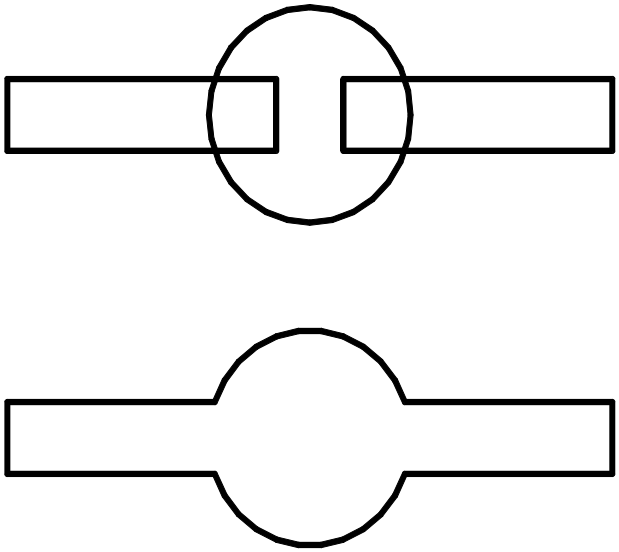


Рис. 6. Построение составной области с помощью команды UNION

Объединяемые тела могут располагаться в различных плоскостях и не иметь общих точек соприкосновения.

Объединяемые области должны лежать в одной плоскости.

Можно выполнить команду объединения выбором группы объектов, содержащих трехмерные тела и области. При этом система автоматически объединит в один объект все трехмерные тела, а в другой, плоский объект, – все исходные области, лежащие в одной плоскости.

Команда SUBTRACT (ВЫЧТИ)

Предназначена для построения трехмерного объекта или области путем логического вычитания объектов или площадей.

Формат команды:

SUBTRACT

Select solids and regions to subtract from…

Select objects: – система сообщает о том, что первыми выбираются тела и области, из которых будут логически вычитаться другие. Затем следуют приглашения к выбору объектов.

Select solids and regions to subtract:

Select objects: – сообщение системы и приглашение к выбору объектов, которые будут логически вычитаться.

Обязательным условием является перекрытие одного объекта другим. Если условие не выполняется, вычитаемый объект удаляется из чертежа без каких-либо сообщений системы, что является естественным результатом, вытекающим из определения операции.

Продемонстрируем пример применения команды SUBTRACT для построения составного трехмерного объекта (рис. 7).

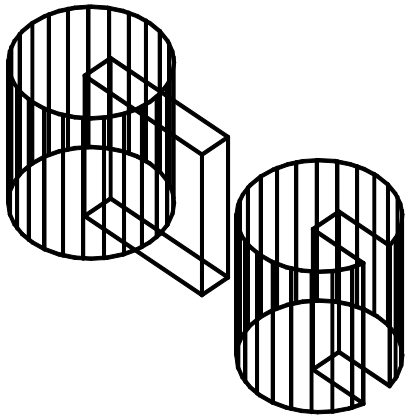


Рис. 7. Построение трехмерного объекта с помощью команды SUBTRACT

Из чертежа удалена не только общая часть объема, но и сам вычитаемый объект – прямоугольная призма.

Покажем пример применения команды SUBTRACT для логического вычитания площадей (рис. 8).

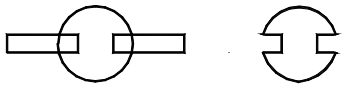


Рис. 8. Построение составной области с помощью команды SUBTRACT

Команда INTERSECT (ПЕРЕСЕКИ)

Командой создается новый трехмерный составной объект из двух и более тел или областей. Новый объект содержит лишь перекрывающиеся части заданных объектов.

Операция определена для трехмерных сплошных тел и областей.

Результатом выполнения операции логического пересечения двух объектов будет новый объект, содержащий только ту часть, которая принадлежит одновременно обоим исходным объектам.

Формат команды:

Select objects:

Выбираются объекты для выполнения команды. После окончания выбора операция логического пересечения выполняется автоматически.

Покажем пример образования трехмерного объекта путем логического пересечения конуса и прямоугольной призмы (рис. 9).

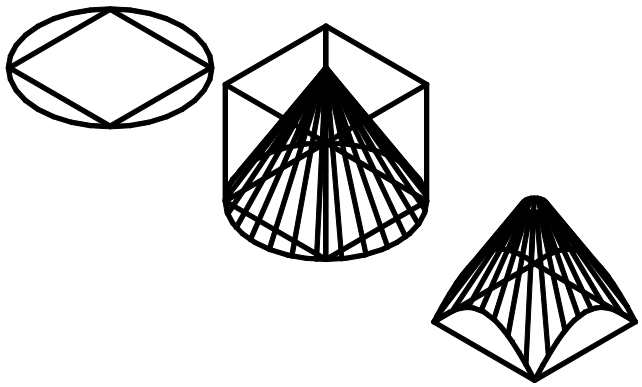


Рис. 9. Построение трехмерного объекта с помощью команды INTERSECT

Здесь *a* – чертеж основания призмы и конуса, *b* – конус и призма и *c* – новый объект.

Продемонстрируем получение составной области, образованной операцией логического пересечения окружности и прямоугольника (рис. 10).

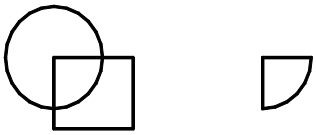


Рис. 10. Построение составной области с помощью команды INTERSECT

Приведем практический пример применения описанных операций образования составных трехмерных объектов.

Пример. Построим составной объект. Цель примера – применение описанных команд образования трехмерных объектов.

Поставим задачу построения трехмерного объекта – секции опускного колодца. Аксонометрическая проекция секции должна содержать пространственный вырез, показывающий внутреннюю структуру объекта.

Краткое описание этапов построения аксонометрического чертежа

Строим план секции. Следует все построения выполнить полилиниями, что позволит построить трехмерный объект без предварительной обработки чертежа основания REGION.

Кроме того, все элементы чертежа должны быть замкнуты с помощью команды **Close**. Вычерченный план секции показан на рис. 11.

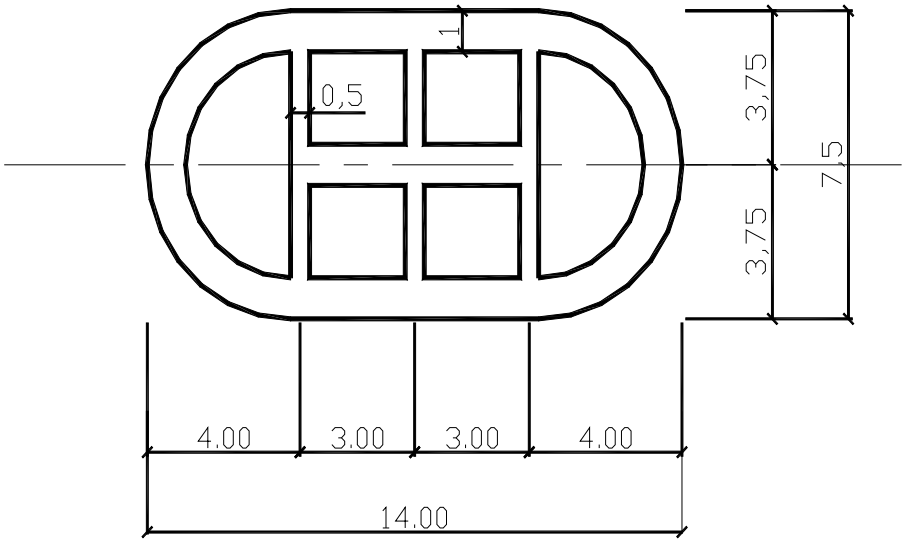


Рис. 11. План секции опускного колодца

Установим вид изометрической проекции. С этой целью из ниспадающего меню VIEW, позиция 3Dviewpoint вызывается директива SWIsometric. Затем с помощью команды EXTRUDE строится сплошное тело, имеющее

контур секции, высотой H = 2 м. Для этого нужно отметить образующую кривую – внешний контур секции. Построенное тело показано на рис. 12.

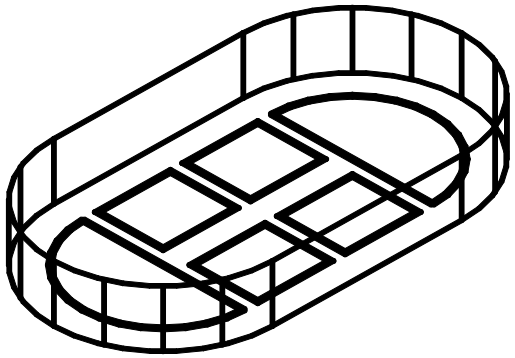


Рис. 12. Построение контура секции

Повторим операцию построения сплошных тел – будущих внутренних полостей секции. Для этого применим команду EXTRUDE ко всем образующим кривым внутренних полостей. Чертеж, построенный после удаления скрытых линий с помощью команды HIDE, показан на рис. 13.

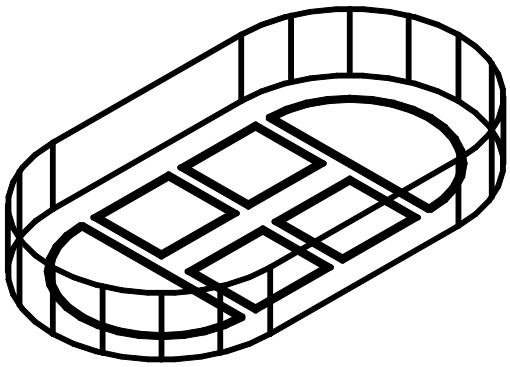


Рис. 13. Построение сплошных тел – будущих внутренних полостей

Командой SUBTRACT объемы внутренних полостей вычтем из полного объема секции. С этой целью в ответ на приглашение

Select solids and regions to subtract from…

Select solids:

указывается образующая кривая внешнего контура секции, а после приглашения

Select solids and regions to subtract

Select objects:

указываются образующие кривых внутренних полостей, то есть вычитаемых тел. Результат показан на рис. 14.

