

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Белорусский национальный технический университет

Кафедра «Инженерная графика машиностроительного профиля»

С. В. Гиль

ТРЕХМЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
СРЕДСТВАМИ AUTOCAD

Учебно-методическое пособие

*Рекомендовано учебно-методическим объединением высших учебных заведений
по образованию в области транспорта и транспортной деятельности*

Минск
БНТУ
2020

УДК 004.92 (076.5)
ББК 30.2-5-05я7
Г47

Р е ц е н з е н т ы:

заведующий кафедрой «Инженерная графика»
Белорусского государственного аграрного технического университета,
канд. техн. наук, доцент *А. Г. Вабищевич*;
доцент, заведующая кафедрой «Начертательная геометрия и инженерная графика»
УО «Брестский государственный технический университет» *Н. С. Винник*

Гиль, С. В.

Г47 Трехмерное моделирование средствами AutoCAD: учебно-методическое пособие / С. В. Гиль. – Минск: БНТУ, 2020. – 72 с.
ISBN 978-985-583-173-1.

В учебно-методическом пособии разобраны основные методы построения твердотельных геометрических объектов на основе моделирования, способы и средства управления обеспечением наглядности объектов. Рассматриваются также принципы создания двумерных чертежей на основании созданного трехмерного объекта средствами AutoCAD, даны практические рекомендации к выполнению построений, проанализированы варианты наиболее оптимального решения, приведены графические рисунки. Пособие дает необходимый объем теоретических и практических знаний для выполнения студентами индивидуальных заданий лабораторных работ по трехмерному моделированию для освоения машинной графики. Пособие рекомендуется также преподавателям кафедры для общего рационального методического подхода к изложению материалов данного раздела дисциплины.

УДК 004.92 (076.5)
ББК 30.2-5-05я7

ISBN 978-985-583-173-1

© Гиль С. В., 2020
© Белорусский национальный
технический университет, 2020

Введение в трехмерное проектирование в AutoCAD

Процесс создания трехмерных объектов является более трудоемким, чем построение проекций модели на плоскости, однако, трехмерное моделирование обладает рядом преимуществ, среди которых:

- возможность рассмотрения модели из любой точки;
- автоматическая генерация основных и дополнительных видов на плоскости;
- построение сечений на плоскости;
- подавление скрытых линий и реалистичное тонирование;
- проверка взаимодействий;
- экспорт модели в анимационные приложения;
- инженерный анализ;
- извлечение характеристик, необходимых для производства.

AutoCAD поддерживает три типа трехмерных моделей: каркасные, поверхностные и твердотельные. Каждый из них обладает определенными достоинствами и недостатками. Для моделей каждого типа существует своя технология создания и редактирования. Разные типы трехмерных построений оптимальны в определенных вариантах чертежей и поэтому широко применяются в AutoCAD. Однако не рекомендуется смешивать несколько типов трехмерных моделей в одном рисунке.

Каркасные модели представляют собой модели объектов, как бы созданные из проволоки: они не имеют поверхностей, а просто дают представление о форме трехмерных объектов, показывая их ребра.

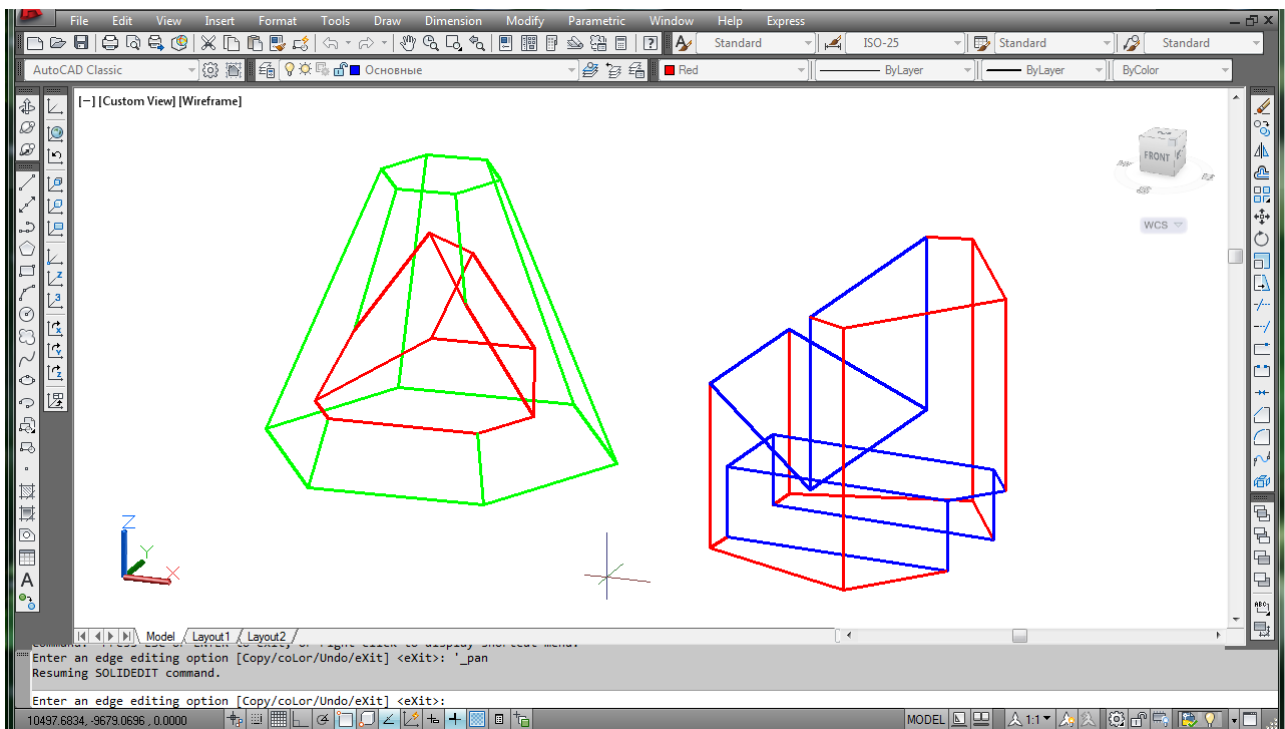


Рис. 1. Примеры каркасных моделей пирамиды и призмы с вырезами

Поверхностные модели уже несут информацию о составляющих объект поверхностях, формирующих его внешний вид. При этом поверхности могут быть окрашены, а сами поверхностные модели могут закрывать объекты, находящиеся позади них. Поверхностная модель фактически представляет собой каркасную, обтянутую каким-либо материалом (тканью или бумагой). Она дает представление о внешнем виде объекта, но абсолютно не учитывает, что находится внутри объекта.

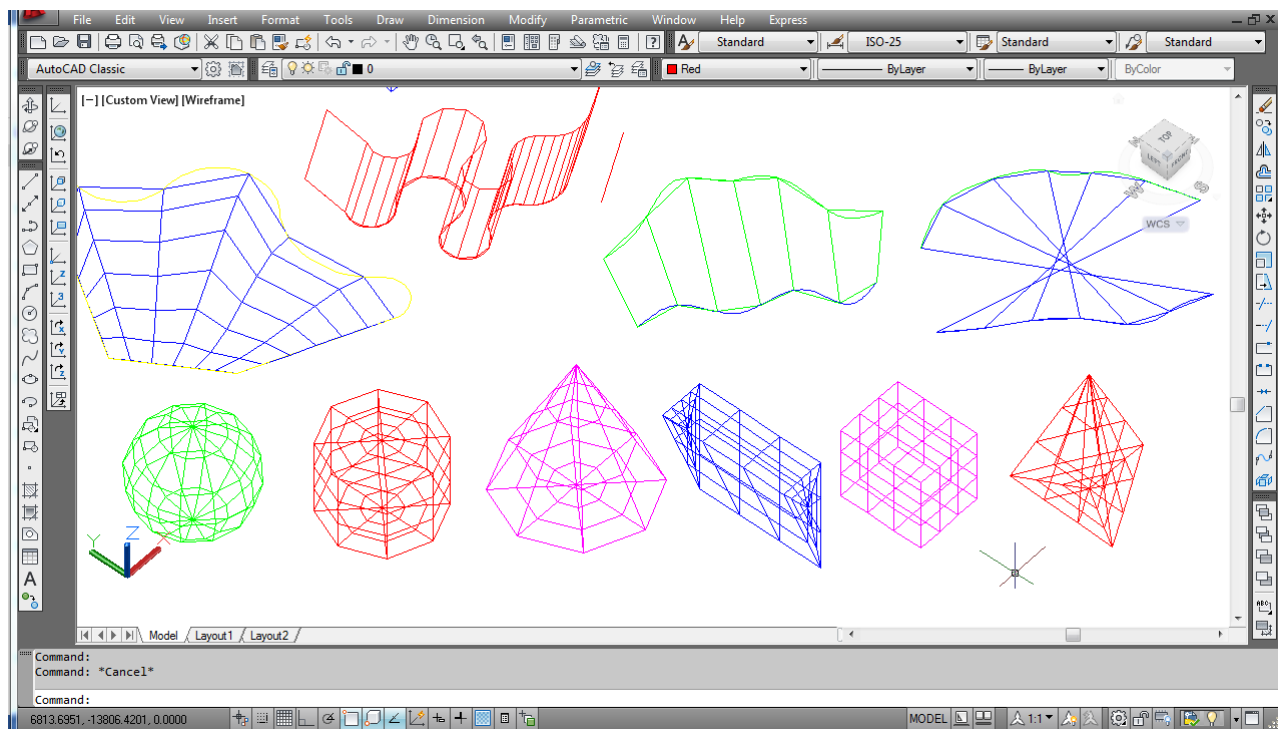


Рис. 2. Примеры поверхностных моделей:
стандартных примитивов и линейных поверхностей

Твердотельные модели (тела) несут наибольшую информацию о моделируемых объектах и их объемных свойствах. При этом построенный таким образом объект не является полым. Благодаря этому можно комбинировать тела, объединяя их, пересекая и вычитая, и, таким образом, создавать новые более сложные объекты, имеющие внутренние комбинированные отверстия. Если твердотельную модель разрезать, то станет видимым ее внутренняя поверхность. Кроме того, несмотря на кажущуюся сложность тел, их легче строить и редактировать, чем каркасные модели (рис. 3).

Простейшие тела, из которых строятся трехмерные объекты, называются твердотельными примитивами. К ним относятся: параллелепипед (куб), пирамида, клин, конус, цилиндр, сфера, тор и политело. Запускаются все вышеназванные команды из раздела падающего меню Draw/ Modeling (Рисование/ Моделирование) или при включении пользовательской инструментальной панели AutoCAD Modeling (Моделирование) (рис. 4).

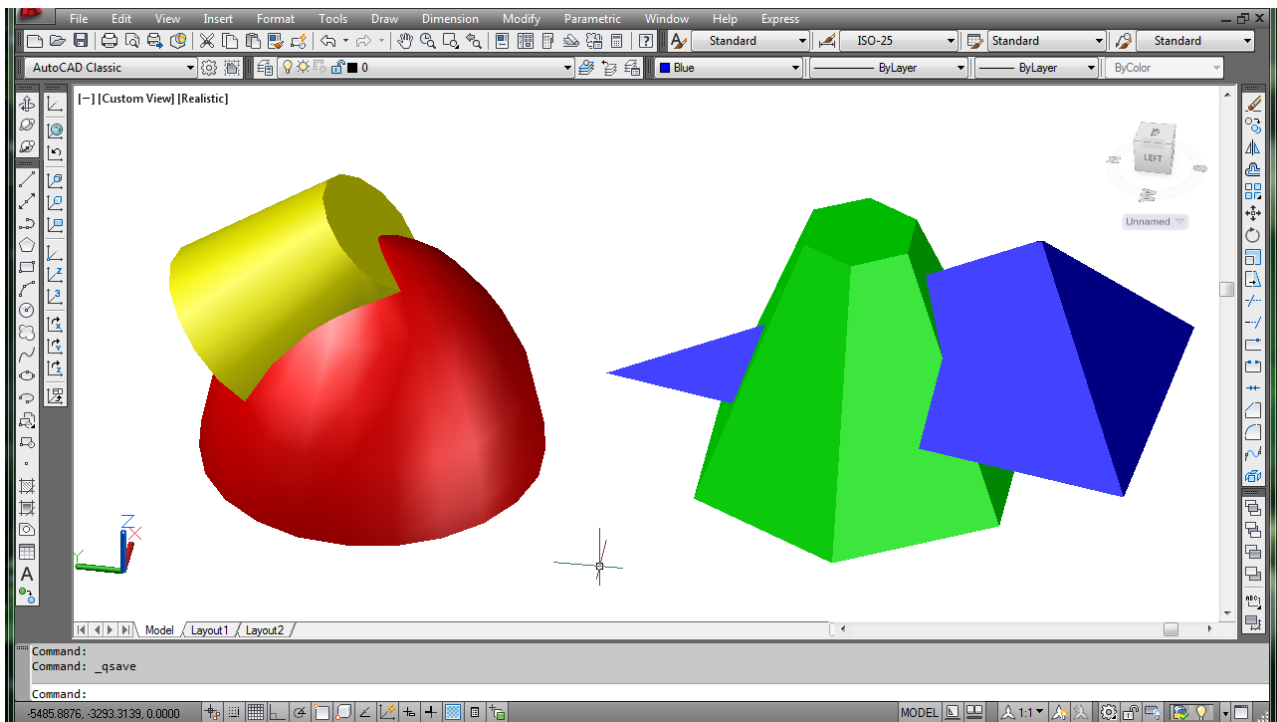


Рис. 3. Примеры пересекающихся твердотельных объектов

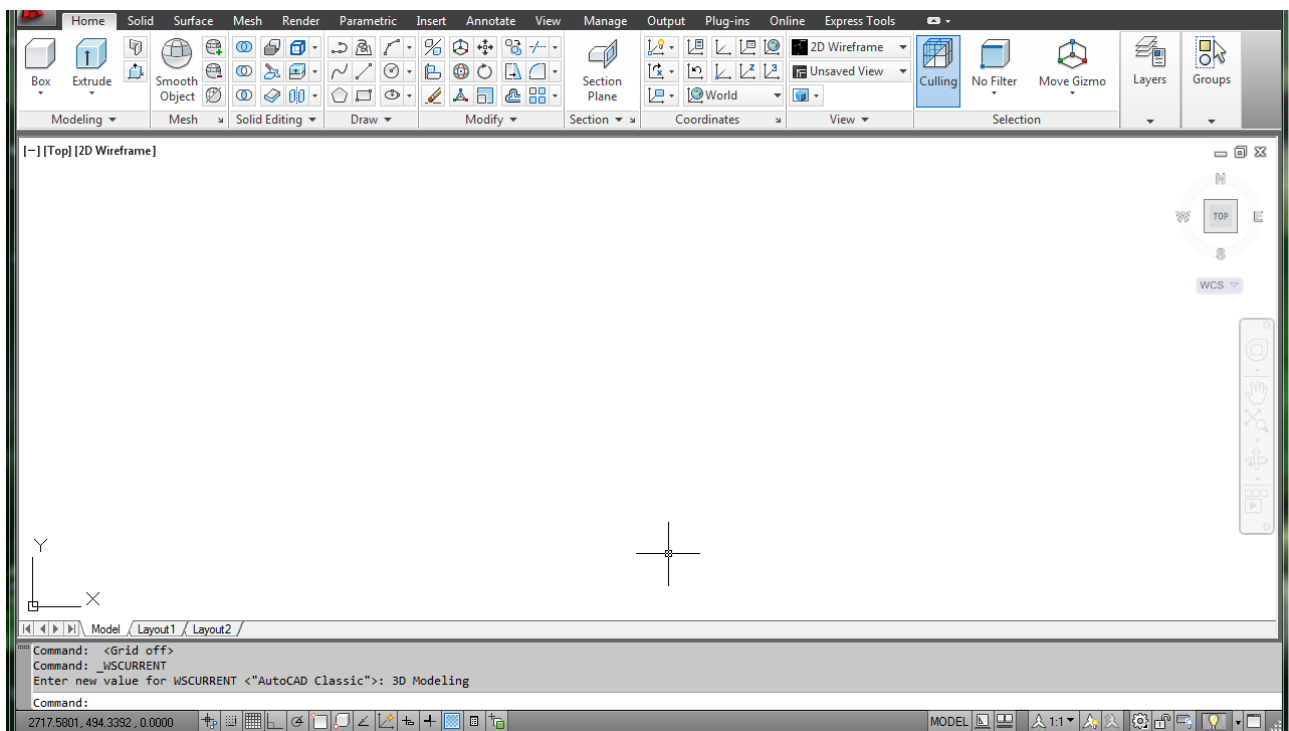


Рис. 4. Вид экрана при активизации инструментальной панели AutoCAD Modeling (Моделирование)

Координаты точек в трехмерном пространстве

При построении трехмерных объектов можно использовать те же способы задания координат, которые применяются при двухмерном моделировании. Отличительной особенностью указания пространственных координат является

лишь то, что к осям X и Y , используемым ранее, добавляется еще и ось Z , проходящая перпендикулярно плоскости XY . Поэтому положения точек теперь будут определяться тремя координатами: x , y и z .

Что касается полярных координат, применяемых в двухмерных чертежах, то в трехмерном пространстве их аналогами являются цилиндрические и сферические координаты. Кроме того, задавать координаты можно и в интерактивном режиме, то есть указывая их непосредственно на чертеже с помощью мыши.

Декартовы координаты

В трехмерном пространстве декартовы координаты имеют формат ввода: X , Y , Z . Абсолютные координаты указывались аналогично и в двухмерном пространстве – только добавилась третья координата. При этом положение точки задается относительно начала текущей системы координат. При задании точки относительными координатами формат ввода аналогичен рассмотренному, но с добавлением символа $@$ перед X , Y , Z . При этом положение точки задается относительно предыдущей. В трехмерных чертежах чаще применяют именно относительные координаты.

При использовании динамического ввода для задания абсолютных координат можно использовать префикс $\#$.