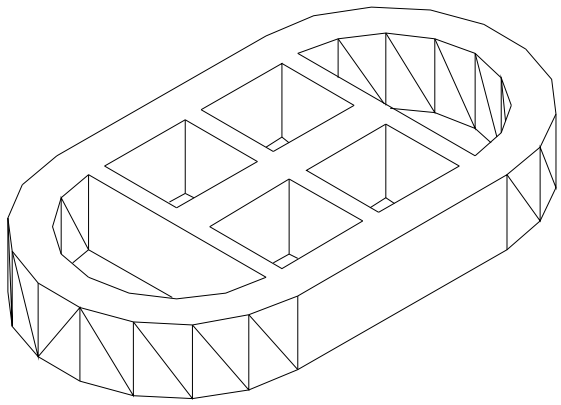


Рис. 14. Построение наглядного изображения секции опускного колодца

Следующей задачей является создание пространственного выреза, т. е. удаление части изображения таким образом, чтобы была видна внутренняя структура конструкции. С этой целью строится прямоугольная призма, объем которой будет логически вычитаться из объема секции. При этом выполняются следующие операции

Вычерчивается прямоугольник-основание призмы. Для этого выбирается вид сверху (план) с помощью директивы **Top** падающего меню **View/3D View-**

point Presets. Командой **Elev** устанавливаем уровень возвышения (Elevation) основания прямоугольника равным одному метру. Строим прямоугольник с помощью команды RECTANGLE.

Затем командой REGION вычерченный прямоугольник трансформируется в область.

При успешном выполнении команды REGION выводится сообщение:

| loop extracted

| region created,

означающее, что один замкнутый объект выделен и одна область скопирована.

План секции и вычерченное основание призмы покажем на рис. 15.

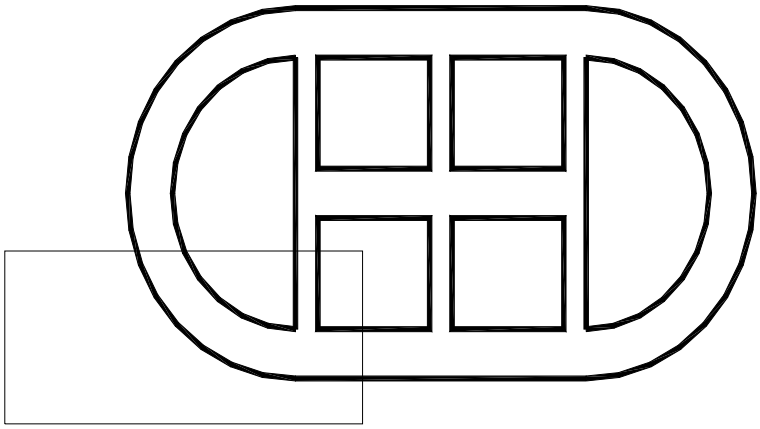


Рис. 15. План секции и вычерченное основание призмы

*С помощью директивы **SW Isometric** (пункт 3D Viewpoint Presets ниспадающего меню View) устанавливается вид изометрической проекции.*

С помощью команды EXTRUDE строится призма, основание которой поднято на высоту 1 м от плоскости XY текущей системы координат. Высота призмы задана равной 1,3 м (рис. 16).

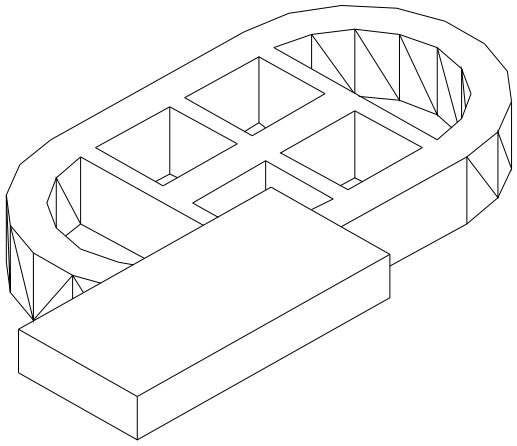


Рис. 16. План секции и призма

Командой SUBTRACT выполняется логическая операция вычитания объема прямоугольной призмы из объема секции (рис. 17).

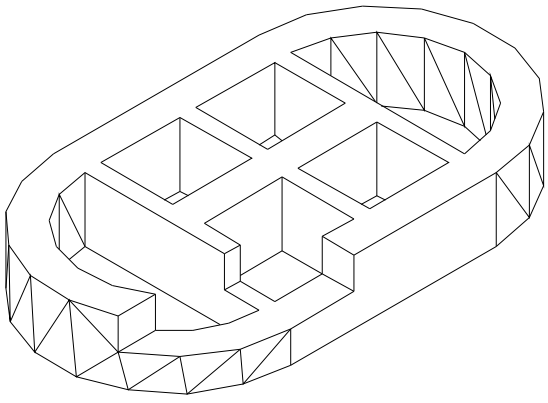


Рис. 17. Построение пространственного выреза.

5. Редактирование трехмерных тел

Для редактирования трехмерных тел могут применяться как те же самые команды, что и для редактирования плоских объектов, имеющих зачастую некоторые особенности, так и специальные команды.

Так, *скругление тел* выполняется с применением команды FILLET (СКРУГЛИ) подобно скруглению в двумерном пространстве. Можно скруглять как тела, так и плоские объекты заданием радиуса и последующим указанием ребер. Скруглять также можно, указывая радиус скругления для каждого ребра, а также задавая последовательность касательных ребер. Если в ответ на первый запрос команды указать ребро, то последуют следующие запросы:

4) Enter radius:

5) Введите радиус: – позволяет ввести величину скругления;

6) Chain/Radius/<Select edge>:

7) Цепь/РАДиус/<Выберите ребро>:

При этом если ввести <ENTER>, то скруглится ранее выбранное ребро и команда завершится. Можно также выбрать еще одно ребро, или задать новый радиус перед выбором следующего ребра ключ Radius (РАДиус), или задать последовательность касательных ребер – ключ Chain (Цепь).

Скашивание тел выполняется с применением команды CHAMFER (СОПРЯГИ) подобно действию в двумерном пространстве. Команда требует выбрать базовую поверхность, затем ввести размеры фаски и выбрать ребра.

Запросы команды:

Select base surface:

Выберите базовую поверхность:

Указать ребро тела

Одна из поверхностей, образующих ребро, будет подсвечена на экране и

появится запрос:

Next/<OK>:

Следующая/<Да>:

Если это требуемая поверхность, то следует нажать клавишу <ENTER> для подтверждения. Если требуется другая поверхность, то следует ввести N(C) для того, чтобы подсветить смежную поверхность, а затем нажать клавишу <ENTER>).

Enter base surface distance <distance>:

Введите длину фаски для базовой поверхности <расстояние>:

Enter other surface distance <distance>:

Введите длину фаски для другой поверхности <расстояние>:

Loop/<Select edge>:

Периметр/<Выберите ребро>: Указать ребра подсвеченной поверхности для снятия фасок.

Ребра можно выбирать индивидуально; а можно выбирать сразу все, если использовать ключ **Loop** (Периметр) и затем указать на любое ребро.

Поворот объектов в трехмерном пространстве вокруг заданной оси производится командой ROTATE3D.

Ключи команды:

Object (Объект) – поворот вокруг выбранного объекта: отрезка, окружности, дуги или сегмента двумерной полилинии.

Last (Последняя) – поворот вокруг оси, использовавшейся в предыдущей команде поворота;

View (Вид) – поворот вокруг оси, выровненной вдоль направления вида текущего видового окна и проходящей через заданную точку;

Xaxis (Хось), **Yaxis** (Y ось), **Zaxis** (Zось) – поворот вокруг оси, выровненной вдоль направления соответственно *X*, *Y*, *Z* оси и проходящей через заданную точку;

2 point (2 точки) – поворот вокруг оси, проходящей через две заданные точки.

Команда 3DARRAY позволяет создавать прямоугольный и круговой массивы объектов в трехмерном пространстве. Отличается от двухмерного случая тем, что кроме столбцов и строк запрашивается число уровней вдоль оси *Z*.

Команда MIRROR3D позволяет зеркально отображать объекты относительно заданной плоскости.

Команды MOVE (ПЕРЕНЕСИ), COPY (КОПИРУЙ), ROTATE (ПОВЕРНИ), MIRROR(ЗЕРКАЛО) и ARRAY(МАССИВ) могут также использоваться в трехмерном пространстве.

6. Формирование чертежей с использованием пространственного компьютерного моделирования

Рассмотрим порядок разработки и выполнения чертежа на основе твердотельной пространственной модели, которая представлена на рис. 18.

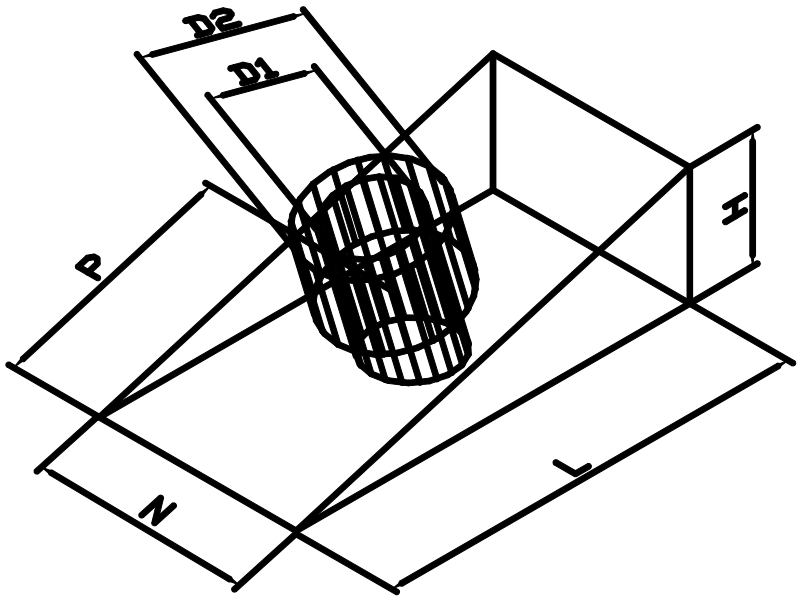


Рис. 18. Создание твердотельной пространственной модели

Подготовительные действия:

Установим размер рисунка совпадающим с полем чертежа с помощью команды LIMITS (ЛИМИТЫ). В данном примере используется формат А3 (420×297).

Установим значения следующих системных переменных: ISOLINES = 20 – количество образующих линий, отображаемых на искривленных поверхностях, DISPSILH = 0 – отображение объекта с удаленными линиями в виде сети:

Command: ISOLINES

Enter new value for ISOLINES <1>: 20

Command: DISPSILH

Enter new value for DISPSILH <1>: 0.

Установим шаг для пунктирной линии, для чего системную переменную LTSCALE следует принять равной 0,25:

Command: LTSCALE

Enter new linetype scale factor <1>: 0,25.

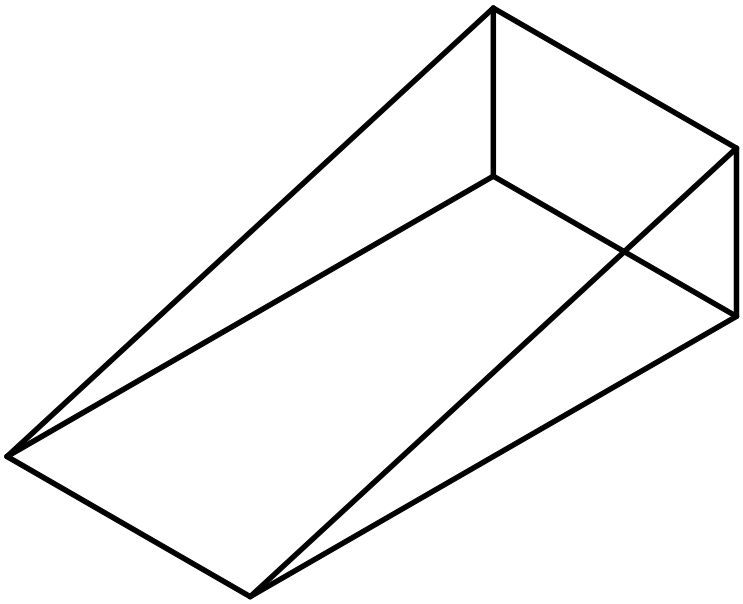


Рис. 19. Формирование клина

Создание модели:

Создадим клин (рис. 19).

8) сформировать клин:

Command: WEDGE

Specify first corner of wedge or [CEnter] <0, 0, 0>: 35,35

Specify corner or [Cube/Length]: L

Specify length: 100

Specify width: 50

Specify height: 30

9) установить точку зрения:

Command: DVIEW

Select objects or <use DVIEWBLOCK>: 1 found

Select objects or <use DVIEWBLOCK>:

Enter option

[CAmera/TArget/Distance/POints/PAn/Zoom/TWist/CLip/Hide/Off/Undo]: CA

Specify camera location, or enter angle from *XY* plane,

or [Toggle (angle in)] <35,2644>: указать точку так, чтобы клин был виден таким, каким он представлен на рис. 19.

Specify camera location, or enter angle in *XY* plane from *X* axis,

or [Toggle (angle from)] <35,26439>:

Enter option

[CAmera/TArget/Distance/POints/PAn/Zoom/TWist/CLip/Hide/Off/Undo]: X

Regenerating model.

Создать внешний цилиндр.

1) установить UCS (ПСК) на наклонную плоскость клина (рис. 20):

Command: UCS

Current ucs name: *WORLD*

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

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

Specify new origin point <0, 0, 0>: END

Of Указать точку пересечения осей *X* и *Y*.

Specify point on positive portion of *X*-axis <136.0000,35.0000,0.0000>:END

of Указать направление оси *X*.

Specify point on positive-*Y* portion of the UCS *XY* plane

<135.0000,36.0000,0.0000>: END

of Указать направление оси *Y*.

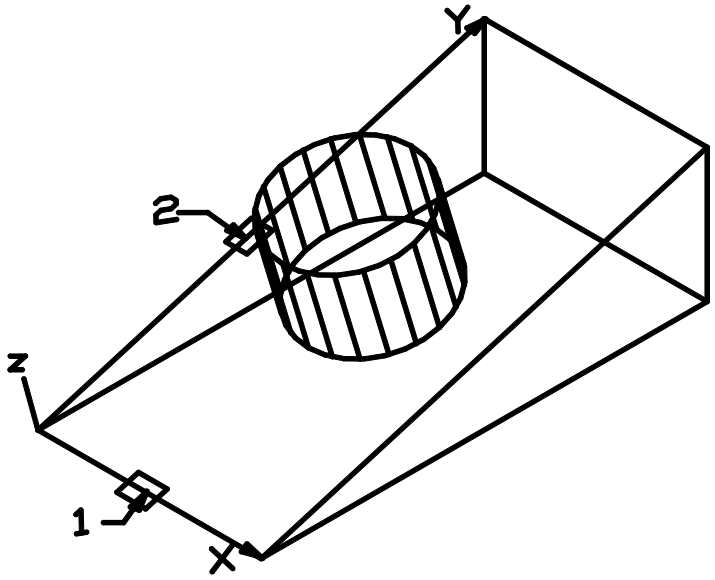


Рис. 20. Построение цилиндра на наклонной плоскости клина

2) построить цилиндр на наклонной плоскости клина (см. рис. 20).

Command: CYLINDER

Current wire frame density: ISOLINES=20

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

of MID Указать точку 1

of (need YZ): MID

of Указать точку 2

Specify radius for base of cylinder or [Diameter]: 15

Specify height of cylinder or [Center of other end]: 20

Создадим внутренний цилиндр (рис. 21).

10) перенесем UCS (ПСК) в центр окружности 1:

Command: UCS

Current ucs name: *NO NAME*

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

Specify origin of new UCS or [ZAxis/3point/OBject/Face/View/X/Y/Z] <0, 0, 0>: O

Specify new origin point <0, 0, 0>: CEN Of

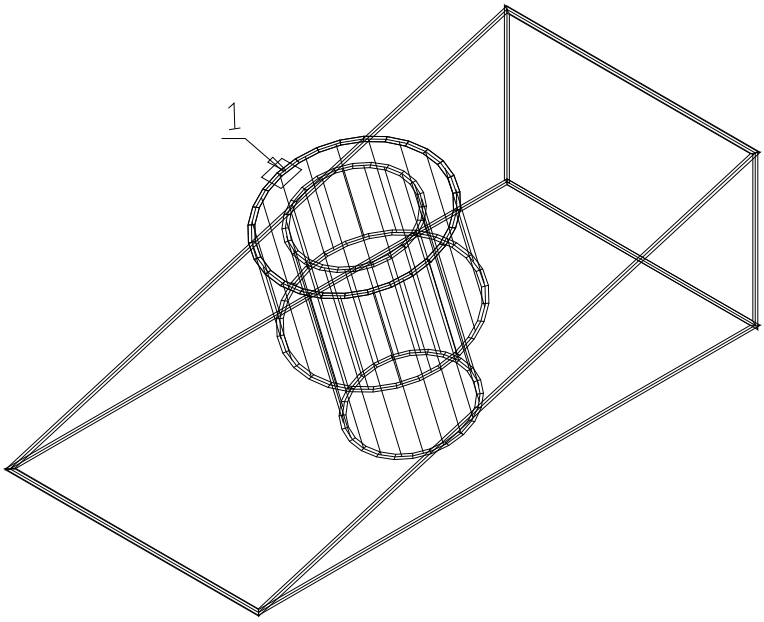


Рис. 21. Формирование внутреннего цилиндра

11) построим цилиндр

Command: CYLINDER

Current wire frame density: ISOLINES = 20

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

Specify radius for base of cylinder or [Diameter]: 10

Specify height of cylinder or [Center of other end]: –40

Сформируем модель геометрического объекта по рис. 22.

1) выполним логические преобразования:

Command: SUBTRACT

Select solids and regions to subtract from …

Select objects: Указать объект 1.

Select objects: Указать объект 2.

Select objects: <ENTER>

Select solids and regions to subtract …

Select objects: Указать объект 3.

Select objects:

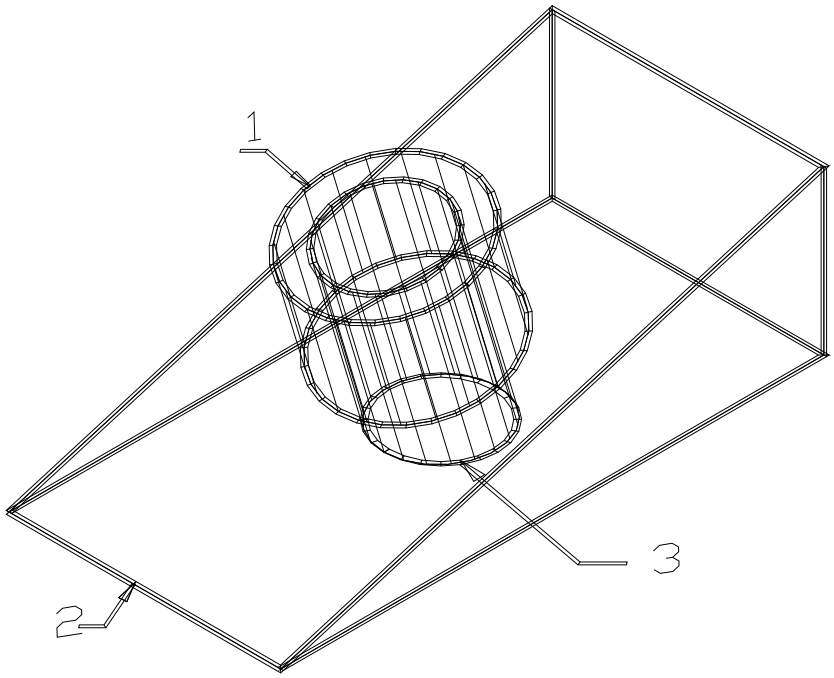


Рис. 22. Формирование модели ГО

2) закрасить полученный ГО:

Command: RENDER;

3) убрать закраску:

Command: REDRAW.