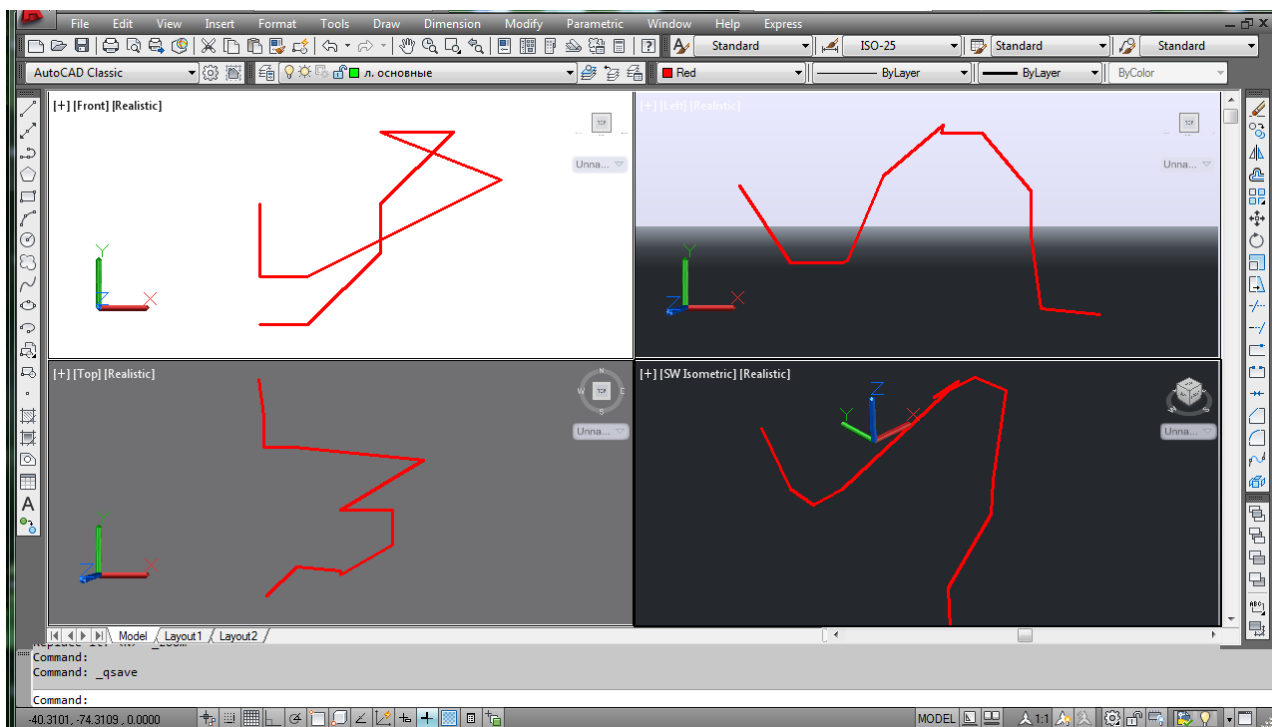


Рис. 5. Пространственная ломаная линия

На рис. 5 представлено четыре видовых экрана с тремя ортогональными проекциями (фронтальной, горизонтальной и профильной) пространственной

ломаной линии, построенными по декартовым координатам, а также изометрическая проекция линии.

Цилиндрические координаты

Абсолютные цилиндрические координаты представляются в формате: расстояние < угол, расстояние. В данной записи первое расстояние – это длина проекции на плоскость XY вектора, начинающегося в начале текущей системы и заканчивающегося в точке, координаты которой задаются. Угол указывает значение между осью X и упомянутой проекцией вектора на плоскость XY.

Второе расстояние, которое вводится после запятой, – это смещение точки вдоль оси Z. Пример ввода точки: 50 < 45, 30.

Если применяются относительные цилиндрические координаты, то перед предыдущей записью будет еще добавлен символ @. Тогда координата точки будет указываться путем смещения ее относительно предыдущей. Следует заметить, что при использовании цилиндрических координат (как абсолютных, так и относительных) указываемые расстояния фактически представляют собой катеты прямоугольного треугольника.

Сферические координаты

Абсолютные сферические координаты представляются в формате: расстояние < угол < угол. В данной записи расстояние – это длина вектора, который проходит от начала координат до указываемой точки. Первый угол отсчитывается от оси X до проекции вектора на плоскость XY. Третье значение – это угол между плоскостью XY и упомянутым вектором.

Формат ввода точки: 70 < -60 < 30.

Сферические координаты также могут быть относительными. В этом случае добавляется знак @, а координата точки указывается путем смещения ее от предыдущей точки. В отличие от цилиндрических координат, где расстояние до точки указывалось косвенным образом, в сферических координатах расстояние до точки задается прямо.

Объектная привязка в трехмерном пространстве

Как в двумерных, так и в трехмерных чертежах привязка к имеющимся объектам существенно упрощает построение модели. Использование объектной привязки позволяет однозначно указать нужную точку, причем сделать это с абсолютной точностью. Однако не стоит забывать, что на трехмерных чертежах в определенных видах некоторые объекты могут сливаться. Поэтому следует выбирать вид без этого недостатка. В остальном же использование привязки к объектам в двумерных моделях полностью аналогично применению ее в трехмерном пространстве.

Системы координат

Все создаваемые объекты в AutoCAD привязываются к прямоугольной стандартной системе координат, называемой МСК – Мировая Система Координат (World Coordinate System), совпадающей с плоскостью графического экрана. При этом ось Z МСК расположена перпендикулярно экрану и плоскости XOY и направлена от экрана к нам. Эта система координат используется в AutoCAD по умолчанию. Однако для создания сложных моделей и выполнения соответствующих построений в трехмерном пространстве необходимо изменение положения плоскости построений, а следовательно, и системы координат. Для задания любых других рабочих плоскостей трехмерного пространства, не параллельных основной плоскости XOY МСК используется команда UCS (ПСК). Сокращенное название команды UCS образовано от слов «user coordinate system» – пользовательская система координат. Все системы координат, отличные от мировой, называются пользовательскими. Если UCS (ПСК) необходима для многократных построений, ей можно присвоить имя и сохранить ее. Для этого необходимо вызвать эту же команду повторно и выбрать опцию Save (Сохранить). Для возврата в исходную мировую систему координат необходимо выбрать пиктограмму World (Мировая) панели инструментов UCS (ПСК). Помимо этой опции на панели инструментов данной команды представлены пиктограммы, позволяющие выполнять смену плоскостей построений легко и понятно.



Рис. 6. Панель инструментов UCS (ПСК)

1. UCS (ПСК) – вызывает команду и список ее опций в зону командной строки.
2. World (Мировая) – мировая система координат.
3. Previous (Предыдущая) – возврат построений в предыдущую используемую систему координат.
4. Face (Грань) – установка ПСК по плоскости трехмерного тела.
5. Object (Объект) – установка ПСК по плоскости двумерного объекта.
6. View (Вид) – установка ПСК перпендикулярно направлению взгляда (в плоскости вида) с сохранением начала координат.
7. Origin of new UCS (начало новой ПСК) – плоскопараллельный перенос начала ПСК (пиктограммы осей X, Y и Z) в новую точку с сохранением направления осей X и Y.
8. ZAxis (ZОсь) – указание нового начала координат и точки, лежащей на положительном направлении новой оси Z.
9. Zpoint (Зточки) – указание нового начала координат и точек, определяющих положительные направления новых осей X и Y.

10. X – поворот текущей ПСК вокруг текущей оси X.
11. Y – поворот текущей ПСК вокруг текущей оси Y.
12. Z – поворот текущей ПСК вокруг текущей оси Z.
13. Apply (Применить) – применить созданную текущую ПСК к видовому экрану при разбиении рабочего пространства поля построений на отдельные окна.

Поверхности: грани и сети

Для непрозрачных треугольников и четырехугольников в AutoCAD есть специальный объект – *грань*. Непрерывно расположенные грани могут объединяться в *сеть*. Поверхности очень многих трехмерных объектов могут быть представлены в виде сетей с четырехугольными или треугольными ячейками (см. рис. 2). Сеть хотя и является приближенным представлением объекта, но дает достаточно много информации о его форме и размерах. Все ячейки таких поверхностей непрозрачны для операций скрытия невидимых линий, раскрашивания и тонирования.

Команда 3DFace (3-Грань) позволяет создать поверхность, ограниченную тремя или четырьмя ребрами, причем каждая грань может быть ориентирована произвольным образом. Расположение ребер, ограничивающих создаваемую поверхность, указывают с помощью угловых точек, которые должны располагаться по часовой стрелке или против нее, но не по диагонали, иначе получится грань неправильной формы – «перекрученная».

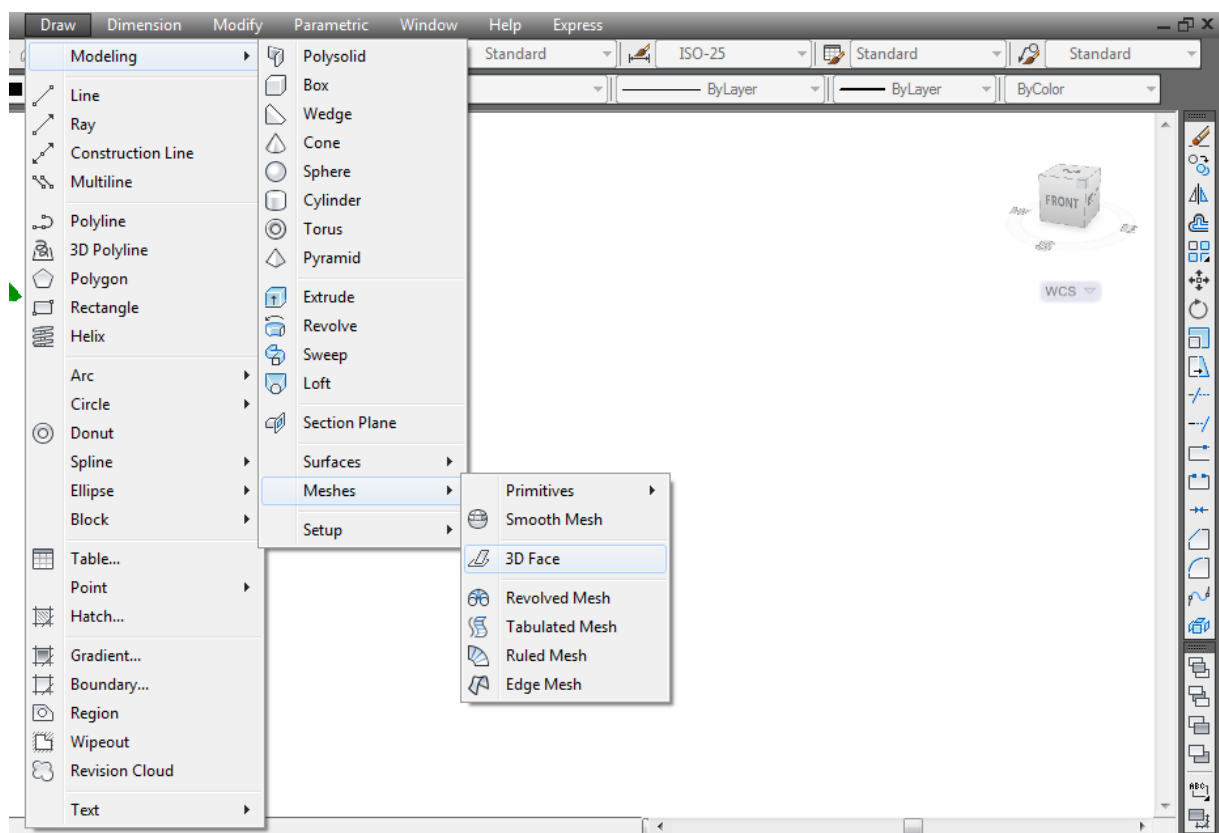


Рис. 7. Команды 3DFace (3-Грань) и 3DMesh (3-Сеть) раздела Draw/ Modeling (Рисование/ Моделирование)

Вызвать эту команду можно, нажав соответствующую пиктограмму или команду раздела Draw/ Modeling (Рисование/ Моделирование) (рис. 7). Далее в соответствии с подсказками команды необходимо указать координаты первой, второй, третьей и четвертой точки. Построение можно ограничить и третьей точкой. После построения одной грани поверхности система строит следующую грань. При этом в качестве первой и второй точки будут использованы две последние точки предыдущей грани. Поверхность можно создать замкнутую и незамкнутую. Завершение выполнения команды осуществляется клавишей Enter.

Для построения сети произвольной конфигурации можно использовать команду 3DMesh (3-Сеть) этого же раздела. Данный объект формируется заданием координат массива вершин сети. Возможность применения сглаживания позволяет создать этой командой поверхности более наглядные и реальные, чем рассмотренные ранее. Предварительно необходимо задать количество вершин (размер сети) в направлении **M**, затем в направлении **N**, так как в AutoCAD используется матричная система нумерации узлов сети: первый узел первого ряда имеет нумерацию 0,0; второй узел первого ряда – нумерацию 0,1. Первый узел второго ряда нумеруется – 1,0; второй узел второго ряда – 1,1. Важно помнить, что нумерация сети начинается с 0. Таким образом задается месторасположение всех узлов сетки. Точки не обязательно задавать в матричной последовательности, их можно указывать произвольным образом.

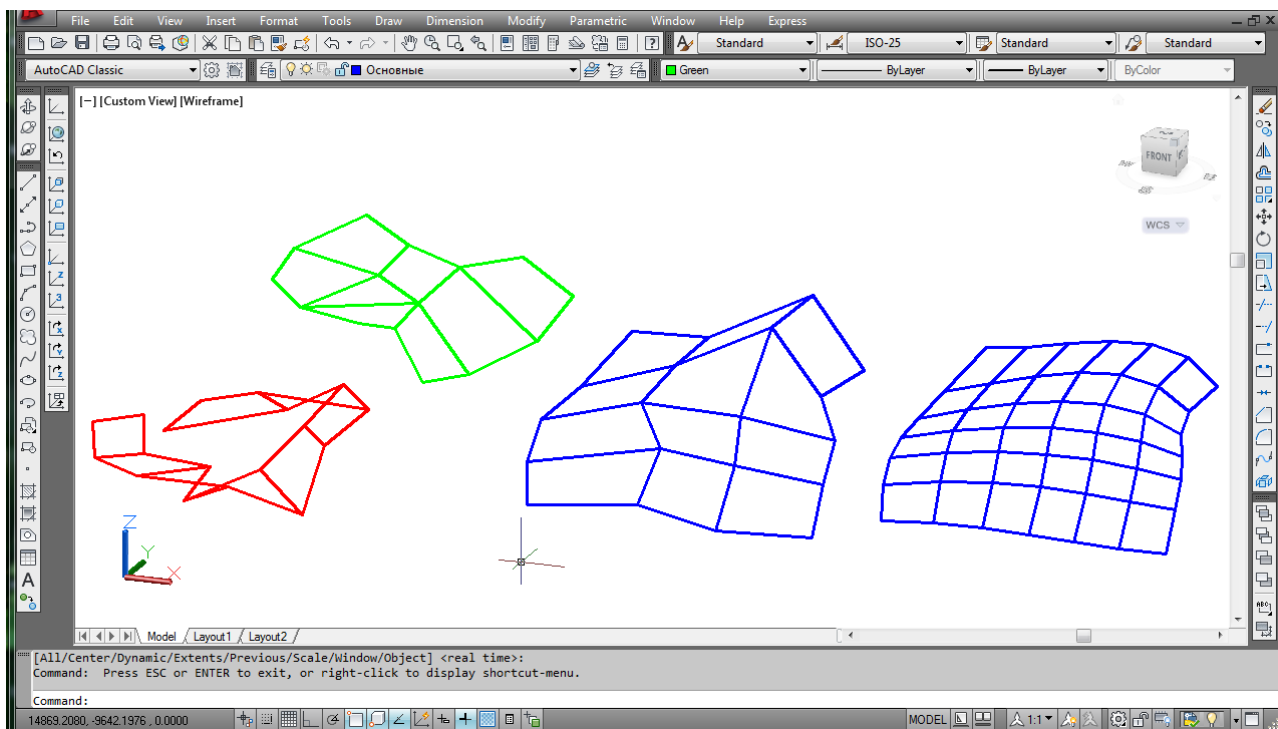


Рис. 8. Примеры выполнения команд 3DFace (3-Грань) и 3DMesh (3-Сеть)

Созданная сеть – единый объект, для редактирования положения вершин достаточно выделить сеть, на вершинах которой появятся маркеры. Положение их можно изменить, используя команды редактирования и методику редактиро-

вания при помощи «ручек». Возможно также расчленение сети и сглаживание ее. Для этого необходимо вызвать команду PEdit (Полред), позволяющую редактировать полилинию, и выбрать опцию Smooth (Сгладить). Важно помнить, что сглаживание осуществляется в сети с численным значением **M** и **N** больше 3.

На рис. 8 слева представлены два примера поверхностей, образованных командой 3DFace (3-Грань) – нормальная и «перекрученная», а справа поверхности, выполненные командой 3DMesh (3-Сеть) – сеть 3×5 без сглаживания и после выполнения команды сглаживания.

Четыре последних пиктограммы команды 3DMesh (3-Сеть) (рис. 7) представляют случаи построения сложных сетей. Команда Revsurf (П-Вращ) позволяет получить поверхность, образующуюся в пространстве при вращении какого-либо объекта (определяющей кривой) вокруг оси вращения. За один сеанс выполнения команды можно повернуть только один объект. В качестве объекта вращения можно использовать: отрезок, дугу, окружность, полилинию или трехмерную полилинию. За ось вращения можно принимать отрезок или незамкнутую полилинию. Создавать ось вращения необходимо до начала выполнения команды.

Команда Tabsurf (П-СДвиг) создает поверхность сдвига, получаемую от движения образующей кривой вдоль указанного вектора. В качестве образующей могут быть использованы отрезок, дуга, окружность, полилиния, эллипс или эллиптическая дуга. Вектор выполняется отрезком или полилинией и может располагаться под любым углом к плоскости, в которой находится образующая кривая. Все составляющие этой поверхности вычерчиваются также заранее, до начала выполнения команды.