Формирование чертежа по пространственной модели

Рассмотрим формирование графических изображений чертежа по построенной модели геометрического объекта (ГО).

1. Установим систему координат на плоскости ГО, совпадающей с главным видом (рис. 23., плоскость 1):

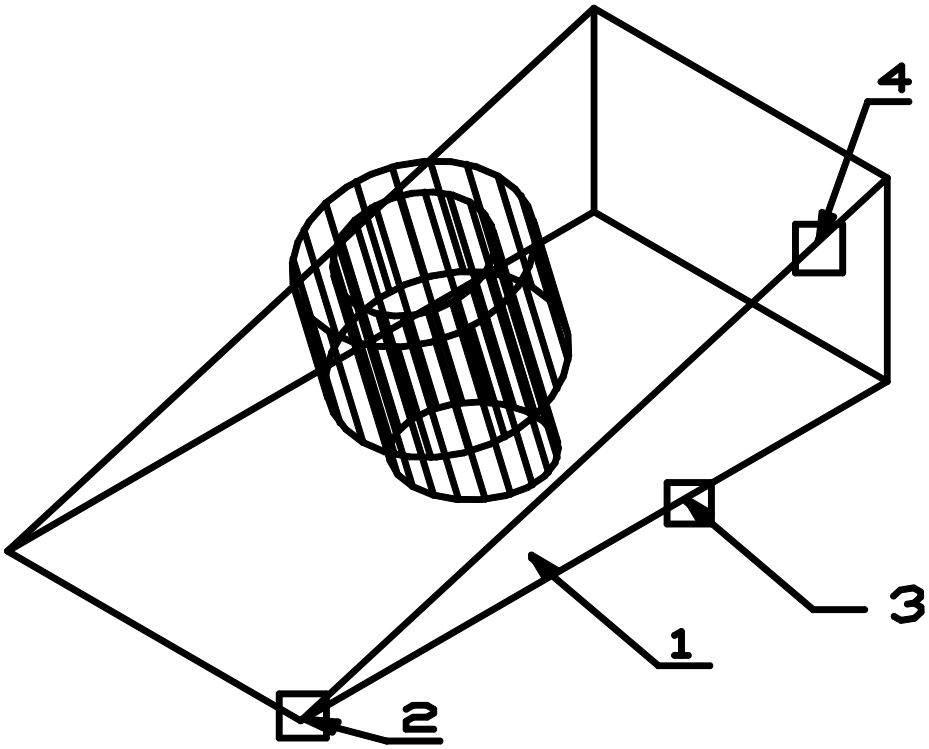


Рис. 23. Установка системы координат на плоскости ГО,
совпадающей с главным видом

Command: UCS

Current ucs name: *NO NAME*

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

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

Specify new origin point <0, 0, 0>: END Указать точку 2

Of

Specify point on positive portion of *X*-axis <40,9351, –0,6879,0.0000>: END Указать точку 3

of

Specify point on positive-*Y* portion of the UCS *XY* plane <39,2280, 0,0192, 0,0000>: END Указать точку 4.

Of

Установить вид в плане заданной UCS (ПСК) (рис. 24.):

Command: PLAN

Enter an option [Current ucs/Ucs/World] <Current>:

Regenerating model.

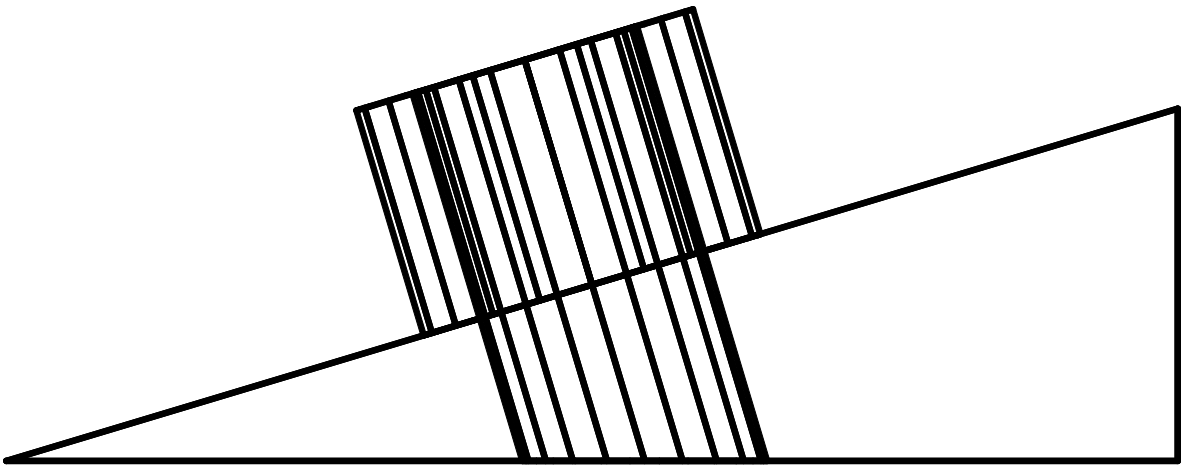


Рис. 24. Установка вида в плане заданной UCS (ПСК)

Command: GRID

Specify grid spacing(X) or [ON/OFF/Snap/Aspect] <10.0000>: OFF

Перейти в пространство листа:

1) установить системную переменную TILEMODE=0.

Command: TILEMODE

Enter new value for TILEMODE <1>: 0

2) перейти в пространство листа:

Command:PSPACE

Already in paper space.

Оформить формат чертежа А3.

Command: –INSERT

Enter block name or [?]: A3

Specify insertion point or [Scale/X/Y/Z/Rotate/PScale/*PX*/*PY*/*PZ*/PRotate]: 0, 0

Enter *X* scale factor, specify opposite corner, or [Corner/*XYZ*] <1>:<ENTER>

Enter *Y* scale factor <use *X* scale factor>: <ENTER>

Specify rotation angle <0><ENTER>

Показать область чертежа, содержащую все примитивы:

Command: ZOOM

Specify corner of window, enter a scale factor (*nX* or *nXP*), or

[All/Center/Dynamic/Extents/Previous/Scale/Window] <real time>: A

Regenerating layout.

Установить шаг сетки:

Command: Grid

Specify grid spacing(X) or [ON/OFF/Snap/Aspect] <5.0000>: 10

Используем команду SOLVIEW, обеспечивающую создание видовых экранов в пространстве листа. Вызывается из падающего меню ***Draw*** *(Рисование), пункты* ***Solids*** *(Тела),* ***Setup*** *(Подготовка),****View*** *(Вид), из экранного меню* ***Draw2*** *(Рисуй2) подменю* ***Solids*** *(Тела) и плавающей панели инструментов* ***Solids*** *(Тела).*

Получим на чертеже необходимые графические изображения по созданной (рис. 22) пространственной модели:

1) получить главный вид (см. рис. 25):

Command: SOLVIEW

Enter an option [Ucs/Ortho/Auxiliary/Section]: U

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

Enter view scale <1>: <ENTER>

Specify view center: Указать место вида

Specify view center <specify viewport>:<ENTER>

Specify first corner of viewport: Указать первый угол видового окна

Specify opposite corner of viewport: Указать второй угол видового окна

Enter view name: MAIN – имя задается пользователем

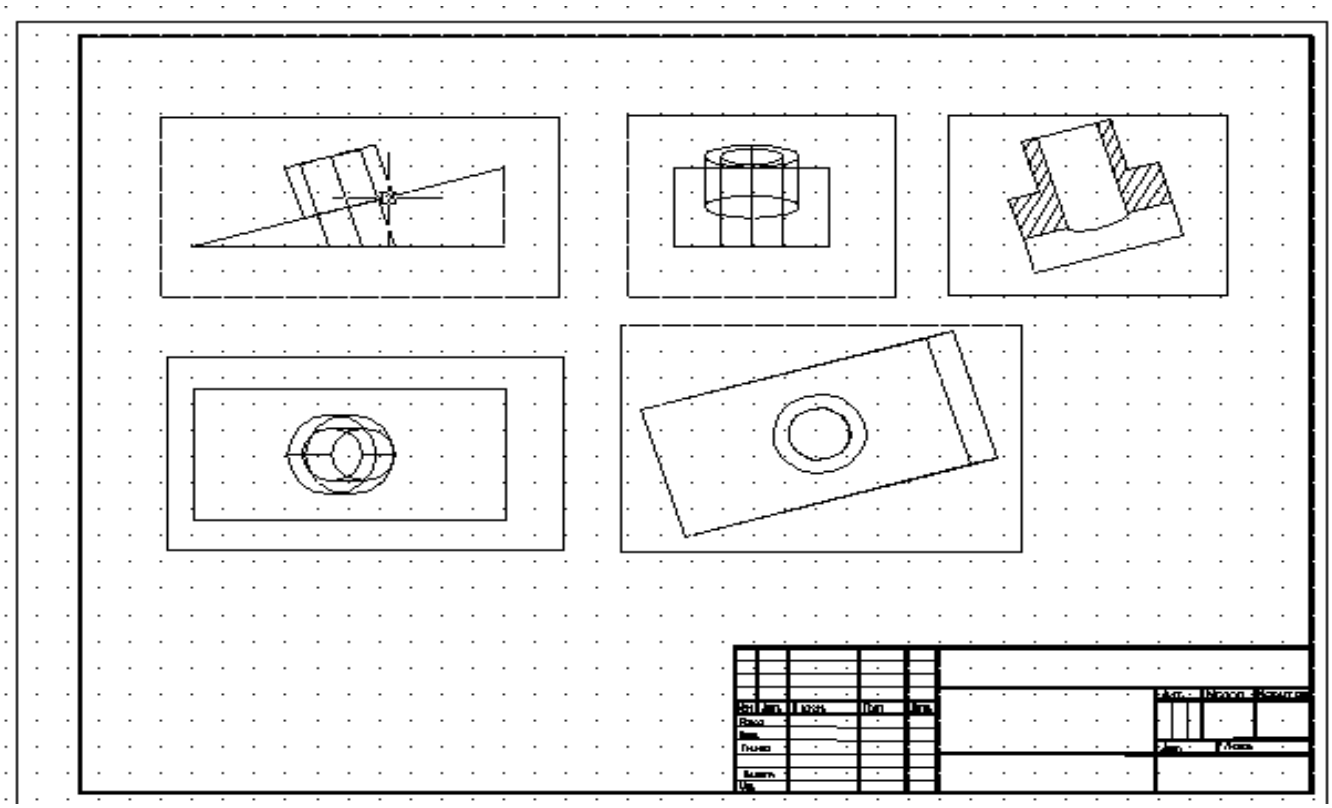


Рис. 25. Построение видов

2) получить вид слева по рис. 25:

Command: SOLVIEW

Enter an option [Ucs/Ortho/Auxiliary/Section]: *O*

Specify side of viewport to project: Указать левую границу видового окна главного вида

Specify view center: Указать место вида

Specify view center <specify viewport>: <ENTER>

Specify first corner of viewport: Указать первый угол видового окна

Specify opposite corner of viewport: Указать второй угол видового окна

Enter view name: LEFT – имя задается пользователем

12) получить вид сверху по рис. 25:

Command: SOLVIEW

Enter an option [Ucs/Ortho/Auxiliary/Section]: O

Specify side of viewport to project: Указать левую границу видового окна главного вида

Specify view center: Указать место вида

Specify view center <specify viewport>:<ENTER>

Specify first corner of viewport: Указать первый угол видового окна

Specify opposite corner of viewport: Указать второй угол видового окна

Enter view name: TOP – имя задается пользователем

13) получить дополнительный вид Б по рис. 25:

Command: SOLVIEW

Enter an option [Ucs/Ortho/Auxiliary/Section]: *A*

Specify first point of inclined plane: END

of – указать точку 1

Specify second point of inclined plane: END

of – указать точку 2

Specify side to view from: Указать точку 3 направления взгляда

Specify view center: Указать место вида

Specify view center <specify viewport>: <ENTER>

Specify first corner of viewport: Указать первый угол видового окна

Specify opposite corner of viewport: Указать второй угол видового окна

Enter view name: DOP – имя задается пользователем

14) получить разрез *А–А* по рис. 25:

Command: SOLVIEW

Enter an option [Ucs/Ortho/Auxiliary/Section]: S

Specify first point of cutting plane: CEN

of указать точку 4,

Specify second point of cutting plane: CEN

of указать точку 5,

Specify side to view from: Указать точку 3 направления взгляда

Enter view scale <1>:

Specify view center: Указать место вида

Specify view center <specify viewport>:<ENTER>

Specify first corner of viewport: Указать первый угол видового окна

Specify opposite corner of viewport: Указать второй угол видового окна

Enter view name: RAZ – имя задается пользователем.

Оформим графические изображения по стандартам ЕСКД (рис. 26).

Всем слоям с невидимыми линиями (имя вида – HID) установим тип линии DASHED. Выполним команду SOLDRAW. Вызывается из падающего меню Draw (Рисование), пункты Solids (Тела), Setup (Подготовка), Drawing (Построение), из экранного меню DRAW2 (РИСУЙ2) подменю SOLIDS (ТЕЛА) и плавающей панели инструментов Solids (Тела).

Command:SOLDRAW

Select objects: В ответ на последовательность запросов указывать:

рамки всех видов, представленных на рис. 26.

Select objects:<ENTER>

Отключить слой видовых рамок VPORTS.

Провести осевые линии.

Проставить размеры и соответствующие буквенные обозначения (рис. 27).

Размеры следует создавать с помощью команд простановки размеров в слоях с именем *имя вида-DIM,*устанавливая соответствующие слои текущими.

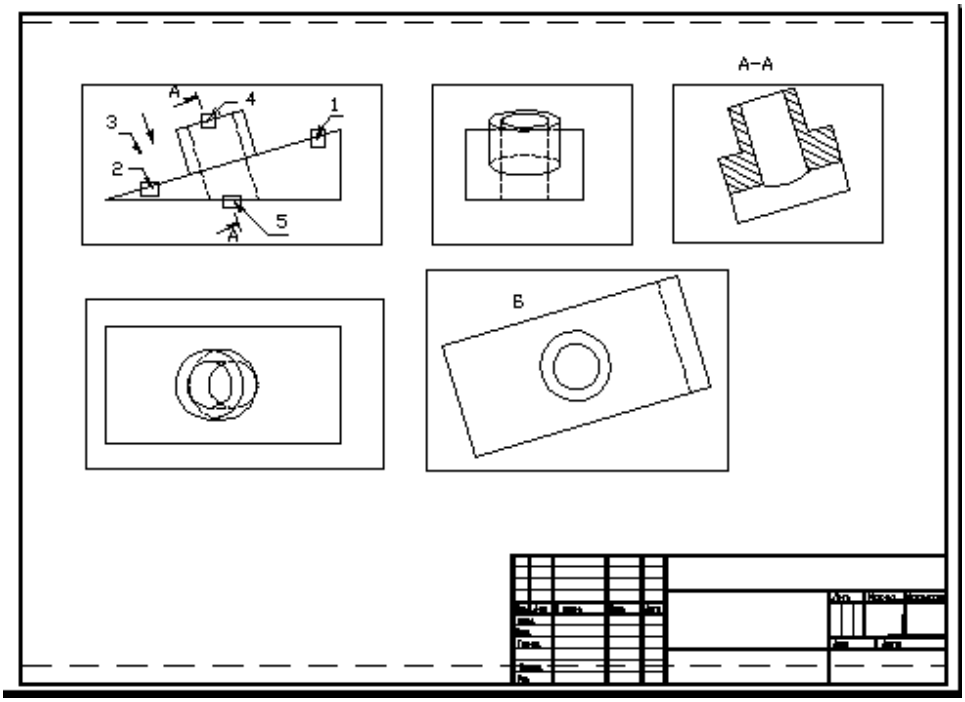


Рис.2 6.Анализ видимости

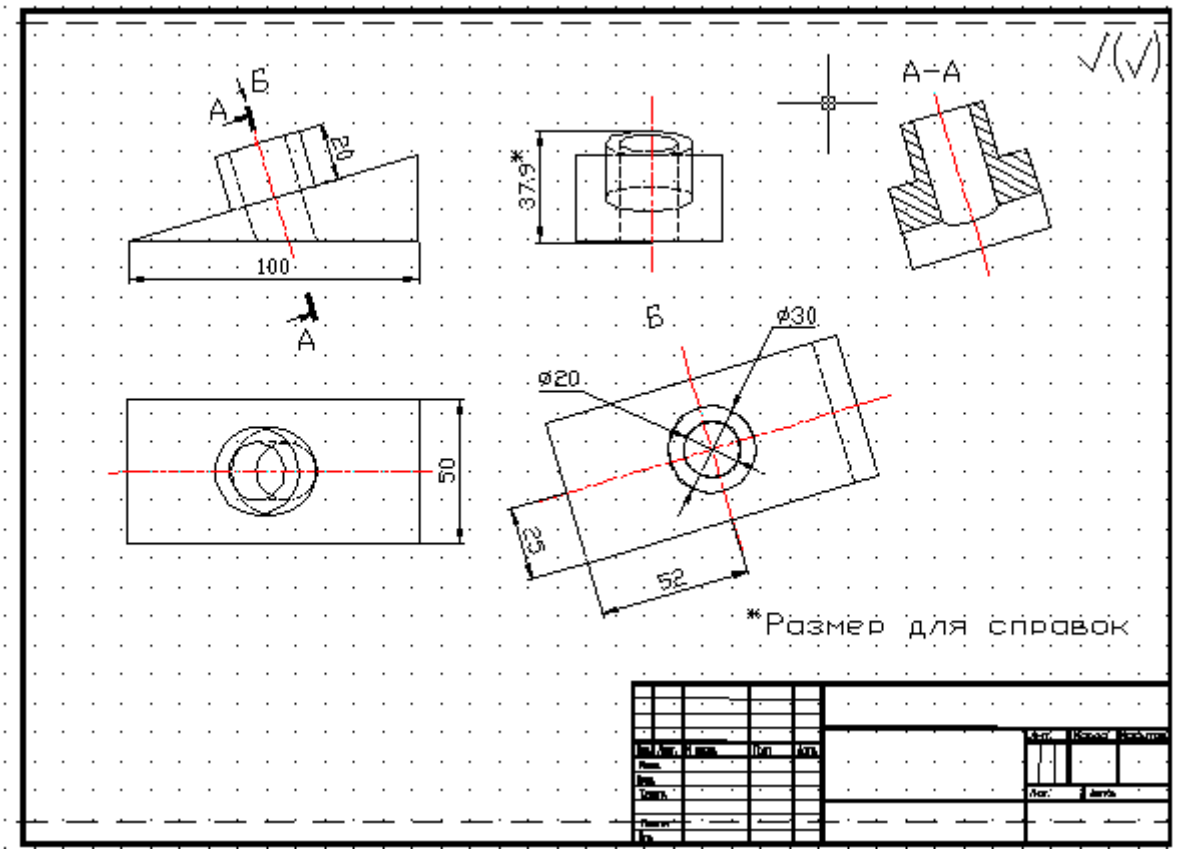


Рис. 27. Окончательный чертеж

7. Формирование чертежа крышки с использованием пространственного компьютерного моделирования

Выполним построение модели и чертежа детали, изображенной на рис. 28, 29.