Команда Rulesurf (П-Соед) создает поверхность соединения, возникающую при плавном переходе от одной линии к другой. В качестве данных образующих поверхность линий могут быть использованы отрезки, полилинии, сплайны, окружности, точки, линии, эллипсы или эллиптические дуги. При этом должно соблюдаться условие: оба объекта должны быть или замкнутыми, или разомкнутыми. Последовательность выбора объектов в данной команде неважна. Для получения пересекающейся поверхности необходимо указать точки на объектах в разных плоскостях.

Команда Edgesurf (П-Кромка) создает поверхность Кунса между четырьмя кромками, образующими замкнутый криволинейный четырехугольник. Предварительно перед выполнением команды необходимо начертить четыре объекта, на которые будет натянута сеть. При этом объекты должны соприкоснуться между собой без зазоров и могут быть произвольным образом ориентированы друг относительно друга. Последовательность задания объектов может быть произвольная. Для выполнения команды необходимо в соответствии с запросами последовательно указать четыре объекта, которые будут являться образующими кривыми данной поверхности. На рис. 9 образующими поверхности (фиолетовая) являются 3 отрезка и сплайновая кривая.

Во всех ранее рассмотренных командах большое значение имеют системные переменные SURFTAB1 (регулирует плотность сети) и SURFTAB2. Чем

больше их значение, тем больше каркасных линий используется для построения сетей и тем реальнее выглядит сама поверхность. Численные значения переменных необходимо изменять перед выполнением команд.

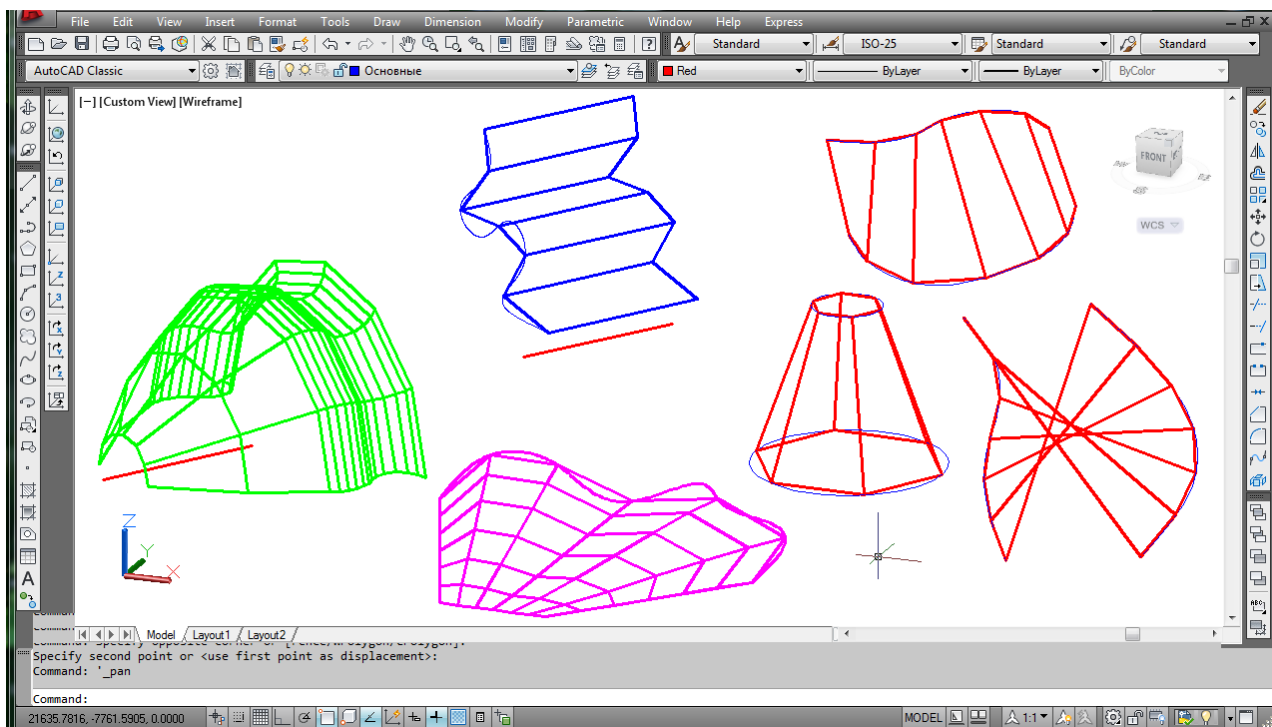


Рис. 9. Примеры построения сложных сетей

Команда «Параллелепипед»

Параллелепипед является одной из фигур, которые приходится строить наиболее часто. Основание параллелепипеда всегда параллельно плоскости XY текущей ПСК. Чтобы приступить к его созданию, необходимо вызвать команду **Box** (Ящик, куб) или щелкнуть левой клавишей мыши по аналогичной пиктограмме на панели инструментов **Modeling** (Моделирование).

Запросы команды **Box** (Ящик, куб):

- Specify corner of box or [CEnter] < 0, 0, 0 >: – указать угол ящика;
- Specify corner or [Cube/Length]: – указать противоположный угол;
- Specify Height: – указать высоту.

При формировании параллелепипеда следует задать параметры в одном из нижеперечисленных вариантов:

- положение диагонально противоположных углов;
- положение противоположных углов основания и высоты;
- положение центра ящика с назначением угла или высоты либо длины и ширины ящика.

Варианты выполнения команды **Box** (Ящик, куб):

- **Center** – позволяет сформировать ящик, указав положение его центральной точки. При этом выдаются запросы:

Specify corner of box or [CEnter] <0, 0, 0>: C – переход в режим указания центра параллелепипеда;

Specify center of box < 0, 0, 0>: – указать центр ящика;

Specify corner or [Cube/Length]: – указать угол;

Specify height: – указать высоту.

- Cube – создает куб, то есть параллелепипед, у которого все ребра равны. При этом выдаются запросы:

Specify corner of box or [CEnter] <0, 0, 0>: – указать угол ящика;

Specify corner or [Cube/Length]: C – переход в режим формирования куба;

Specify length: – указать длину.

- Length – создает параллелепипед заданных длины (по оси X), ширины (по оси Y) и высоты (по оси Z) текущей ПСК. При этом выдаются запросы:

Specify corner of box or [CEnter] <0, 0, 0>: – указать угол ящика;

Specify corner or [Cube/Length]: L – переход в режим указания длины, ширины и высоты;

Specify length: – указать длину;

Specify width: – указать ширину;

Specify height: – указать высоту.

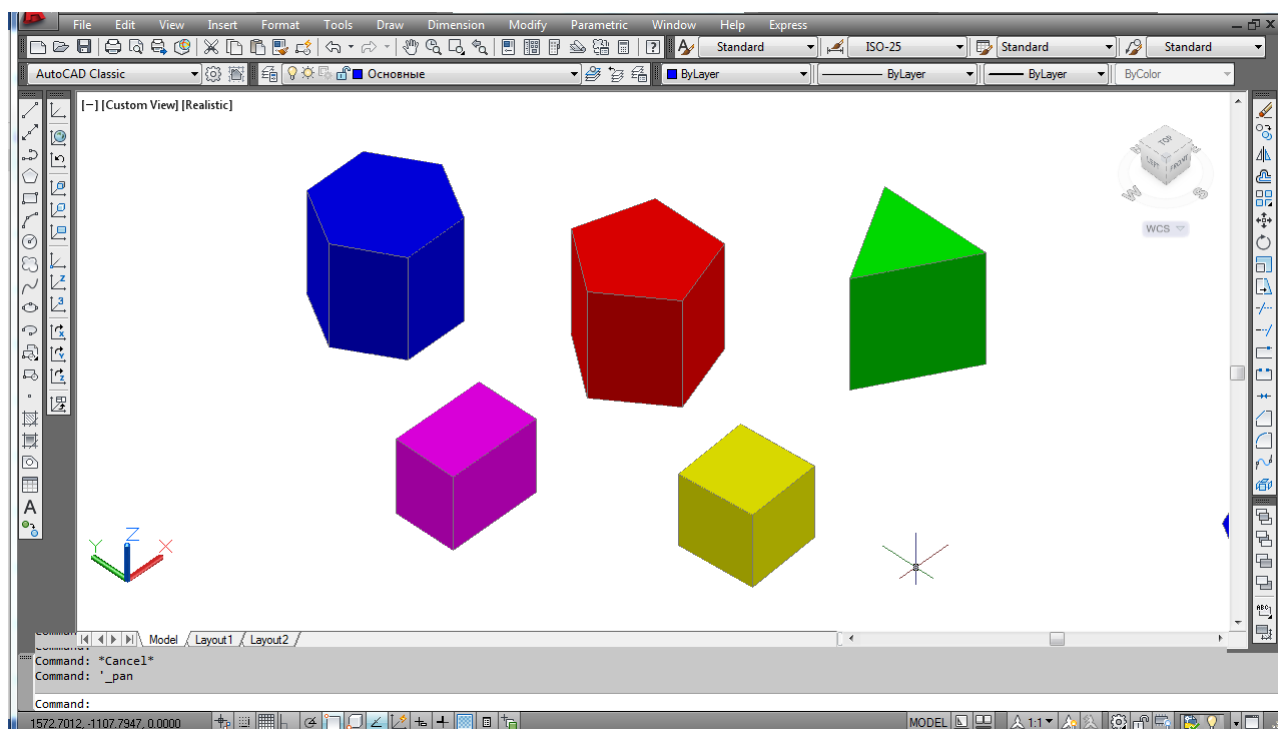


Рис. 10. Варианты выполнения команды Box (Ящик, куб)

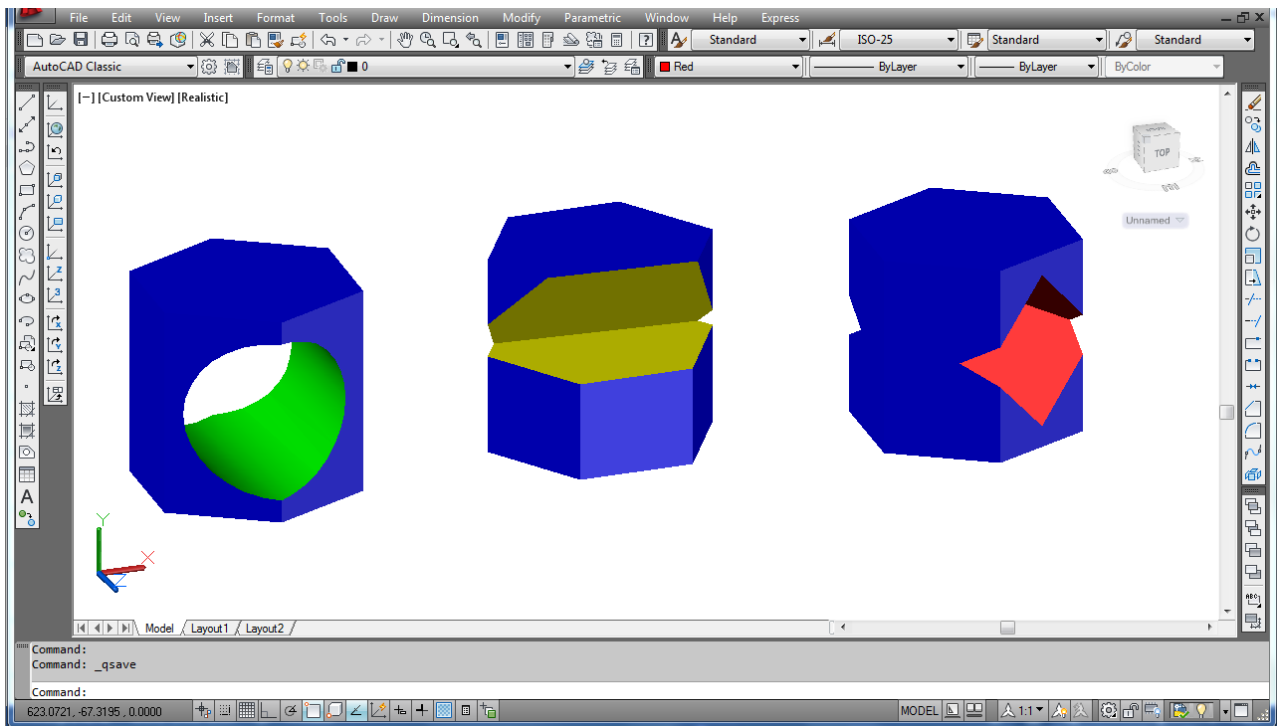


Рис. 11. Примеры прямых правильных призм с вырезами

Команда «Пирамида»

Позволяет создавать пирамидальные тела различной конфигурации. Основанием пирамиды служит правильный многоугольник. Приступая к созданию пирамиды, необходимо вызвать ее команду Pyramid (Пирамида). После запуска команды появится запрос:

Specify center point for base of cone or [Edge/ Sides]: – введите координаты центральной точки основания пирамиды или выберите один из параметров [Ребро/ Стороны]:.

При выборе опции Edge (Ребро) конфигурация основания пирамиды задается координатами двух соседних угловых точек многоугольника.

При выборе опции Sides (Стороны) пользователь задает количество сторон многоугольника в основании пирамиды. По умолчанию создается пирамида с квадратом в основании, то есть данному параметру присвоено значение 4.

Если на предыдущем этапе указан центр пирамиды, то появится запрос: Specify base radius or [Inscribed]: – радиус основания или [Вписанный]:.

Необходимо указать радиус окружности, вписанной в многоугольник, то есть окружности, для которой все стороны многоугольника будут являться касательными. Можно также выбрать параметр Inscribed (Вписанный) и в ответ на запрос Specify base radius or [Circumscribed about circle]: – радиус основания или [Описанный]: указать радиус мнимой окружности, проходящей через все вершины многоугольника основания.

Последний запрос команды выглядит следующим образом:

Specify height or [2Point/ Axis endpoint/ Top radius]: – высота или [2Точки/ Конечная точка оси/ Радиус верхнего основания]: – необходимо задать высоту пирамиды или выбрать один из параметров.

При выборе параметра 2Point (2Точки) высота будет равной расстоянию между двумя указанными точками. При этом основание пирамиды расположится параллельно плоскости XY.

При выборе параметра Axis endpoint (Конечная точка оси) надо указать координаты верхней точки пирамиды.

Выбрав параметр Top radius (Радиус верхнего основания), необходимо ввести значение радиуса верхнего основания усеченной пирамиды.

Здесь указывается радиус вписанной или описанной окружности в зависимости от того, какая окружность была указана для нижнего основания. Если нажать клавишу Enter, выбрав тем самым значение 0, установленное по умолчанию, будет построена полная пирамида. После указания радиуса верхнего основания необходимо указать высоту пирамиды.

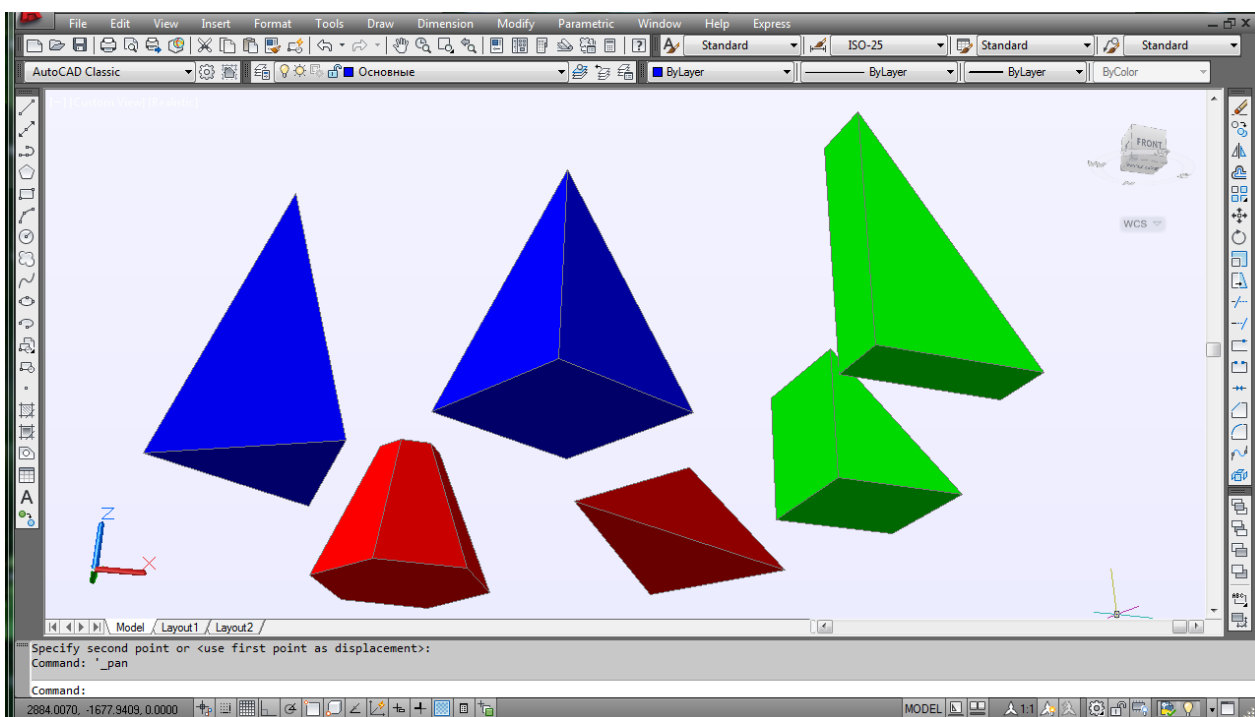


Рис. 12. Варианты выполнения команды Пирамида и Клин

Команда «Клин»

Команда Wedge (Клин) формирует твердотельный клин.

Запросы команды Wedge (Клин):

Specify first corner of wedge or [CEnter] <0, 0, 0>: – указать первый угол клина;

Specify corner or [Cube/ Length]: – указать противоположный угол клина;

Specify height: – указать высоту клина.