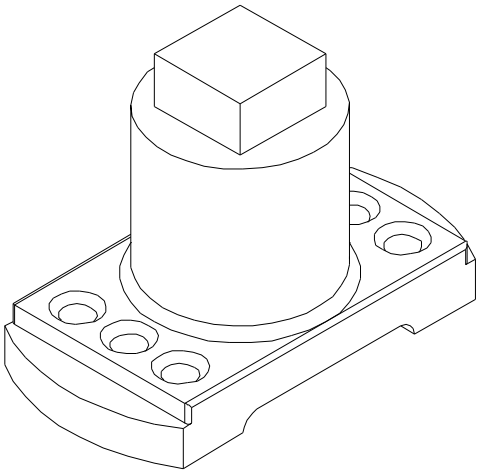


Рис. 28. Модель крышки

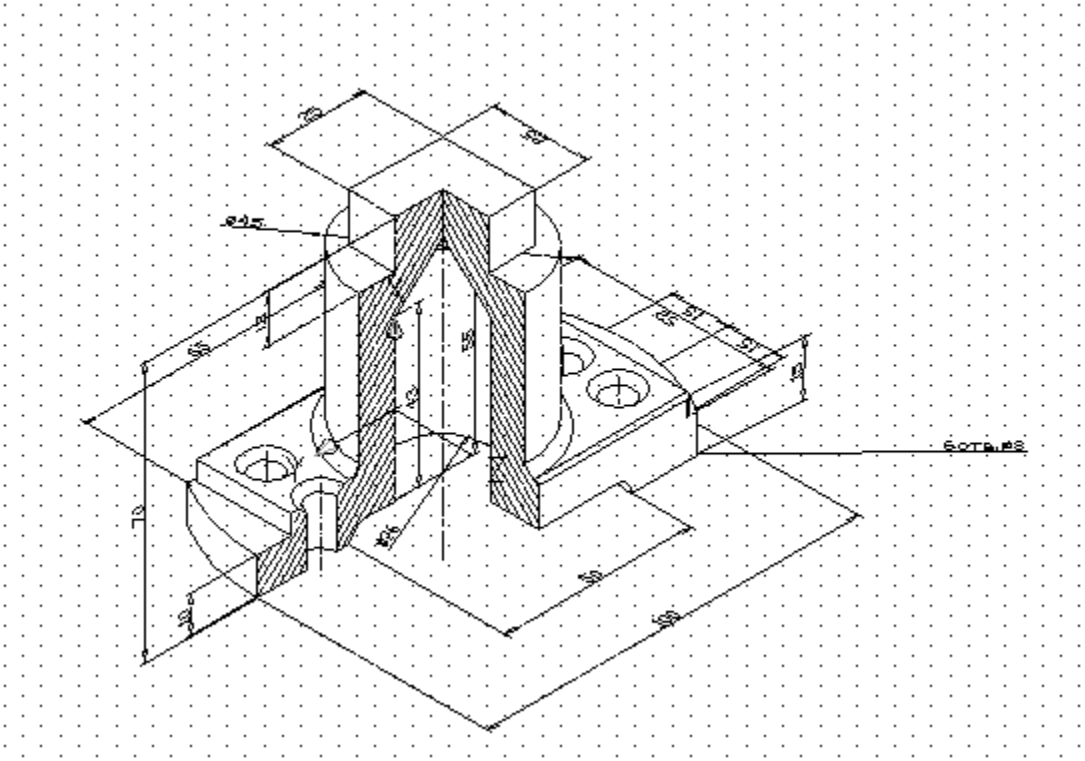


Рис. 29. Модель крышки в разрезе

Подготовительный этап

1. Командой Units установим единицы измерения Decimal с точностью до целых чисел.
2. Исходя из габаритных размеров детали, командой Limits установим лимиты чертежа: левый нижний угол – 0,0, а правый – 140,100.
3. Установим шаг сетки 5 по обеим осям *X* и *Y* в значение 1 и интервал вспомогательной сетки 5,используя команды Snap и Grid.
4. Определим новую систему координат с началом в точке 70, 50:

   Command: ucs

   Current ucs name: *WORLD*

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

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

   Specify new origin point <0, 0, 0>: 70, 50

5. Создадим слой оси командой Layer с типом линий Center и синим цветом и установим масштаб для линий у слоя командой Ltscale равным 0,5.

6. На слое оси разметим поле построений конструктивными линиями с помощью команды XLIN, как показано на рис. 30. Расстояние между горизонтальными линиями равно 15, а между вертикальными – 32,5 (см. рис. 30).

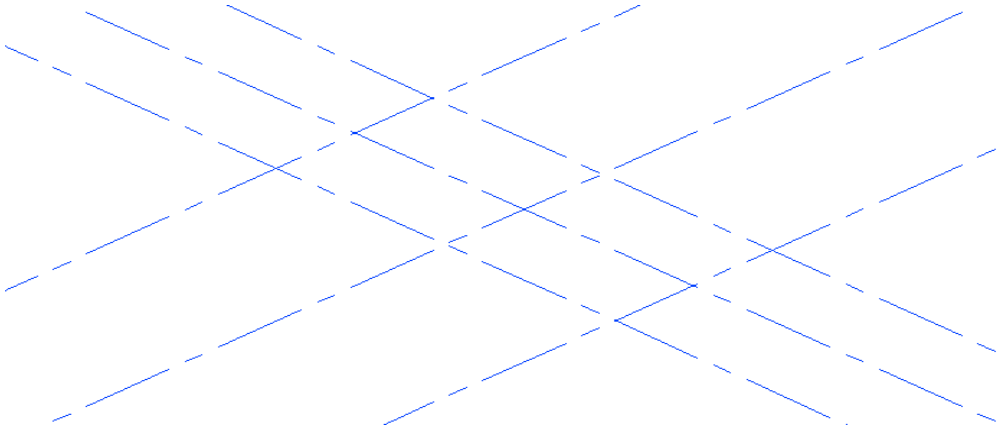


Рис. 30. Построение конструктивных линий

7. Установим текущим слой 0.

8. Нарисуем круг с центром в начальной точке и радиусом 50.

9. Проведем две горизонтальные прямые линии на расстоянии 26 мм по обе стороны от горизонтальной оси (Рис. 31).

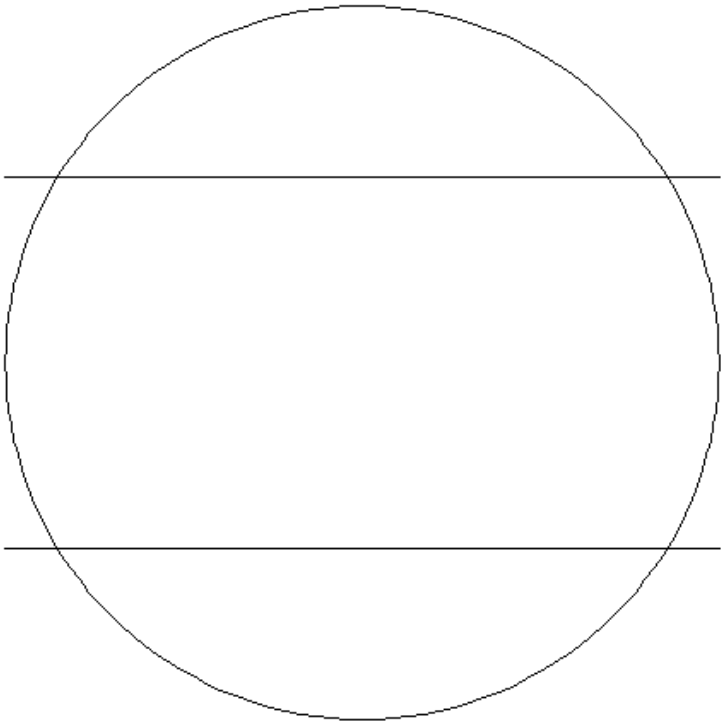


Рис. 31. Построение круговой разметки

10. Построим очертания основания с помощью команды BOUNDARY,выключив предварительно слой оси.

11. Сотрем исходные объекты: круг и две линии. В результате останется замкнутая линии (см. рис. 32).

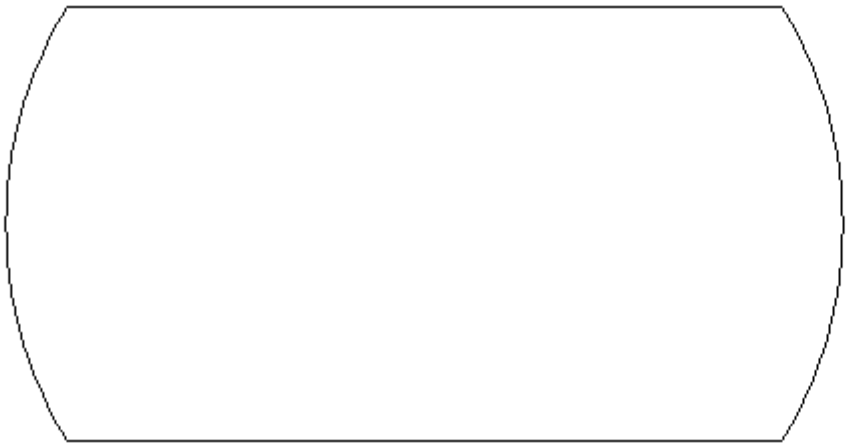


Рис. 32. Построение очертания основания

12. Затем для лучшего визуального контроля за выполнением AutoCAD трехмерных построений изменим точку зрения, установив изометрический вид с помощью кнопки-пиктограммы SW Osometric View и выключим слой оси.

Построение твердотельной модели крышки

1. Установим системную переменную DELOBJ в значение 1, при котором исходные плоские контуры, используемые для создания твердых тел , автоматически удаляются.

2. Для получения более лаконичных изображений, проведем некоторые настройки, касающиеся отображения твердотельных объектов на экране.

Из меню **Tools** вызовем диалоговое окно **Options** и откроем закладку **Display**.

В строке **Rendered object smoothness** (Плавность тонированных объектов) установим значение 3, в строке **Contour lines per surface** (Число образующих в поверхностях) заменим текущее значение на нулевое. Включим режим **Show silhouettes in wireframe** (Кромки силуэта) для отображения контурной линии в твердотельных объектах.

3. Создадим основание крышки (рис. 33).