Основание клина всегда параллельно плоскости построений XY текущей системы координат; при этом наклонная грань располагается напротив первого указанного угла основания.

Высота клина может быть как положительной, так и отрицательной и обязательно параллельна оси Z. Все запросы и ключи команды Wedge (Клин) аналогичны запросам и ключам команды Box (Ящик, куб).

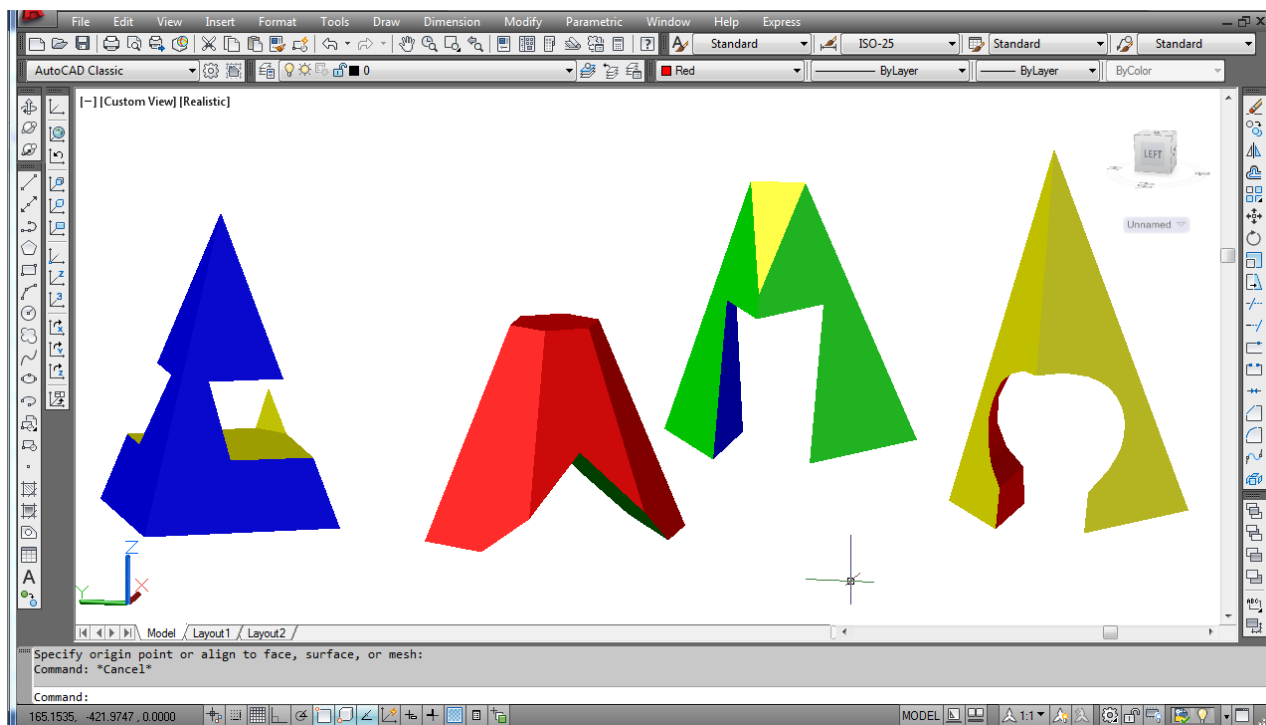


Рис. 13. Примеры правильных прямых пирамид с вырезами

Команда «Конус»

Команда Cone (Конус) формирует твердотельный конус, основание которого (окружность или эллипс) лежит в плоскости XY текущей системы координат, а вершина располагается по оси Z.

Запросы команды Cone (Конус):

Current wire frame density: ISOLINES = 10 – текущая плотность каркаса;

Specify center point for base of cone or [Elliptical] <0, 0, 0>: – указать центральную точку основания конуса;

Specify radius for base of cone or [Diameter]: – указать радиус основания конуса;

Specify height of cone or [Apex]: – указать высоту конуса.

Варианты выполнения команды Cone (Конус):

– Elliptical – позволяет создавать основание конуса в виде эллипса.

Запросы аналогичны тем, что используются в AutoCAD при создании эллипса:

Current wire frame density: ISOLINES = 10 – текущая плотность каркаса;

Specify center point for base of cone or [Elliptical] <0, 0, 0>: E – переход в режим указания основания конуса в виде эллипса;

Specify axis endpoint of ellipse for base of cone or [Center]: – указать конечную точку оси эллипса для основания конуса;

Specify second axis endpoint of ellipse for base of cone: – указать вторую конечную точку оси эллипса для основания конуса;

Specify length of other axis for base of cone: – указать длину другой оси для основания конуса;

Specify height of cone or [Apex]: – указать высоту конуса.

- Axis endpoint – создает эллиптическое основание конуса, для чего нужно указать точки для определения диаметра по одной оси и радиуса по другой. Выбор этого варианта осуществляется автоматически при вводе координат точки;
- Center – позволяет задать эллиптическое основание конуса, для чего следует указать координаты его центральной точки и значения радиуса по каждой из осей;
- Apex – определяет высоту и ориентацию конуса, для чего нужно задать точку вершины;
- Height – устанавливает только высоту конуса, но не его ориентацию. Ориентация определяется знаком, стоящим перед значением высоты: при знаке + (плюс) высота откладывается вдоль положительной полуоси Z, при знаке – (минус) – вдоль отрицательной полуоси Z;
- Center point – создает круговое основание;
- Radius – позволяет задать круговое основание конуса с помощью радиуса, для чего нужно указать его положение или ввести положительное ненулевое значение его длины;
- Diameter – позволяет задать круговое основание путем определения диаметра.

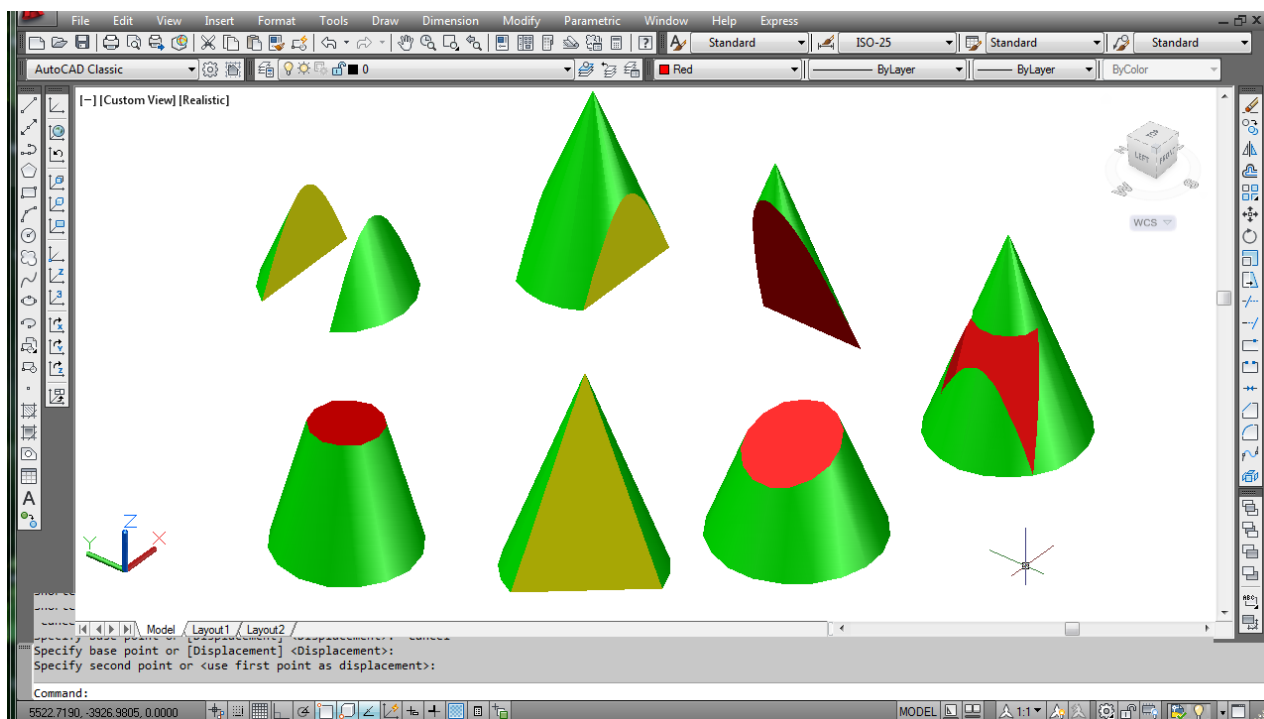


Рис. 14. Сечения поверхности конуса проецирующими плоскостями и плоскостями уровня

Чтобы построить усеченный конус или конус, ориентированный под некоторым углом, нужно вначале нарисовать двумерную окружность, а затем с помощью команды Extrude (Выдавливание) произвести коническое выдавливание под заданным в ходе выполнения команды углом к оси Z.

Если необходимо усечь конус, следует, используя команду Subtract (Вычитание), вычесть из него параллелепипед, внутри которого находится вершина конуса или использовать команду Intersect (Пересечение), которая также позволит построить автоматически сечение конуса параллелепипедом.

Команда «Цилиндр»

Команда Cylinder (Цилиндр) формирует твердотельный цилиндр.

Запросы команды Cylinder (Цилиндр):

Current wire frame density: ISOLINES=10 – текущая плотность каркаса;

Specify center point for base of cylinder or [Elliptical] <0, 0, 0>: – указать центральную точку основания цилиндра;

Specify radius for base of cylinder or [Diameter]: – указать радиус основания цилиндра;

Specify height of cylinder or [Center of other end]: – указать высоту цилиндра.

Информация, необходимая для описания цилиндра, аналогична той, что используется для описания конуса, поэтому запросы команды Cylinder (Цилиндр) совпадают с запросами команды Cone (Конус).

Если необходимо построить цилиндр специальной формы (например, с пазами), следует вначале при помощи команды Pline (Полилиния) создать двумерное изображение его основания в виде замкнутой полилинии, а затем, используя команду Extrude (Выдавливание), придать ему высоту вдоль оси Z.

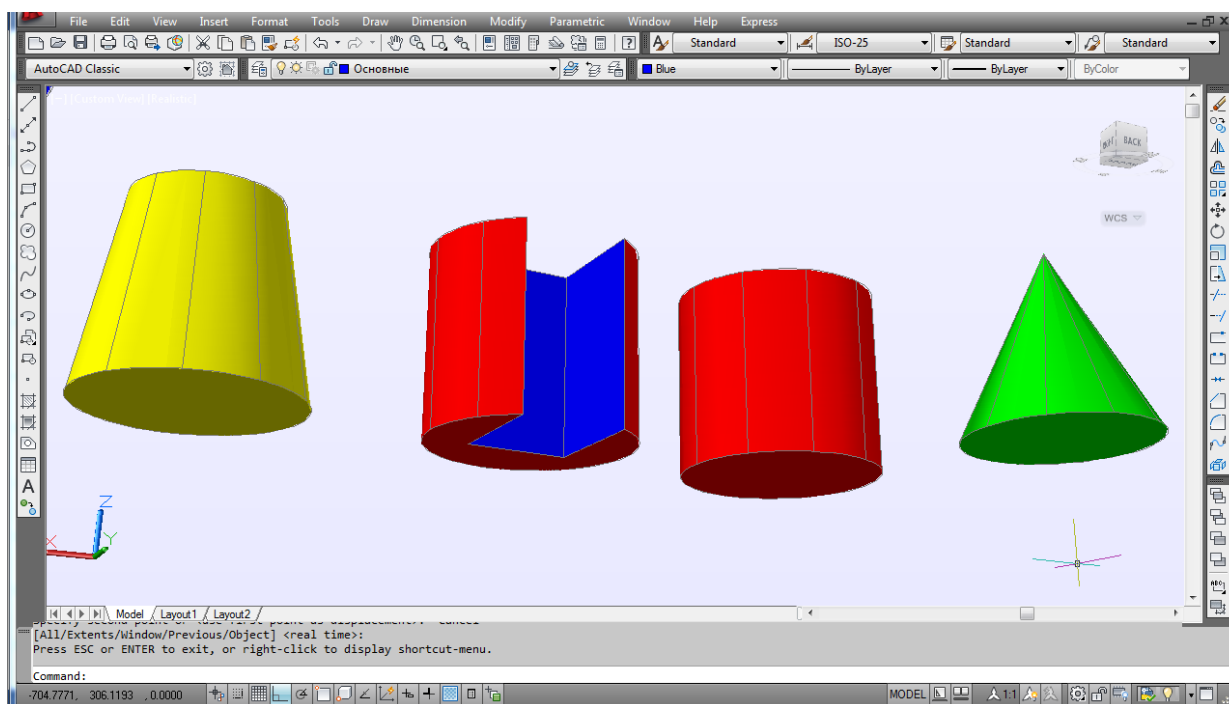


Рис. 15. Варианты выполнения команд Цилиндр и Конус

Центральная ось цилиндра совпадает с осью Z текущей системы координат.

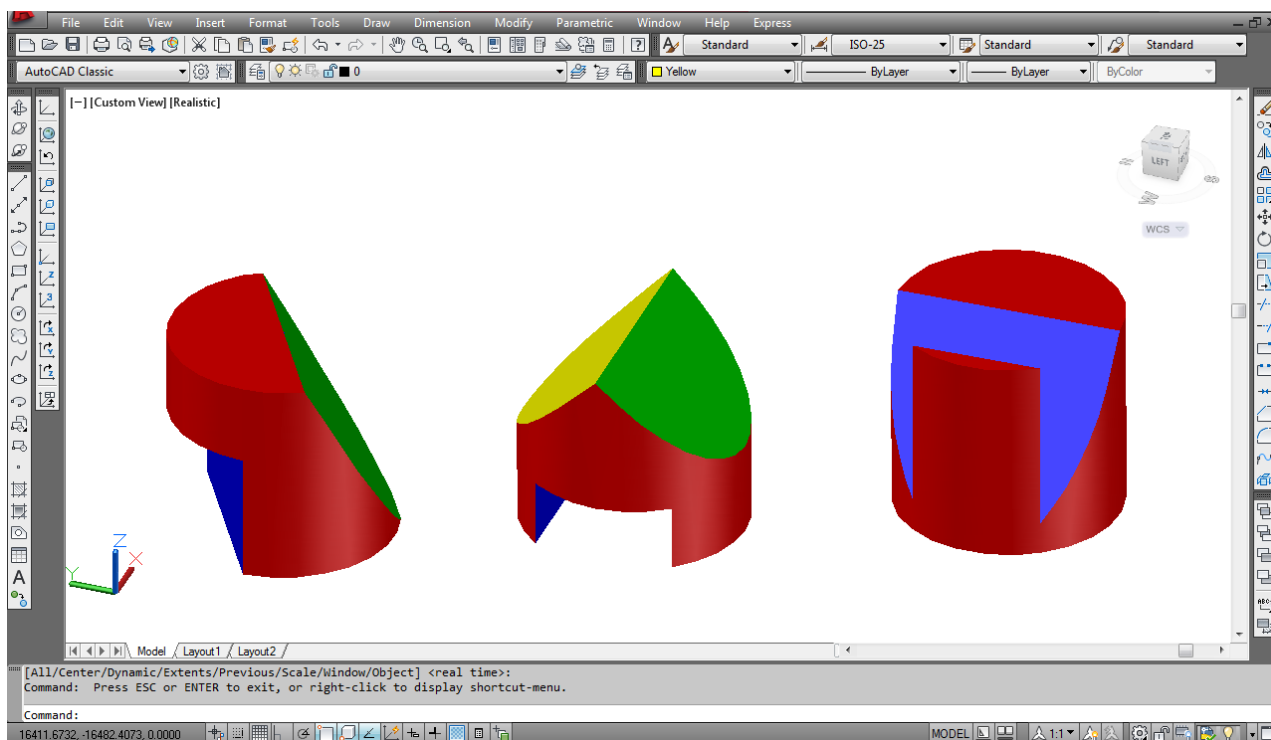


Рис. 16. Примеры цилиндрических поверхностей с вырезами

Команда «Сфера»

Команда Sphere (Сфера) формирует твердотельный шар. Для этого достаточно задать его радиус или диаметр. Каркасное представление шара располагается таким образом, что его центральная ось совпадает с осью Z текущей системы координат.

Запросы команды Sphere (Сфера):

Current wire frame density: ISOLINES=10 – текущая плотность каркаса;

Specify center of sphere <0, 0, 0>: – указать центр шара;

Specify radius of sphere or [Diameter]: – указать радиус шара.

Чтобы построить часть шара в виде купола или чаши, нужно, используя команду Subtract (Вычитание), вычесть из него параллелепипед.

Если необходимо построить шарообразное тело специальной формы, следует вначале создать его двумерное сечение, а затем, применив команду Revolve (Вращение), вращать сечение под заданным углом к оси Z.

Команда «Тор»

Команда Torus (Тор) формирует твердотельный открытый тор, напоминающий по форме камеру автомобильной шины. При этом необходимо ввести значения радиуса образующей окружности трубы и радиуса, определяющего расстояние от центра тора до центра трубы. Тор строится параллельно плоскости XY текущей системы координат.

Запросы команды Torus (Top):

Current wire frame density: ISOLINES=10 – текущая плотность каркаса;

Specify center of torus < 0, 0, 0 >: – указать центр тора;

Specify radius of torus or [Diameter]: – указать радиус тора;

Specify radius of tube or [Diameter]: – указать радиус полости тора.

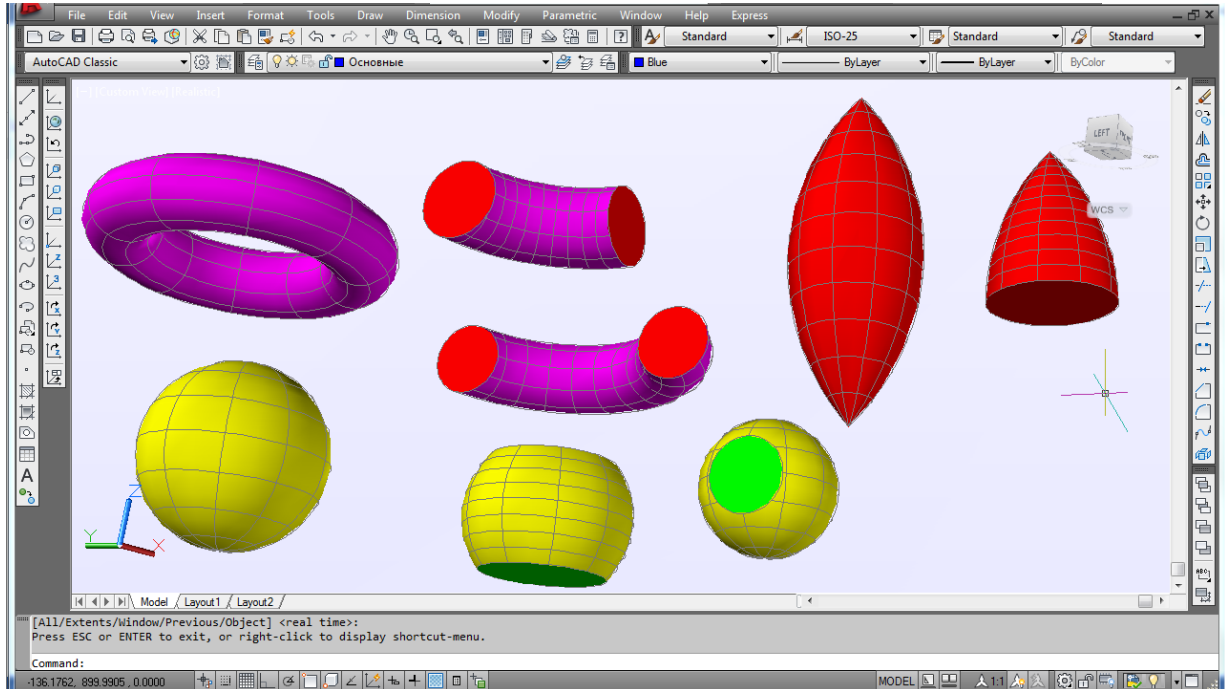


Рис. 17. Варианты выполнения команды Сфера и Тор

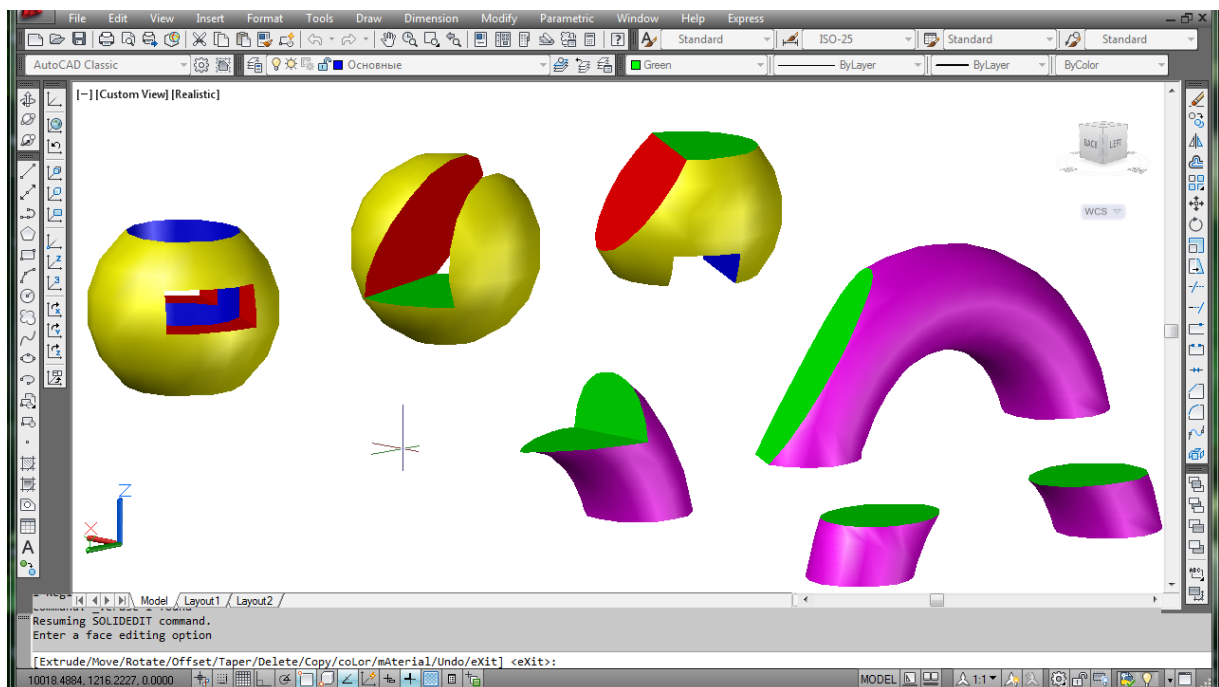


Рис. 18. Примеры поверхности шара и открытого тора с вырезами

Радиус тора может иметь отрицательное значение, но радиус трубы должен быть положительным и превосходить абсолютную величину радиуса тора

(например, если радиус тора равен -2.0 , то радиус трубы должен быть больше $+2.0$). Данное условие необходимо соблюдать, чтобы не получить в итоге пустое тело (тело без объема). При этом сформированный объект является самопересекающимся тором (тороидом), напоминающим форму мяча для регби. На рис. 17 представлены различные варианты выполнения команд Сфера и Тор.

В начертательной геометрии рассматривается семейство сечений (кривых четвертого порядка) поверхности открытого тора плоскостью, параллельной его оси вращения. Это спирические линии – кривые Персея, названные в честь математика и геометра Древней Греции. Среди них можно выделить: овал с двумя осями симметрии, волнообразную кривую, двухлепестковую кривую (лемнискату Бернулли), два овала с одной осью симметрии. В сечении поверхности открытого тора, получаемой «диагональной» касательной плоскостью и проходящей через центр тора, две окружности – окружности Вилларсо, названные в честь астронома и математика Ивона Вилларсо (1813–1883) (рис. 19).

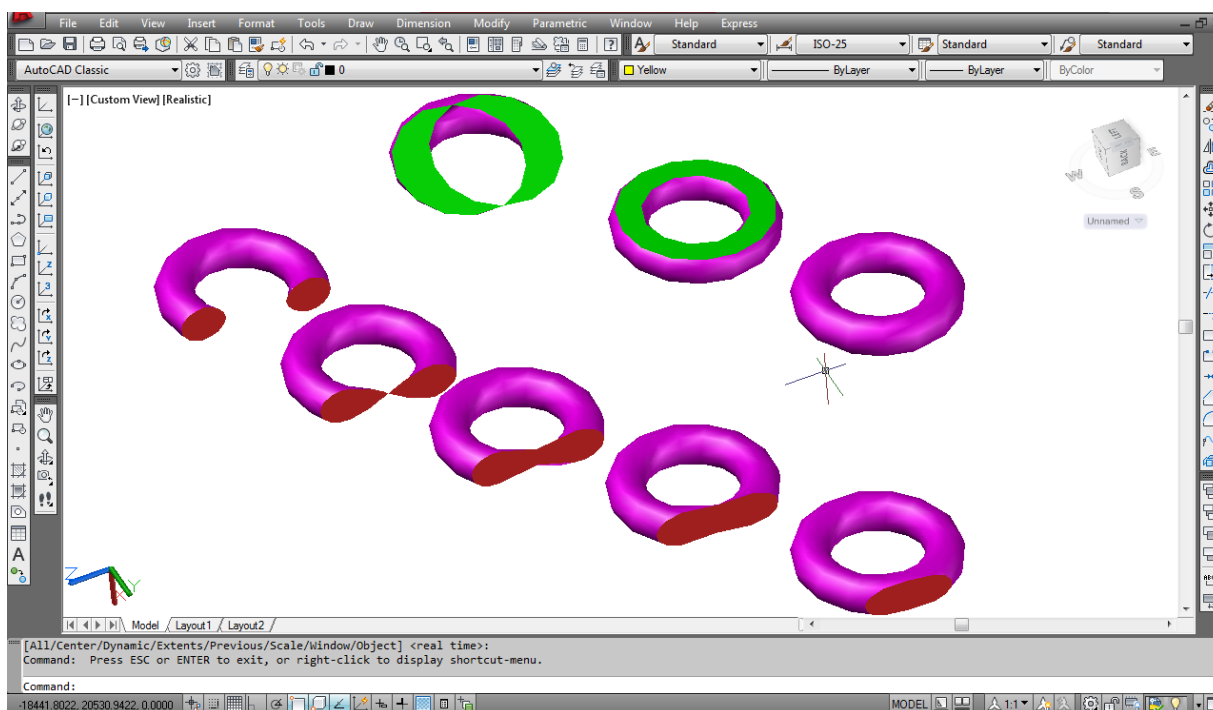


Рис. 19. Семейство кривых Персея и окружности Вилларсо на поверхности открытого тора

Трехмерная полилиния

Используется при выполнении вспомогательных построений для создания сложных твердотельных объектов средствами трехмерного моделирования. Пространственная трехмерная полилиния в отличие от двумерной состоит только из прямолинейных сегментов, связанных между собой. Она не лежит в единой плоскости трехмерного пространства, вершины ее могут иметь любые координаты. Отличительной особенностью трехмерной полилинии в отличие от двумерной является также то, что она не отображает типов линий, по умолчанию всегда только CONTINUOUS. Построение ее выполняется командой 3D Polyline (3D

Полилиния) раздела Draw (Рисование). В первом запросе команды необходимо указать координаты начальной точки пространственной ломаной, далее выдается повторяющийся запрос на указание координат следующих вершин и опция замыкания. Для редактирования трехмерных полилиний используется та же команда, что и для двумерных, которая входит в раздел Modify/Object/Polyline (Редактирование/Объект/Полилиния). Она позволяет выполнять редактирование положения отдельных вершин ломаной, соединение начальной и конечной точки ломаной в замкнутый контур, сглаживание трехмерным сплайном.

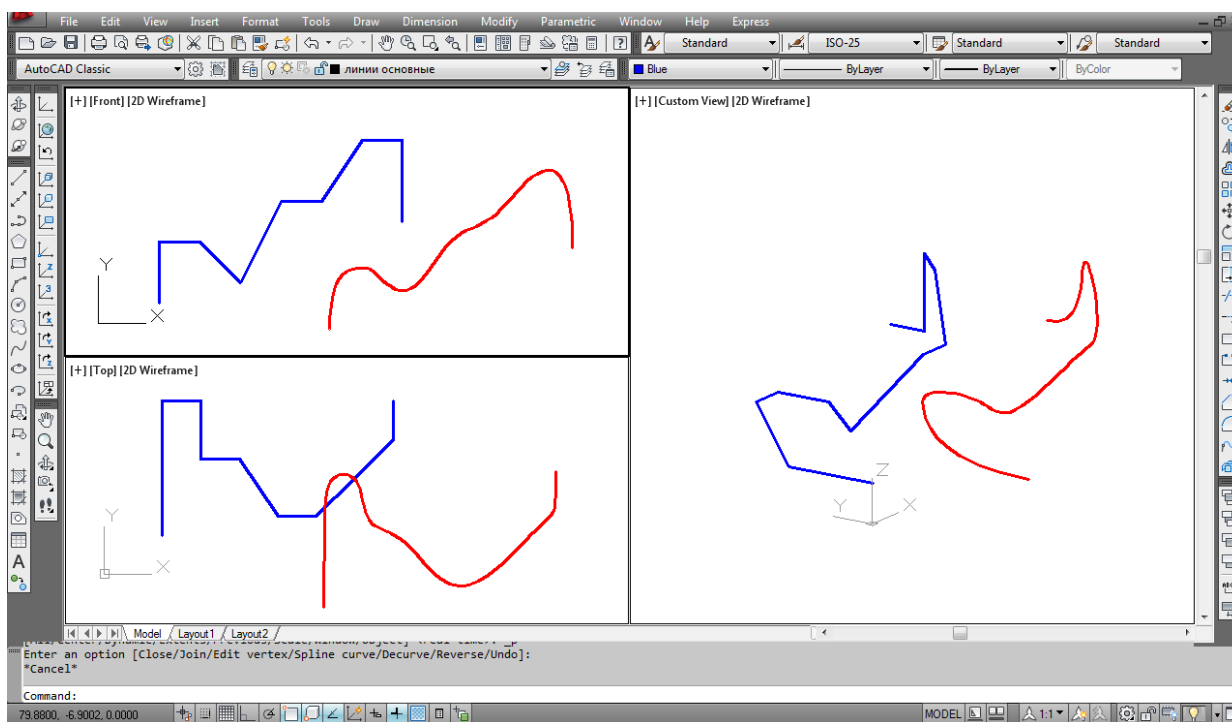


Рис. 20. Пример выполнения команды 3D Polyline (3D Полилиния) до и после сглаживания сплайном

Команда «Политело»

Политело вычерчивается аналогично полилинии. По умолчанию у политела всегда прямоугольные контуры. Предусмотрено задание высоты и ширины политела. С помощью этой команды можно построить политело путем преобразования на основе существующего отрезка, 2D полилинии, дуги или круга. При вычерчивании политела можно воспользоваться опцией Arc (Дуга) для добавления в политело дуговых сегментов. Выбрав опцию Line (Отрезок), можно вернуться к построению прямолинейного сегмента. Для замыкания тела между первой и последней указанными точками служит опция Close (Замкнуть).

Задается командой PoliSolid (Политело) из раздела падающего меню Draw/Modeling (Рисование/ Моделирование).

Команда «Область»

Область – плоский объект, замыкаемый контуром. В области могут присутствовать отверстия. Области можно вычитать и складывать. Они непрозрач-

ны (кроме участков, которые являются отверстиями). Примером области является тонкая листовая деталь с вырезами. Главное, что области могут использоваться для построения тел сложной формы (выдавливанием и вращением).

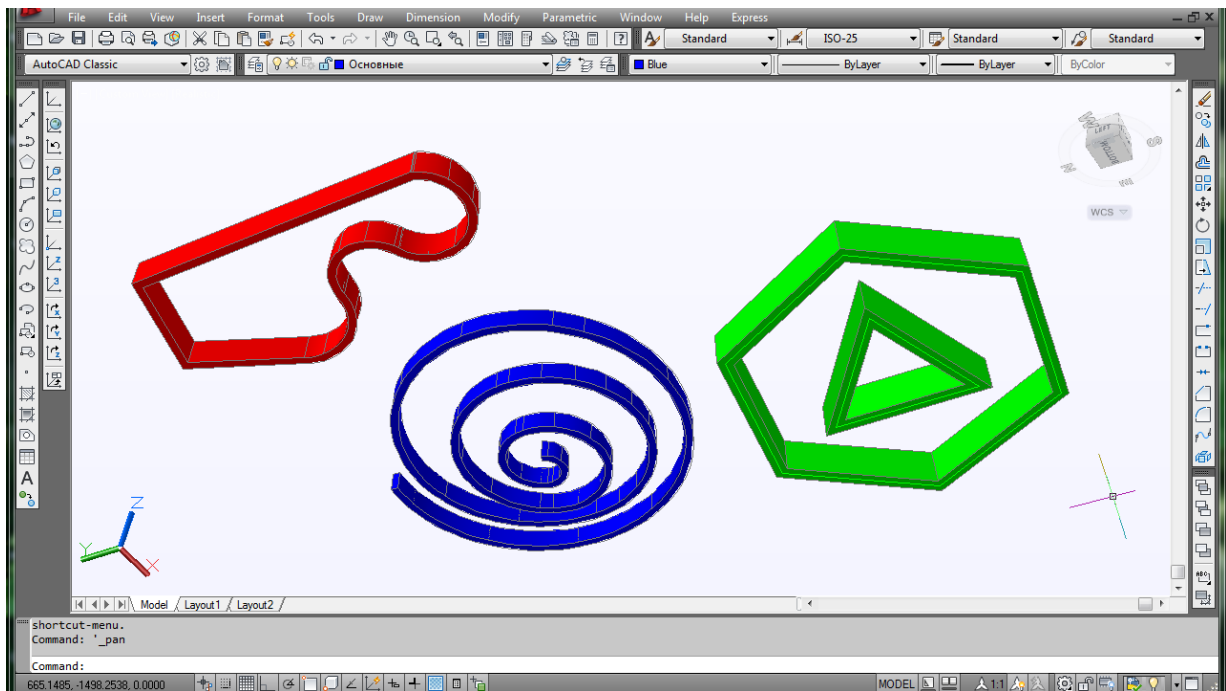


Рис. 21. Варианты выполнения команды Polysolid (Политело)

Любой плоский замкнутый контур (окружность, замкнутую полилинию, отрезки в форме замкнутой ломаной и другие подобные им объекты) можно сделать областью. Для этого используется команда Region (Область) раздела Draw (Рисование).