15) создадим новый слой с именем Модель и сделаем его текущим;

16) выдавим твердотельную пластину основания на высоту 15 мм;

Command: _extrude

Current wire frame density: ISOLINES = 0

Select objects: Specify opposite corner: 1 found

Select objects:

Specify height of extrusion or [Path]: 15

Specify angle of taper for extrusion <0>:

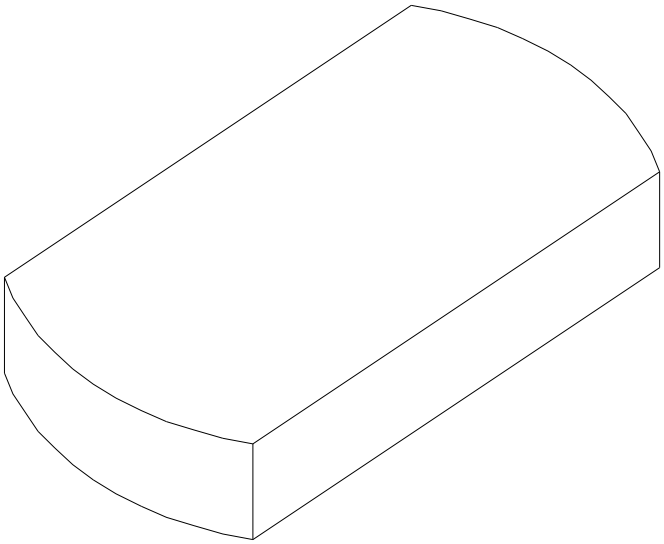


Рис. 33. Модель основания крышки

17) регенерируем изображение командой REGEN;

18) построим 6 цилиндров диаметром 8 мм (см. рис. 34)

Command: _cylinder

Current wire frame density: ISOLINES = 0

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

Specify radius for base of cylinder or [Diameter]: 4

Specify height of cylinder or [Center of other end]: 15

Command:

Command:

Command: _array

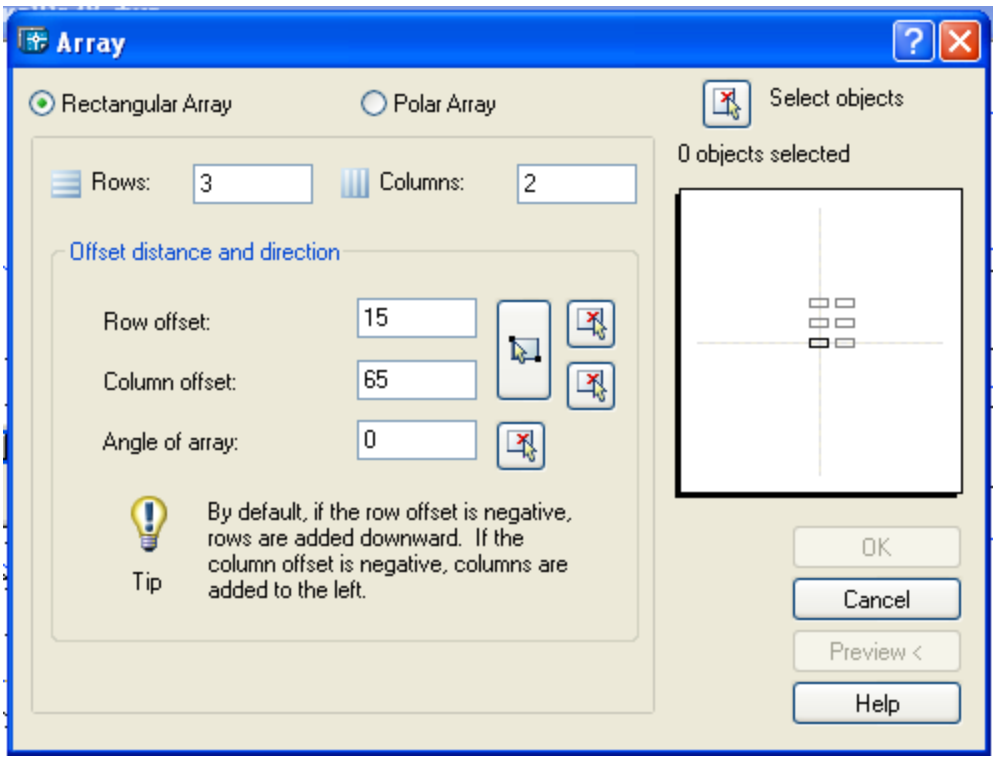


Рис. 34. Построение массива цилиндров

Specify unit cell: Other corner:

Select objects: l

1 found

Select objects:

Command: *Cancel*

19) с помощью булевой операции SUBTRACT вычтем все построенные цилиндры из пластины;

20) построим конические фаски размером 2×45 командой CHAMPFER;

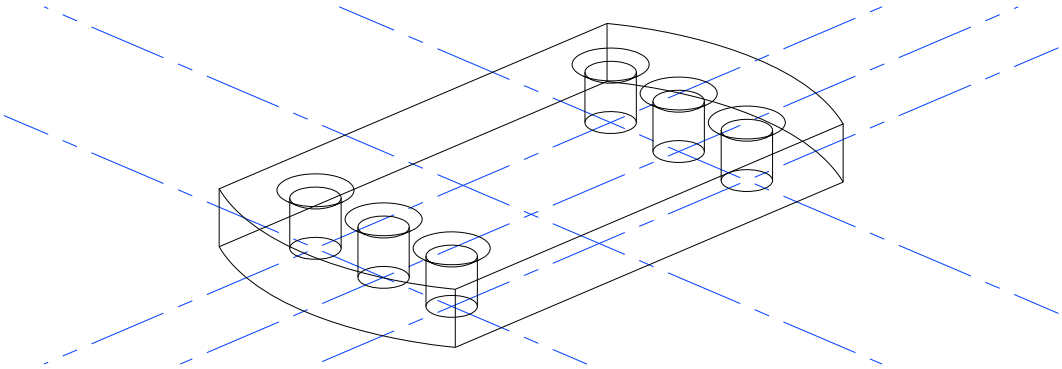


Рис. 35. Снятие фасок у цилиндров

21) преобразуем систему координат, повернув ее вокруг оси X на 90 градусов и затем переместив ее в середину переднего ребра пластины (см. рис. 36);

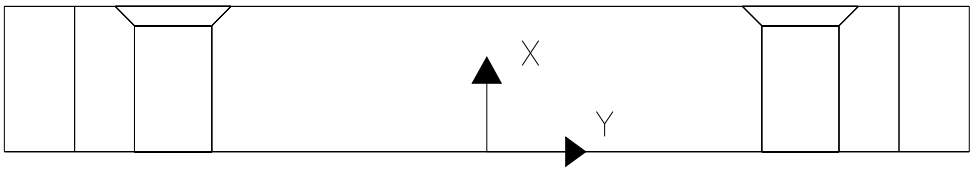


Рис. 36. Преобразование системы координат

22) создадим три прямоугольных контура для построения двух выемок и одного паза с координатами вершин –25, 0 и 25, 4; –41, 10 и –53, 20 ; 41, 10 и 53, 20.

23) выдавим все три прямоугольника на высоту – 55 мм

Command: _extrude
Current wire frame density: ISOLINES = 0
Select objects: 1 found
Select objects: 1 found, 2 total
Select objects: 1 found, 3 total
Select objects:
Specify height of extrusion or [Path]: -55
Specify angle of taper for extrusion <0>:

24) скруглим два верхних ребра среднего прямоугольника радиусом 4 мм

Command: _fillet

Current settings: Mode = TRIM, Radius = 4

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

Enter fillet radius <4>:

Select an edge or [Chain/Radius]:

Select an edge or [Chain/Radius]:

2 edge(s) selected for fillet.

25) полученные твердотельные фигуры вычтем из пластины. В результате получим окончательную модель основания (см. рис. 37).

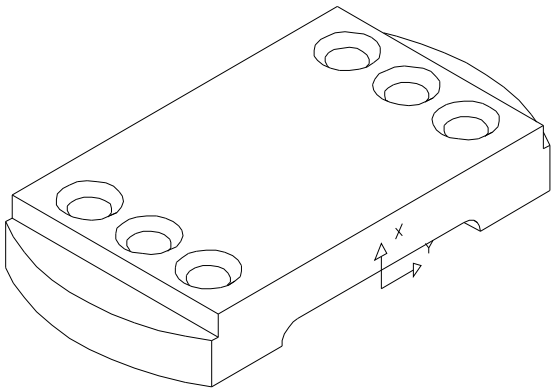


Рис. 37. Модель основания

4. Построим цилиндрическую стойку:

1) вернем с помощью соответствующей пиктограммы предыдущую систему координат и перенесем ее в центр основания;

2) изменим начало координат, приподняв его на 4 мм;

3) в полученной плоскости построим замкнутый четырехугольник:

Command: _pline

Specify start point: 0,0

Current line-width is 0

Specify next point or [Arc/Halfwidth/Length/Undo/Width]: 13,0

Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: 13,43

Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: 0,55

Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: c

4) вызовем команду REVOLVE и, следуя за сценарием команды, выберем полилинию, а затем ось *Y* в качестве оси вращения. Получим результат, представленный на рис. 38;

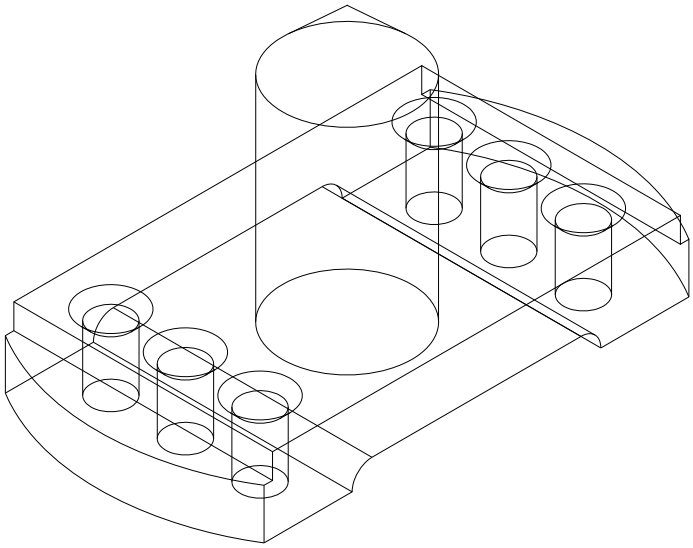


Рис. 38. Построение цилиндрической стойки

5) командой CYLINDER, построим цилиндр, соосный с полученным телом вращения радиусом 45 мм и высотой 53 мм, повернув систему координат вокруг оси *X* на –90 градусов (см. рис. 39);