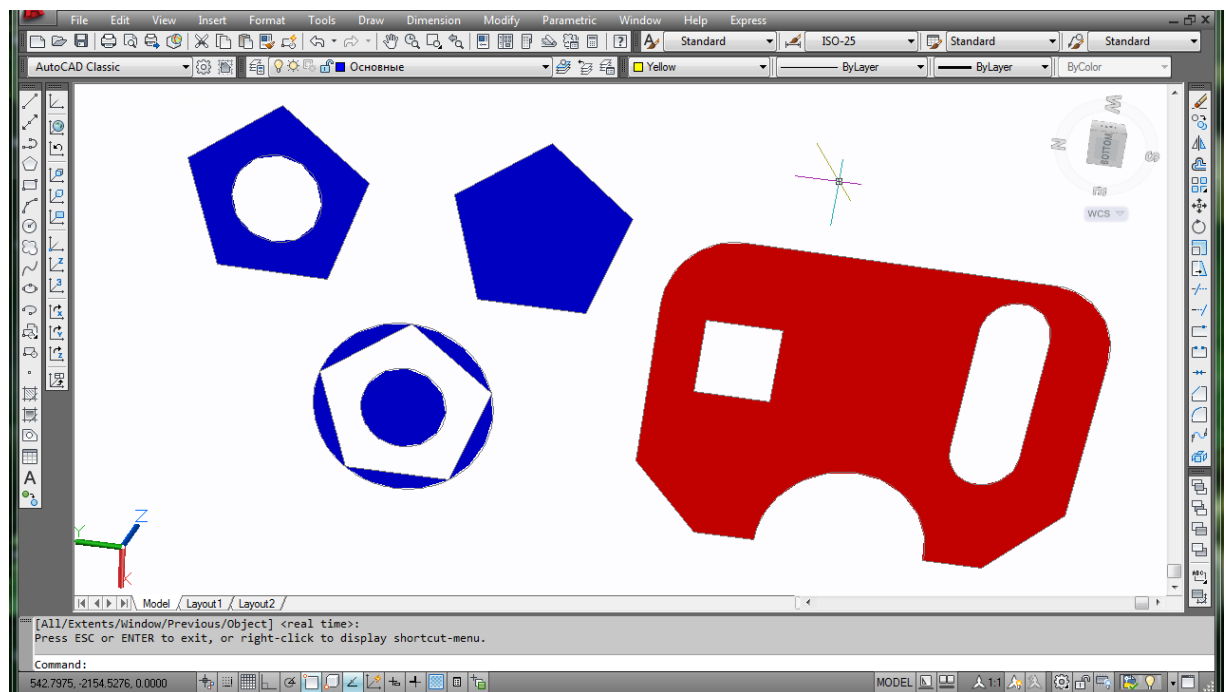


Рис. 22. Варианты выполнения команды Region (Область)

Эта команда запрашивает объекты и по окончании их выбора сообщает о количестве созданных областей. Одной командой может быть создано несколько областей, если указанные пользователем объекты удовлетворяют необходимым требованиям.

Над областями возможны операции объединения, вычитания и пересечения. Команда Explode (Расчленить) расчленяет область на простые примитивы (отрезки, дуги, окружности, эллипсы, сплайны).

Моделирование с помощью тел

Для создания сложных и уникальных поверхностей с комбинированной внешней и внутренней формой, наличием разнообразных линий пересечения служит способ моделирования с помощью тел. Средства AutoCAD позволяют создавать трехмерные объекты на основе базовых пространственных форм: параллелепипедов, конусов, цилиндров, сфер, клинов и торов (колец). Из этих форм, применяя специальные возможности системы AutoCAD методом выдавливания, вращения и методом редактирования (объединения, вычитания и пересечения), строятся более сложные пространственные тела.

Команда Extrude (Выдавить) позволяет создавать твердотельные объекты, «выдавливая» их из двумерных примитивов (то есть объектам добавляется высота). Эту команду также называют экструзией. Если осуществляется выдавливание замкнутого объекта, формируется тело. Если осуществляется выдавливание незамкнутого объекта, получается поверхность. Команда вызывается из падающего меню Draw/ Modeling (Рисование/ Моделирование) или щелчком мыши по пиктограмме Extrude (Выдавить) на панели инструментов Modeling (Моделирование).

Запросы команды Extrude (Выдавить):

Current wire frame density: ISOL INES – 4 – текущая плотность каркаса;

Select objects: – выбрать объекты;

Select objects: – нажать клавишу Enter по завершении выбора объектов;

Specify height of extrusion or [Path]: – указать глубину выдавливания;

Specify angle of taper for extrusion <0>: – указать угол сужения для выдавливания.

Допускается выдавливание таких примитивов, как многоугольник, прямоугольник, круг, эллипс, замкнутый сплайн, кольцо, область и полилиния (кроме имеющих более 500 вершин или пересекающиеся отрезки). С помощью одной команды можно выдавить сразу несколько объектов. Направление выдавливания определяется траекторией или указанием глубины и угла конусности.

Команда Extrude (Выдавить) часто используется для формирования моделей таких объектов, как шестерни или звездочки. Особенно удобна она при создании объектов, имеющих сопряжения, фаски и аналогичного рода элементы, которые трудно воспроизвести, не используя выдавливание сечений. Если рисунок сечения состоит из отрезков и дуг, то перед вызовом команды Extrude (Выдавить) их нужно преобразовать либо в замкнутую полилинию с помощью команды Region (Область) раздела Draw (Рисование).

Конусное выдавливание часто применяется при рисовании объектов с наклонными сторонами, например, литейных форм. Не рекомендуется задавать большие углы конусности: в противном случае образующие конуса могут сойтись в одну точку прежде, чем будет достигнута требуемая глубина выдавливания. Глубину выдавливания можно определять ненулевым значением или указанием двух точек. При вводе положительного значения происходит выдавливание объектов вдоль положительной оси Z объектной системы координат, при вводе отрицательного значения – вдоль отрицательной оси Z.

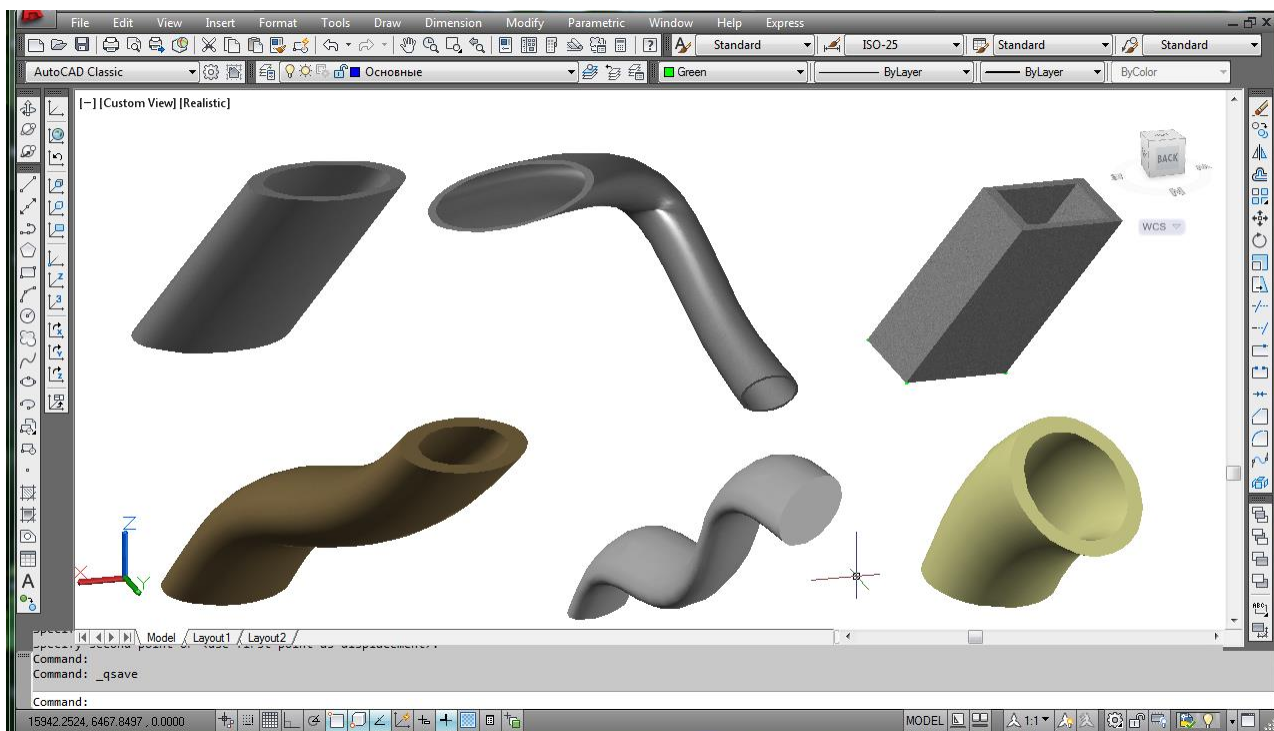


Рис. 23. Примеры выполнения команды Extrude (Выдавить) и соответствующих опций: Direction (Направление) и Path (Траектория)

По умолчанию выдавливание осуществляется перпендикулярно к плоскости исходного объекта. Для выполнения построений по другой схеме возможны к использованию следующие варианты команды Extrude (Выдавить):

- Direction (Направление) – задает вектор выдавливания двумя точками начала и конца вектора.
- Path (Траектория) – позволяет указать высоту и направление выдавливания по заданной траектории, которой может быть отрезок, окружность эллипс, дуга, сплайн, полилиния. При этом объект, задающий направление выдавливания, не должен находиться в одной плоскости с задающим поверхность профилем.
- Taper angle (Угол конусности) – изменяет значение угла конусности.
- Expression (Выражение) – дает возможность задавать высоту выдавливания уравнением или формулой.

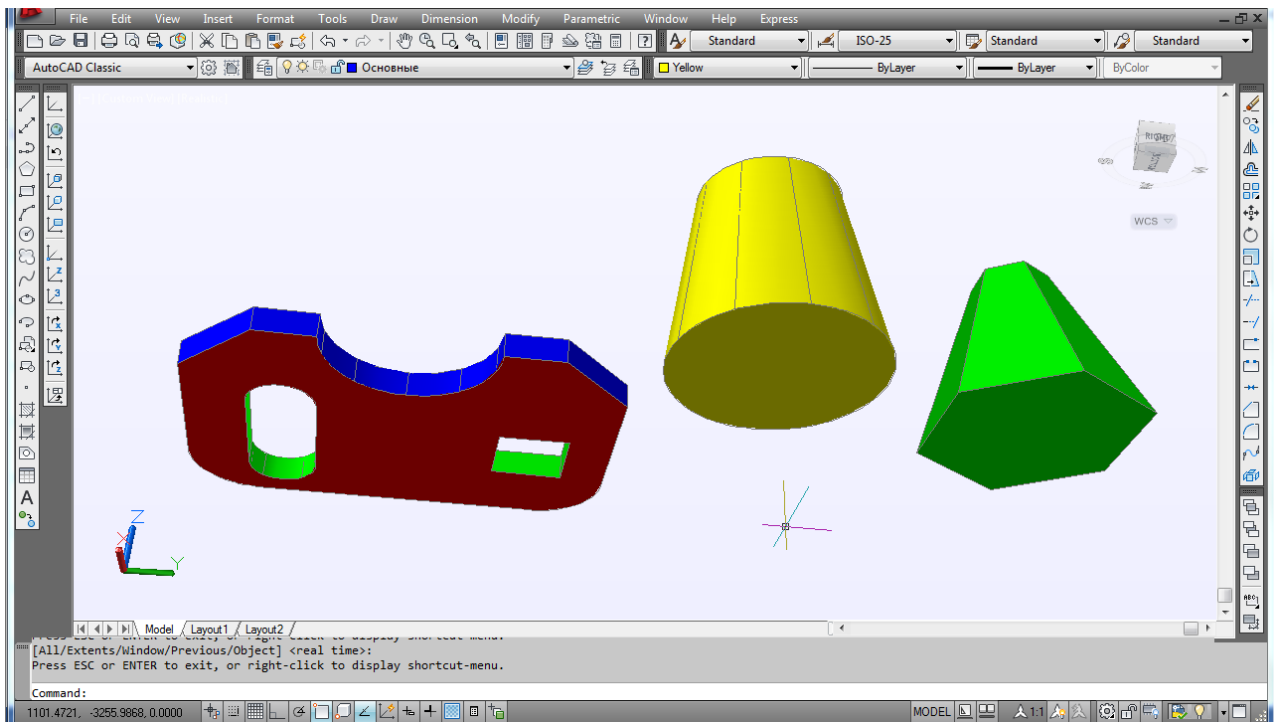


Рис. 24. Команда Extrude (Выдавить) в образовании плоского контура комбинированной формы и опция Taper angle (Угол конусности)

Команда Revolve (Вращать) формирует твердотельные объекты путем вращения существующих двумерных объектов или областей на заданный угол вокруг оси X или Y текущей ПСК. Команда вызывается из падающего меню Draw/ Modeling (Рисование/ Моделирование) или щелчком мыши по пиктограмме Revolve (Вращать) на панели инструментов Modeling (Моделирование) или щелчком мыши по пиктограмме Revolve (Вращать) на панели инструментов Modeling (Моделирование).

Запросы команды Revolve (Вращать):

Current wire frame density: ISOLINES – 20 – текущая плотность каркаса;

Select objects: – выбрать объекты;

Select objects: – нажать клавишу Enter по завершении выбора объектов;

Specify start point for axis of revolution or define axis by [Object/X (axis)/Y (axis)]: – указать начальную точку оси вращения;

Specify angle of revolution <360>: – указать угол вращения.

Объект можно вращать вокруг отрезка, полилинии или двух заданных точек. Как и Extrude (Выдавить), команду Revolve (Вращать) удобно применять к объектам, имеющим сопряжения и другие аналогичные элементы, которые трудно воспроизвести, не используя вращение сечений. Если рисунок сечения состоит из отрезков и дуг, то перед вызовом этой команды их нужно преобразовать либо в замкнутую полилинию с помощью команды Region (Область) в область. Команда Revolve (Вращать) позволяет вращать лишь один объект: полилинию, многоугольник, прямоугольник, круг, эллипс, область. Все замечания касательно полилиний, используемых командой Extrude (Выдавить), спра-

ведливы и здесь. Невозможно применить вращение к объектам, входящим в блоки, а также к трехмерным и самопересекающимся.

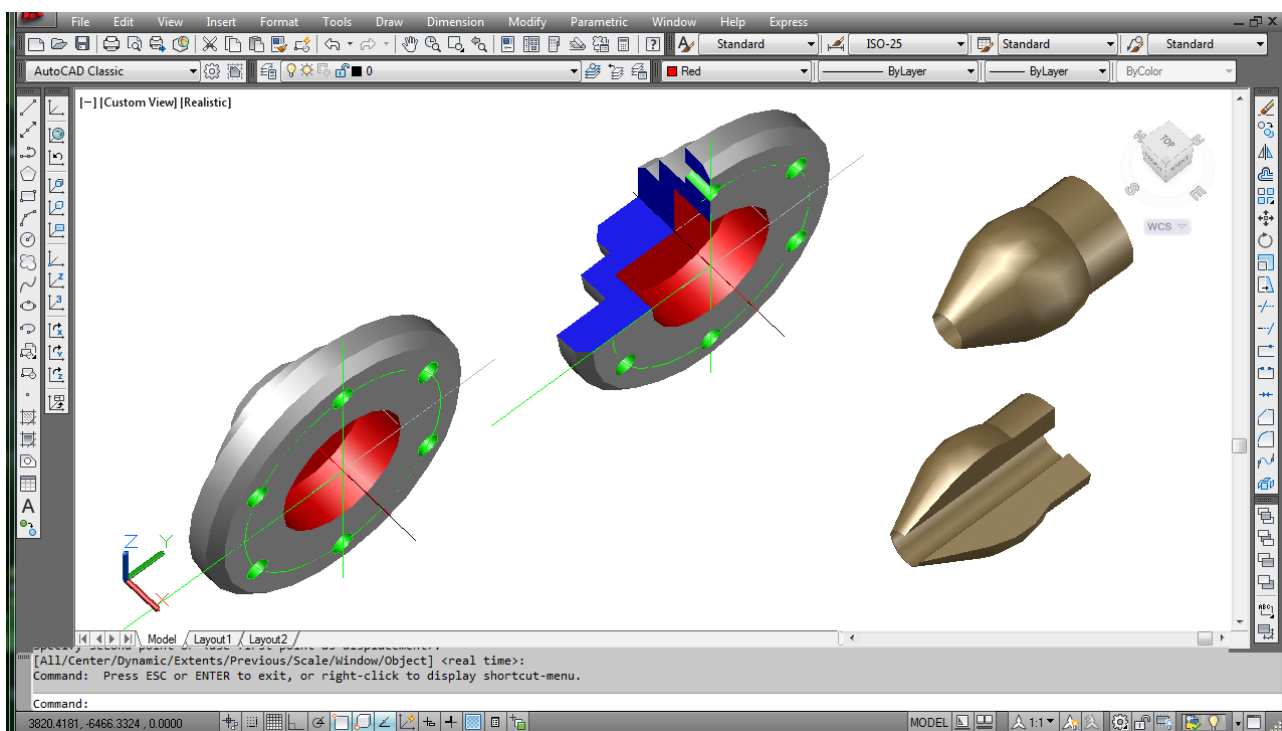


Рис. 25. Варианты выполнения команды Revolve (Вращать)

Варианты команды Revolve (Вращать):

- Object – требует указания отрезка или прямолинейного сегмента полилинии, используемого в качестве оси. Конец этого отрезка (сегмента), ближайший к точке указания, становится началом оси. Ее положительное направление определяется по правилу правой руки. При этом выдается запрос:
- Select an object: – указать объект в качестве оси вращения.
- X – использует в качестве оси вращения положительную ось X текущей ПСК;
- Y – использует в качестве оси вращения положительную ось Y текущей ПСК.

Команда Loft (По сечениям) выполняет построение трехмерного тела или поверхности посредством семейства поперечных сечений. Они определяют форму получаемого тела. В качестве сечений можно использовать замкнутые или разомкнутые круги, дуги, эллиптические дуги, эллипсы, полилинии, 2D сплайны, области, 2D фигуры, которые выполняются предварительно. Если образующее сечение незамкнутое, создается трехмерная поверхность, если образующее сечение замкнутое – строится тело. Не допускается использование семейства поперечных сечений, содержащего одновременно разомкнутые и замкнутые кривые. При использовании команды Loft (По сечениям) необходимо задавать более двух сечений, которые расположены в разных плоскостях.

При запуске команды появляются подсказки:

Select cross section in lofting order: – выбрать образующие поверхность поперечные сечения, выбор завершить клавишей Enter.

Далее, не выходя из режима команды, необходимо выбрать опции:

– Guides (Направляющие).

– Path (Траектория).

– Cross section only (Только поперечные сечения) – используется по умолчанию.

Выбор опции Path (Траектория) обеспечивает более высокую степень контроля формы тела или поверхности при создании. Рекомендуется выбирать криволинейную траекторию, начинающуюся на плоскости первого поперечного сечения и заканчивающуюся на плоскости последнего поперечного сечения. Опция Guides (Направляющие) обеспечивает другой вариант контроля формы тела или поверхности. Направляющие позволяют проверять положение точек на соответствующих поперечных сечениях для предотвращения нежелательных эффектов, например, складок на результирующем теле или поверхности.

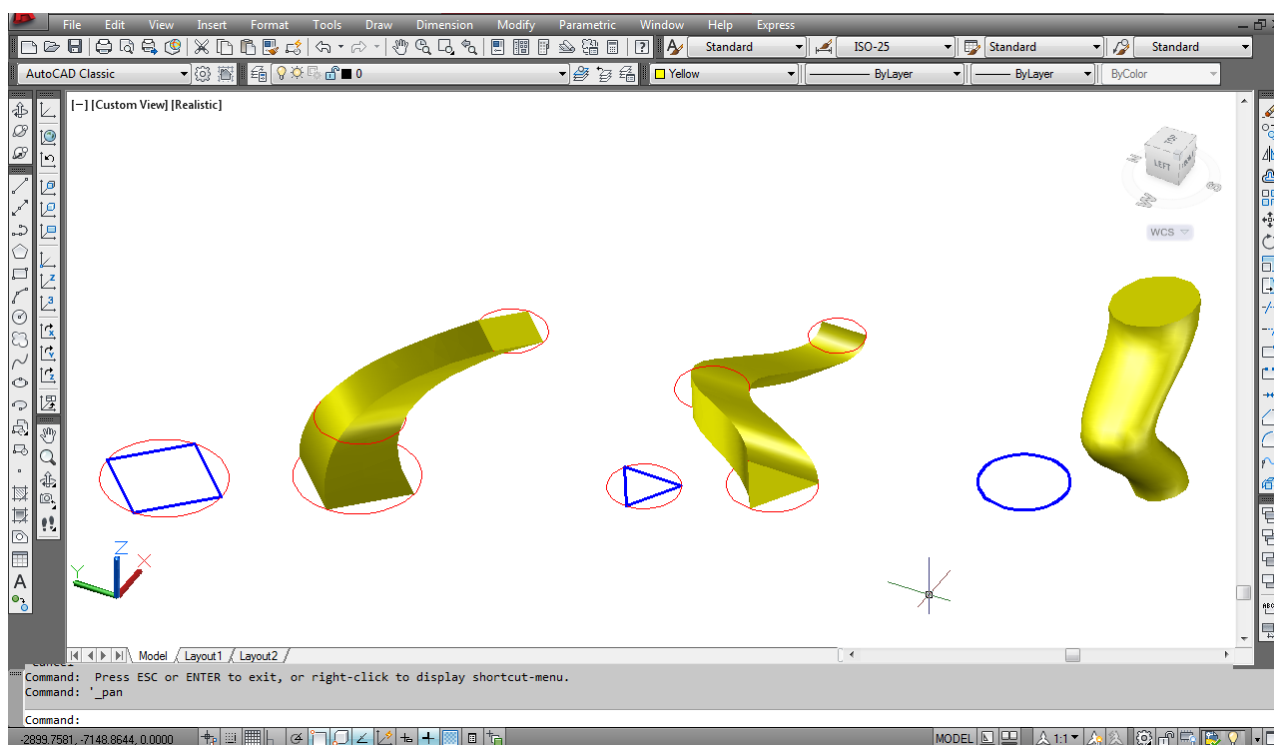


Рис. 26. Варианты выполнения команды Loft (По сечениям)

Возможно редактирование уже созданного командой тела. Для этого необходимо выделить его, подвести указатель мыши к ручке-меню (стрелка с черточкой сверху) рядом с телом и вызвать правой клавишей мыши контекстное меню команды на экран. При этом возможны следующие варианты изменений тела:

Smooth fit (плавная посадка);

Draft angle (угол наклона);

Normal to all section (перпендикулярно ко всем сечениям);

Normal to start section (перпендикулярно к начальному сечению);

Normal to end section (перпендикулярно к конечному сечению);

Close Surface or Solid (замкнуть поверхность или тело).

Команда Sweep (Сдвиг) выполняет построение трехмерной модели сдвигом контура вдоль замкнутой или разомкнутой 2D или 3D траектории. Работа команды подробно описана в разделе «Спирали. Пружины. Резьба».

С помощью команды объединения Union (Объединение) создается сложный объект, который занимает суммарный объем всех его составляющих. С помощью команды вычитания Subtract (Вычитание) из множества тел удаляются те части объема, которые также принадлежат другому множеству. Это можно использовать, например, для получения отверстий в механических деталях путем вычитания цилиндров. С помощью команды пересечения Intersect (Пересечение) строится сложное тело, занимающее объем, общий для двух или более пересекающихся тел. Непересекающиеся части объемов при этом удаляются из рисунка. Перечисленные команды вызываются из падающего меню Modify/ Solids Editing (Редактирование/ Редактирование тел).

Объединение объектов

Команда Union (Объединение) предназначена для объединения объектов. Она позволяет создавать новые составные тела или области из нескольких существующих тел или областей, в том числе не имеющих общего объема или площади (то есть не пересекающихся).

Запросы команды Union (Объединение):

Select objects: – выбрать объекты;

Select objects: – нажать клавишу Enter для завершения работы команды.

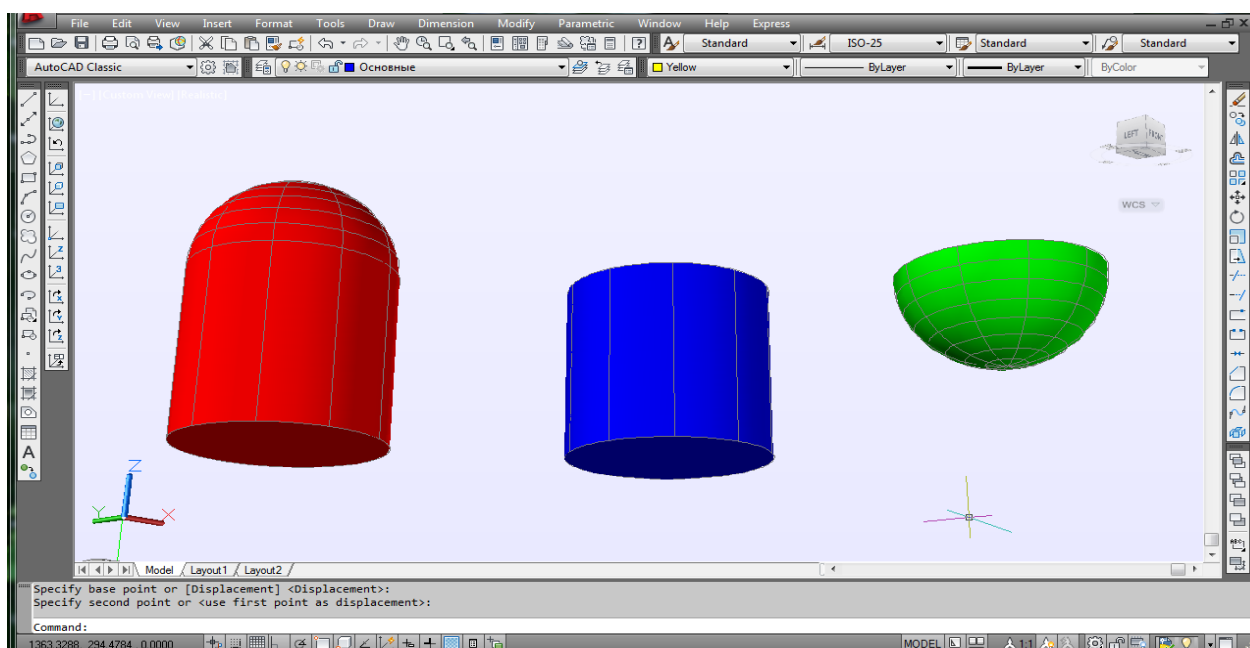


Рис. 25. Варианты выполнения команд Объединение, Вычитание, Пересечение

Вычитание объектов

Команда Subtract (Вычитание) обеспечивает вычитание одного объекта из другого. Таким образом она позволяет сформировать новое составное тело или область. Области создаются путем вычитания площади одного набора областей или двумерных примитивов из площади другого набора. Тела создаются путем вычитания одного набора объемных тел из другого подобного набора.

Запросы команды Subtract (Вычитание):

Select solids and regions to subtract from: – выбрать тела и области, из которых будет выполняться вычитание;

Select objects: – выбрать объекты тела или области;

Select objects: – нажать клавишу Enter для завершения выбора объектов и работы команды.

Пересечение объектов

Команда Intersect (Пересечение) позволяет при пересечении нескольких существующих объектов создать новые составные тела и области.

Запросы команды Intersect (Пересечение):

Select objects: – выбрать объекты;

Select objects: – нажать клавишу Enter для завершения работы команды.

Данные объекты образованы комбинацией трехмерных примитивов, т. е. созданы с применением теоретико-множественных операций, поэтому, по аналогии с логическими функциями, рассмотренные команды часто называют булевыми.

Общие методы редактирования трехмерных объектов

Команды редактирования в двумерном пространстве, например, переноса Move (Перенести), копирования Copy (копировать), поворота Rotate (Повернуть), зеркального отображения Mirror (Зеркало) и размножения массивом Array (Массив), могут использоваться и в трехмерном пространстве. Кроме того, существуют команды редактирования только в трехмерном пространстве, как-то: поворота, создания массива объектов, зеркального отображения, снятия фаски, скругления. Все они вызываются из падающего меню Modify/ 3D Operation (Редактирование/ 3D Операции).

Поворот вокруг оси

В двумерном пространстве команда Rotate (Поворот) производит поворот объекта вокруг указанной точки; при этом направление поворота определяется текущей ПСК. При работе в трехмерном пространстве поворот производится вокруг оси. Ось может определяться следующими способами: указанием двух точек, объекта, одной из осей координат (X, Y или Z) или текущего направления взгляда. Для поворота трехмерных объектов можно использовать как команду Rotate (Поворот), так и ее трехмерный аналог – 3D Rotate (Поворот).

Запросы команды 3D Rotate (Поворот):

Select objects: – выбрать объекты;

Select objects: – нажать клавишу Enter по окончании выбора объектов.

На экране появятся три окружности-обруча, расположенные во взаимно перпендикулярных плоскостях и по цвету соответствующих осям ПСК. Появится следующий запрос:

Pick a rotation axis: – укажите ось вращения (необходимо щелкнуть на окружности, в плоскости которой произойдет вращение, при этом автоматически выделяется соответствующая ось ПСК);

Specify angle start point or type an angle: – указать первую точку угла поворота с помощью «мыши» или численное значение этого угла;

Specify angle end point: – указать вторую точку угла поворота.

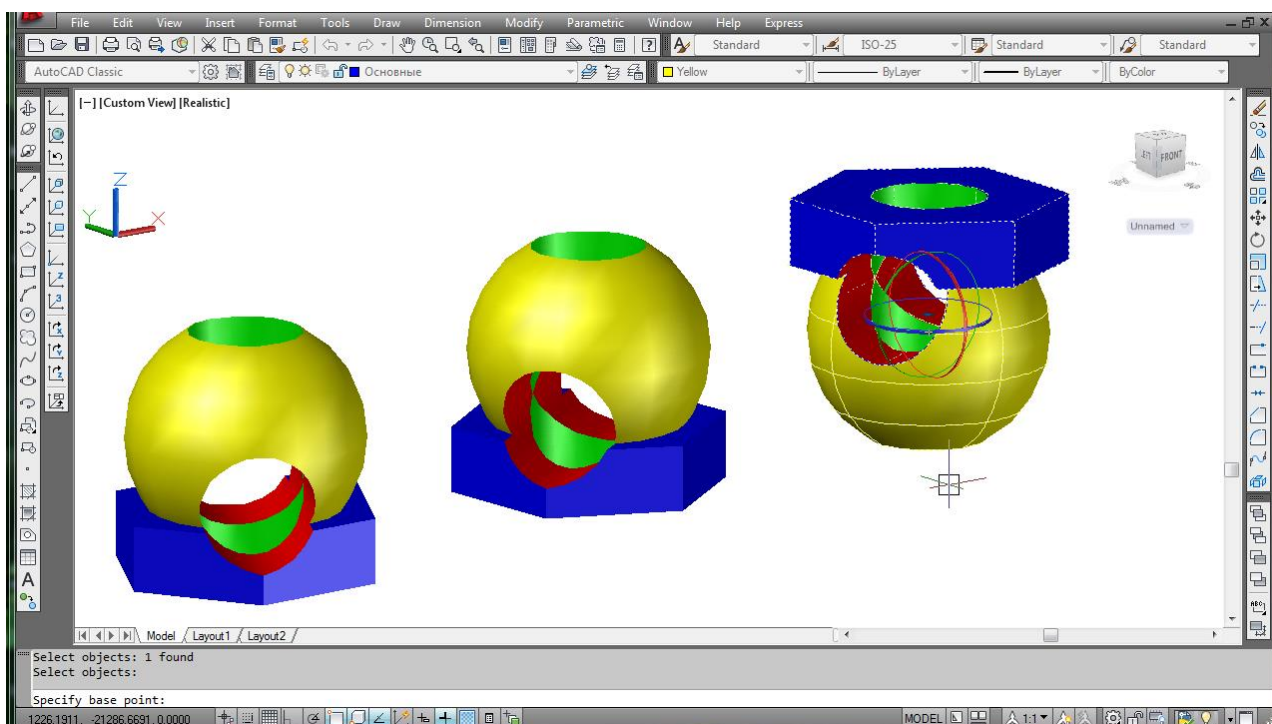


Рис. 26. Пример выполнения команды 3D Rotate (Поворот)

Зеркальное отображение относительно плоскости

Команда 3D Mirror (3D Зеркало) осуществляет зеркальное отображение объектов относительно заданной плоскости.

Запросы команды 3D Mirror (3D Зеркало):

Select objects: – выбрать объекты;

Select objects: – нажать клавишу Enter по окончании выбора объектов;

Specify first point of mirror plane (3 points) or [Object/Last/Zaxis/View/XY/YZ/ZX/3points] <3points>: – указать первую точку плоскости отражения (3 точки);

Specify second point on mirror plane: – указать вторую точку плоскости отражения;

Specify third point on mirror plane: – указать третью точку плоскости отражения;

Delete source objects? [Yes/No] <N>: – сохранить или удалить исходные объекты.

Ключи команды 3D Mirror (3D Зеркало):

- Object – отображение относительно выбранного плоского объекта: отрезка, окружности, дуги или сегмента двумерной полилинии;
- Last – отображение относительно плоскости, использовавшейся в предыдущей команде отображения;
- Zaxis – отображение относительно плоскости, заданной двумя точками, первая из которых лежит на плоскости, а вторая определяет вектор нормали к плоскости;
- View – плоскость отражения ориентируется согласно плоскости взгляда текущего видового экрана, проходящей через указанную точку;
- XY, YZ, ZX – плоскость отражения ориентируется вдоль одной из стандартных плоскостей (XY, YZ или ZX), проходящей через указанную точку;
- 3point – отображение относительно плоскости, проходящей через три заданные точки.

Плоскость отображения может представлять собой:

- плоскость построения двумерного объекта;
- плоскость, параллельную одной из плоскостей координат (XY, YZ или XZ) текущей ПСК и проходящую через заданную точку;
- плоскость, определяемую тремя указанными точками.

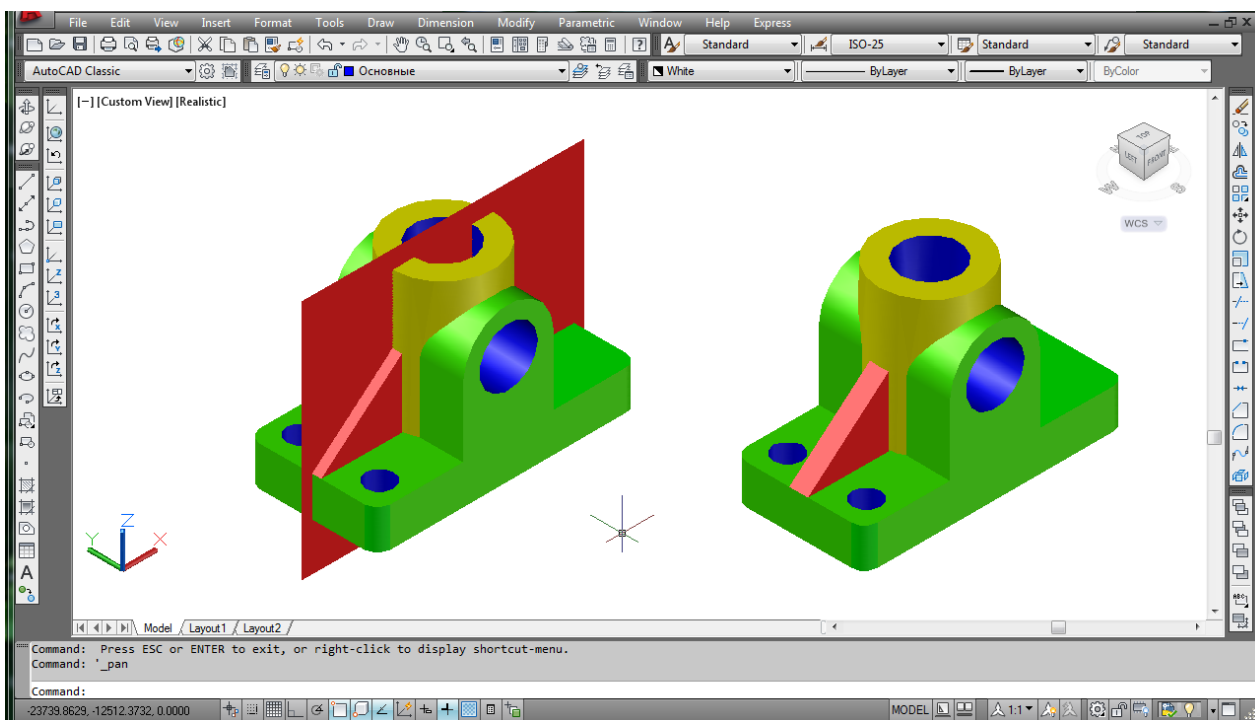


Рис. 27. Выполненное комбинированное тело – результат работы с командой 3D Mirror (3D Зеркало)

Размножение трехмерным массивом

Команда 3D Array (3D Массив) позволяет создавать прямоугольный и круговой массивы объектов в трехмерном пространстве. Отличие от аналогичной команды, применяемой в двумерном моделировании, состоит в том, что при создании прямоугольного массива объектов, кроме количества столбцов и строк, запрашивается (задается вдоль направления оси Z) количество уровней, а при создании кругового массива вместо центра вращения используется ось вращения, начальную и конечную точки которой следует указать в ответ на запросы.