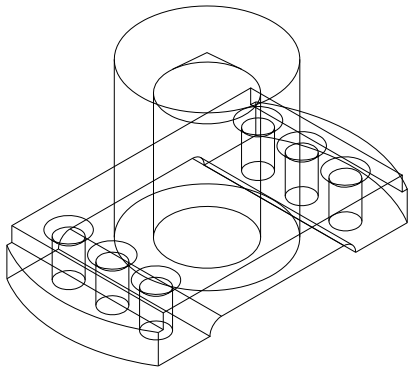


Рис. 39. Построение соосного цилиндра

6) построим параллелепипед на верхнем основании цилиндра. Для этого переместим систему координат в центральную точку верхнего основания цилиндра

Command: _ucs
Current ucs name: *NO NAME*
Enter an option [New/Move/orthoGraphic/Prev/Restore/Save/Del/Apply/?/World] <World>: _o
Specify new origin point <0,0,0>: cen
of
Command:
Command:
Command: _box
Specify corner of box or [CEnter] <0,0,0>: c
Specify center of box <0,0,0>:
Specify corner or [Cube/Length]: l
Specify length: 25
Specify width: 25
Specify height: 26

7) используя булевы операции, объединим основание, цилиндр и параллелепипед. Затем вычтем из полученного тела объект вращения. Результат изображен на рис. 40;

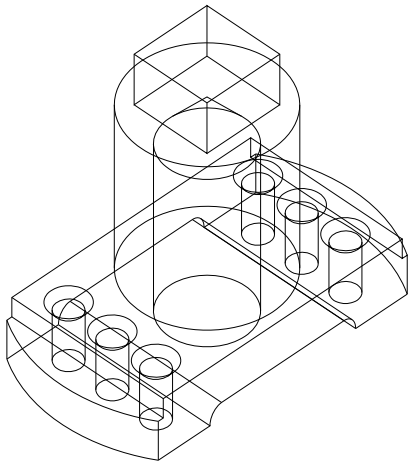


Рис. 40. Применение булевых операций

8) в завершение выполним необходимые скругления. Сначала скруглим радиусом 1 мм вертикальные ребра верхней части стойки и горизонтальные, примыкающие к верхнему основанию цилиндра. Затем радиусом 2,5 мм скруглим кромку, по которой стойка пересекается с основанием (рис. 41)

Command: _fillet
Current settings: Mode = TRIM, Radius = 1
Select first object or [Polyline/Radius/Trim/mUltiple]: *r*
Specify fillet radius <1>: 2,5
Select first object or [Polyline/Radius/Trim/mUltiple]:
Enter fillet radius <3>:
Select an edge or [Chain/Radius]:
1 edge(s) selected for fillet.

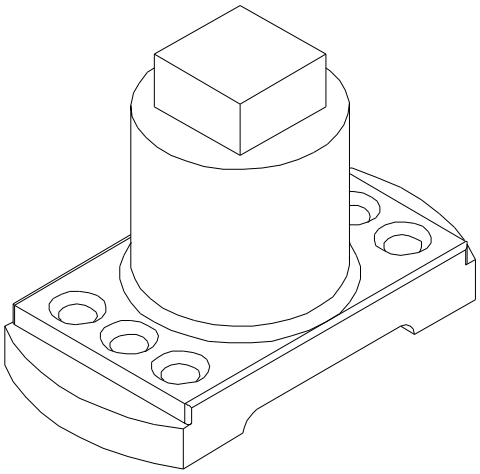


Рис. 41. Окончательный вид модели

9) построим аксонометрическую проекцию модели с вырезом (рис. 42);

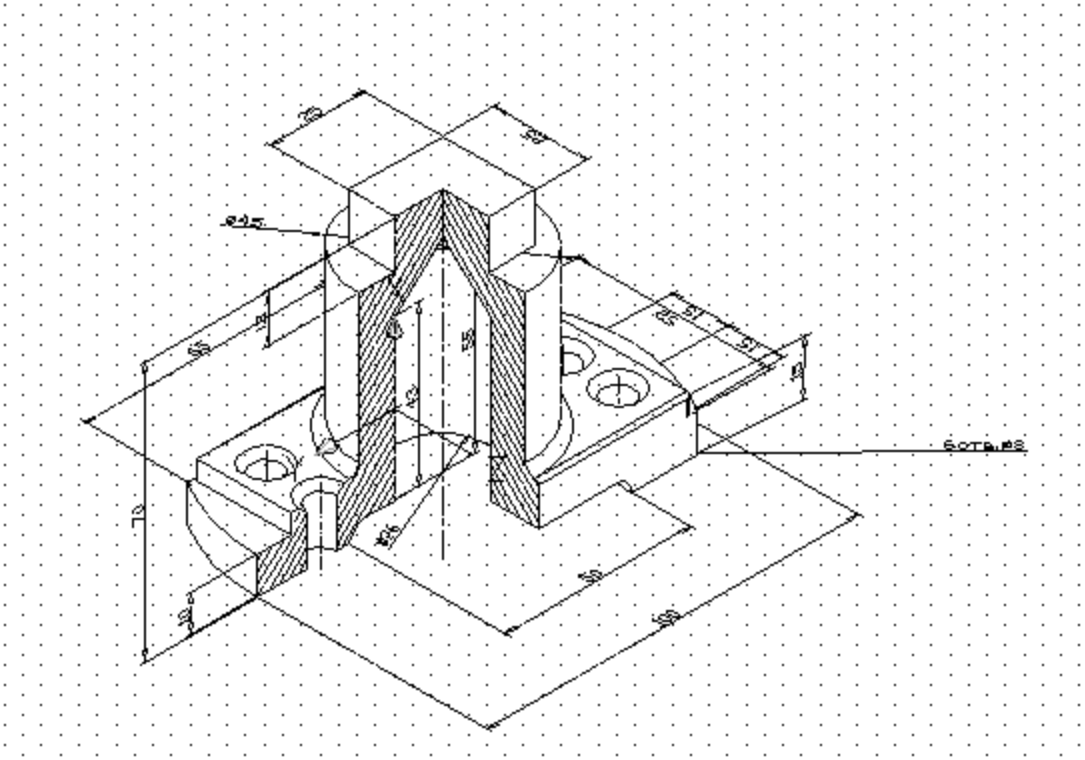


Рис.42. Аксонометрическая проекция крышки

10) построим комплекс плоскостных проекций (рис. 43)

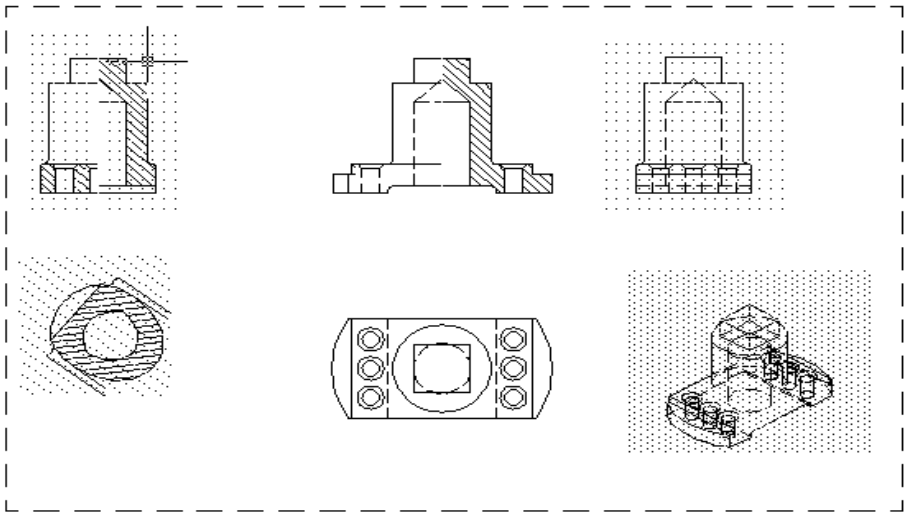


Рис. 43. Комплекс плоскостных проекций

Заключение

В данных методических указаниях приводятся возможности графического пакета AutoCAD по пространственному моделированию геометрических объектов, а также методика построения плоских чертежей на основе пространственной модели. Данные методические указания могут быть использованы для обучения работе в рассматриваемом пакете.

Библиографический список

1. **Кречко, Ю.А.** Автокад 13: В 2 ч. / Ю.А. Кречко, В.В. Полищук. – М. : МИФИ, 1994. – Ч. 1. – 288 с.; Ч.2. – 287 с.

2. **Романычева, Э.Т.** AutoCAD 14. Русская и англоязычная версии / Э.Т. Романычева, Т.М. Сидорова, С.Ю. Сидоров. – М. : «ДМК», Радио и связь, 1998. – 480 с.

3. **Полищук, В.В.** AutoCAD 2002. Практическое руководство / В.В. Полищук, А.В. Полищук. – М. : «ДИАЛОГ-МИФИ», 2002. – 528 с.

Учебное электронное текстовое издание

Кондратьев Владимир Иванович

ТРЕХМЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В СРЕДЕ ГРАФИЧЕСКОГО ПАКЕТА AutoCAD

Редактор *А.В. Ерофеева*
Компьютерная верстка *А.В. Ерофеевой*

Рекомендовано РИС ГОУ ВПО УГТУ–УПИ
Разрешен к публикации 27.07.09
Электронный формат – pdf
Объем 2,5 уч.-изд. л.

Издательство ГОУ ВПО УГТУ–УПИ
620002, Екатеринбург, ул. Мира, 19

Информационный портал
ГОУ ВПО УГТУ–УПИ
http://www.ustu.ru