Запросы команды 3D Array (3D Массив):

Select objects: – выбрать объекты;

Select objects: – нажать клавишу Enter по окончании выбора объектов;

Enter the type of array [Rectangular/Polar] <R>: – указать тип массива (прямоугольный массив заложен по умолчанию);

Enter the number of rows () <1>: – указать количество рядов массива;

Enter the number of columns (I I I) <1>: – указать количество столбцов массива;

Enter the number of levels (..) <1>: – указать количество уровней массива;

Specify the distance between rows () : – указать расстояние между рядами;

Specify the distance between columns (III) : – указать расстояние между столбцами;

Specify the distance between rows () : – указать расстояние между рядами;

Specify the distance between columns (III) : – указать расстояние между столбцами;

Specify the distance between levels (..) : – указать расстояние между уровнями.

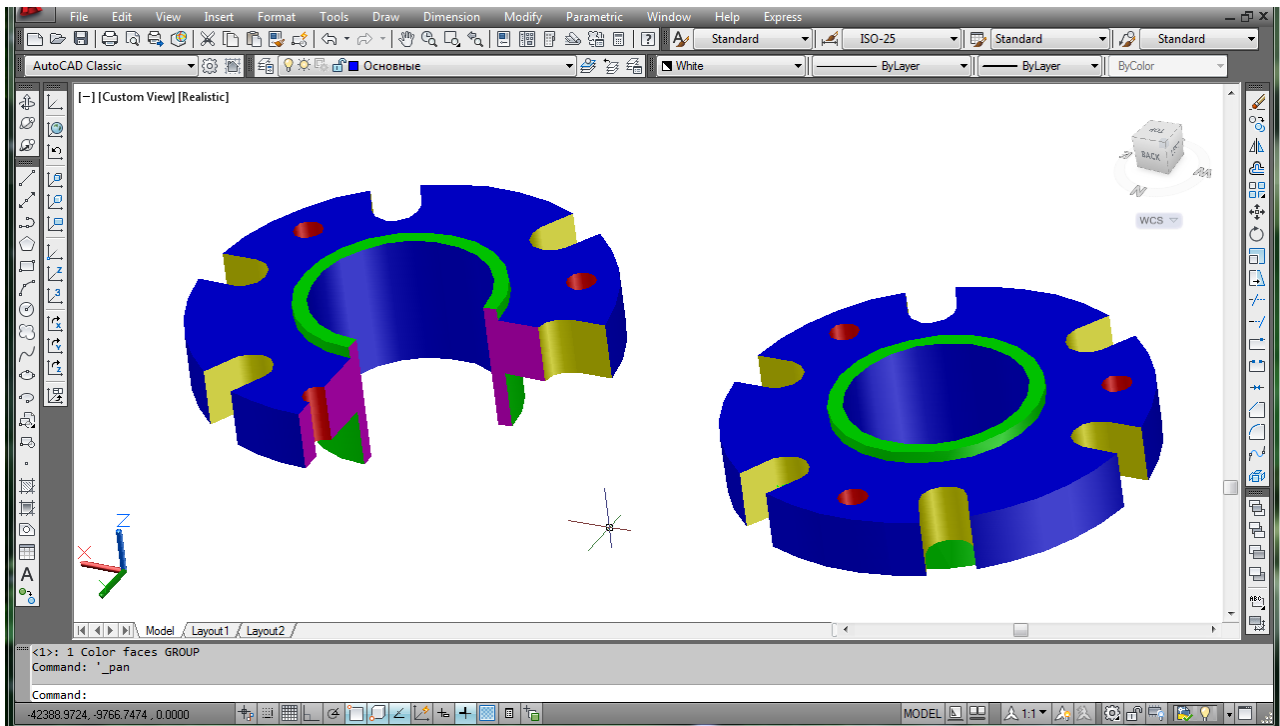


Рис. 28. Пример построения машиностроительной детали типа «крышка», выполненной с применением команды 3D Array (3D Массив)

Для формирования кругового массива следует выбрать вариант команды ключ Polar (Круговой). При этом команда выдает следующие запросы:

Select objects: – выбрать объекты;

Select objects: – нажать клавишу Enter по окончании выбора объектов;

Enter the type of array [Rectangular/Polar] <R>: P – выбрать круговой тип массива;

Enter the number of items in the array: – указать количество элементов массива;

Specify the angle to fill l (+=ccw, -=cw) <360>: – определить угол заполнения;

Rotate arrayed objects? [Yes/No] <Y>: – указать, следует ли поворачивать объекты массива;

Specify center point of array: – указать первую точку оси вращения;

Specify second point on axis of rotation: – указать вторую точку оси вращения.

Выравнивание трехмерных объектов

Команда 3D Align (3D Выравнивание) вызывается из падающего меню раздела Modify/ Solid Editing (Редактирование/ Редактирование тел) или щелчком мыши на соответствующей пиктограмме инструментальной панели Modify (Редактирование). Позволяет совмещать построенные объекты в одной плоскости или копировать их. После выбора базовой поверхности запросы команды 3D Align (Выравнивание) следующие:

Specify source plane: – укажите исходную плоскость;

Specify destination plane and orientation: – укажите плоскость назначения и ее ориентацию.

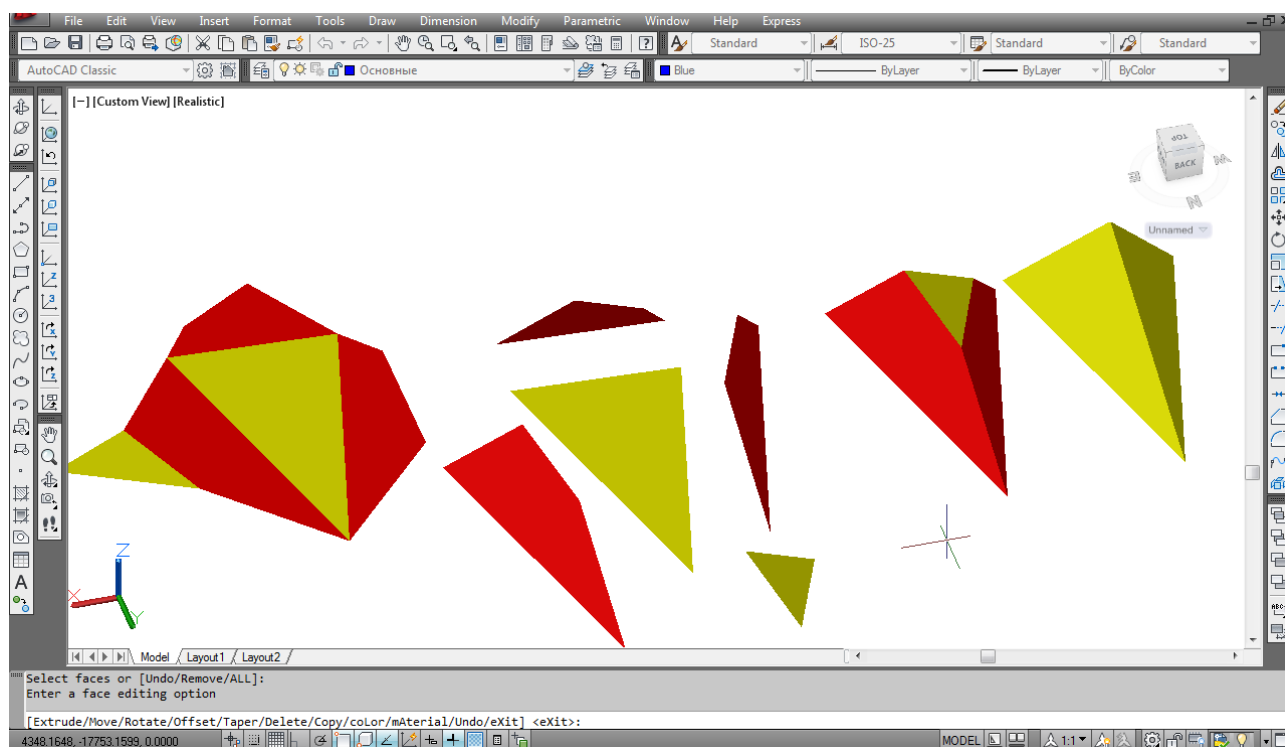


Рис. 29. Пример выполнения развертки поверхности неправильной пирамиды с применением команды 3D Align (3D Выравнивание)

Для соблюдения точности построений все указания точек плоскости в соответствии с запросами команды необходимо выполнять при включенном режиме объектной привязки.

Обрезка и удлинение трехмерных объектов

Любой трехмерный объект можно обрезать либо удлинить до другого объекта независимо от того, лежат ли они оба в одной плоскости и каким кромкам параллельны: режущим или граничным.

Чтобы произвести обрезку (удлинение) следует выбрать одну из трех проекций: плоскость XY текущей ПСК, плоскость текущего вида или реальное трехмерное пространство.

Чтобы данные операции были выполнены успешно, объекты должны пересекаться с граничными кромками в пространстве, иначе в результате обрезки (удлинения) с проецированием на плоскость XY текущей ПСК новые границы объектов могут не соответствовать указанным кромкам в пространстве.

Осуществляется командами TRIM (Обрезать) и EXTEND (Удлинить) раздела падающего меню Modify/ Surface Editing (Редактирование/ Редактирование поверхностей).

Снятие фасок на ребрах

Команда Chamfer edges (Фаска ребер) осуществляет снятие фасок (скашивание) на пересечениях смежных граней тел, как и в двумерном пространстве. Команда вызывается из падающего меню раздела Modify/ Solid Editing (Редактирование/ Редактирование тел) или щелчком мыши на соответствующей пиктограмме инструментальной панели Modify (Редактирование). При использовании команды необходимо вначале выбрать базовую поверхность, затем ввести размеры фаски и выбрать ребра.

Запросы команды Chamfer edges (Фаска ребер):

(TRIM mode) Current chamfer Dist1 = 10.0000, Dist2 = 10.0000 – режим с обрезкой, параметры фаски;

Select first line or [Polyline/Distance/Angle/Trim/Method]: – выбрать первый отрезок;

Base surface selection: – выбирается базовая поверхность;

Enter surface selection option [Next/OK (current)] <OK>: – нажать клавишу Enter, если подсвечена нужная поверхность. Если требуется другая поверхность, следует ввести N, для того чтобы подсветить смежную поверхность, а затем нажать клавишу Enter;

Specify base surface chamfer distance <10.0000>: – указать длину фаски для базовой поверхности;

Specify other surface chamfer distance <10.0000>: – указать длину фаски для другой поверхности;

Select an edge or [Loop]: – указать ребро;

Select an edge or [Loop]: – указать ребро;

Select an edge or [Loop]: – нажать клавишу Enter для завершения работы команды.

Ребра можно выбирать индивидуально либо сразу все, если использовать опцию Loop и затем указать любое ребро.

Сопряжение ребер

Команда Fillet edges (Сопряжение ребер) осуществляет плавное сопряжение (скругление) граней, как и в двумерном моделировании. Для скругления тел можно воспользоваться несколькими способами. Во-первых, так же, как и для плоских объектов, можно задать радиус и затем указать ребра. Второй путь – указать радиус скругления для каждого ребра. И, наконец, еще один способ – скруглять последовательность касательных ребер. Команда вызывается из падающего меню раздела Modify/ Solid Editing (Редактирование/ Редактирование тел) или щелчком мыши на соответствующей пиктограмме инструментальной панели Modify (Редактирование).

Запросы команды Fillet edges (Сопряжение ребер):

Current settings: Mode = TRIM, Radius = 10. – текущие настройки: режим и радиус сопряжения;

Select first object or [Polyline/Radius/Trim]: – выбрать первый объект;

Enter fillet radius < 10 >: – указать радиус сопряжения;

Select an edge or [Chain/Radius]: – выбрать ребро;

Select an edge or [Chain/Radius]: – выбрать ребро;

Select an edge or [Chain/Radius]: – нажать клавишу Enter для завершения работы команды.

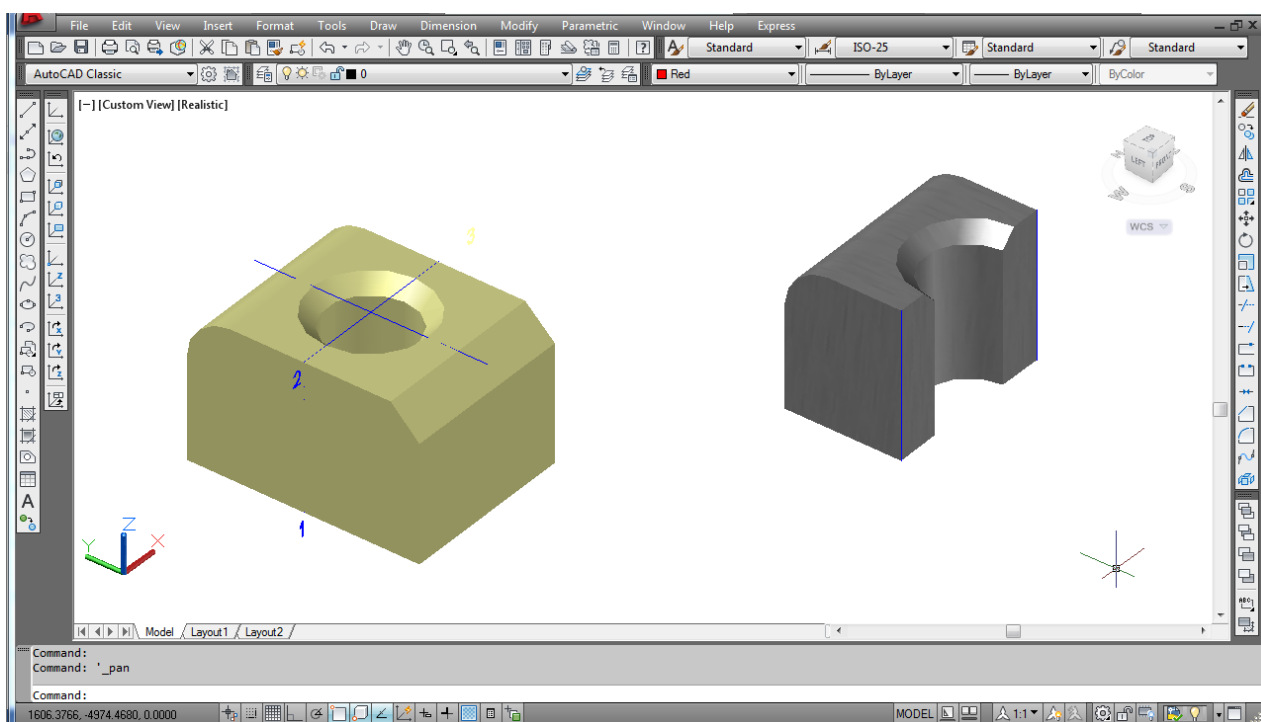


Рис. 30. Пример выполнения команд, позволяющих снимать фаски и сопрягать ребра

Если нажать клавишу Enter на первый запрос Select an edge or (Выбрать ребро или), то ранее выбранное ребро скруглится, и работа команды завершится. Но можно выбрать одно за другим еще несколько ребер. При этом допускается установить новый радиус перед выбором следующего ребра, используя вариант Radius (Радиус), или задать последовательность касательных ребер, используя ключ Chain (Цепь).

Расширенные методы редактирования трехмерных объектов

Созданные твердотельные модели в связи с особенностями их образования нельзя редактировать используя метод «ручек»: растягивать, модифицировать грани и ребра и т. д. Для этих целей предусмотрена панель инструментов Solids Editing (Редактирование тел) со следующими командами:

- Extrude Faces (Выдавить грани) – позволяет создавать новые тела путем выдавливания плоских фигур или граней уже созданных тел на заданную глубину или вдоль траектории;
- Move Faces (Перенести грани) – осуществляет перенос граней на заданное расстояние;
- Offset Faces (Сместить грани) – производит равномерное смещение граней тела на заданное расстояние или до указанной точки; положительная величина смещения увеличивает объем тела, отрицательная величина – уменьшает;
- Delete Faces (Удалить грани) – удаляет грани тела вместе с сопряжениями и фасками; тем не менее нельзя, удалив грани параллелепипеда, превратить его в тетраэдр;
- Rotate Faces (Повернуть грани) – осуществляет поворот граней вокруг заданной оси;
- Taper Faces (Свести грани на конус) – позволяет создать вершинную поверхность, сводит грани тела под заданным углом в определенном направлении;
- Copy Faces (Копировать грани) – создает копии граней тела в виде областей или твердотельных оболочек;
- Color Faces (Изменить цвет граней) – изменяет цвет отдельных граней;
- Copy Edges (Копировать ребра) – создает копии ребер твердотельной модели в виде отрезков, дуг, окружностей, эллипсов или сплайнов;
- Color Edges (Изменить цвет ребер) – позволяет присваивать отдельным ребрам индивидуальные цвета;
- Imprint (Клеймить) – позволяет создавать отпечаток или клеймо на грани;
- Clean (Упростить) – очищает твердотельную модель от избыточных ребер и вершин, удаляет клеймо на грани;
- Separate (Разделение) – отменяет объединение тел, созданных с помощью команды Union (Объединить);
- Shell (Оболочка) – создает полую тонкостенную оболочку заданной толщины;

- Check (Проверка) – позволяет выполнять проверку, является ли объект допустимым телом.

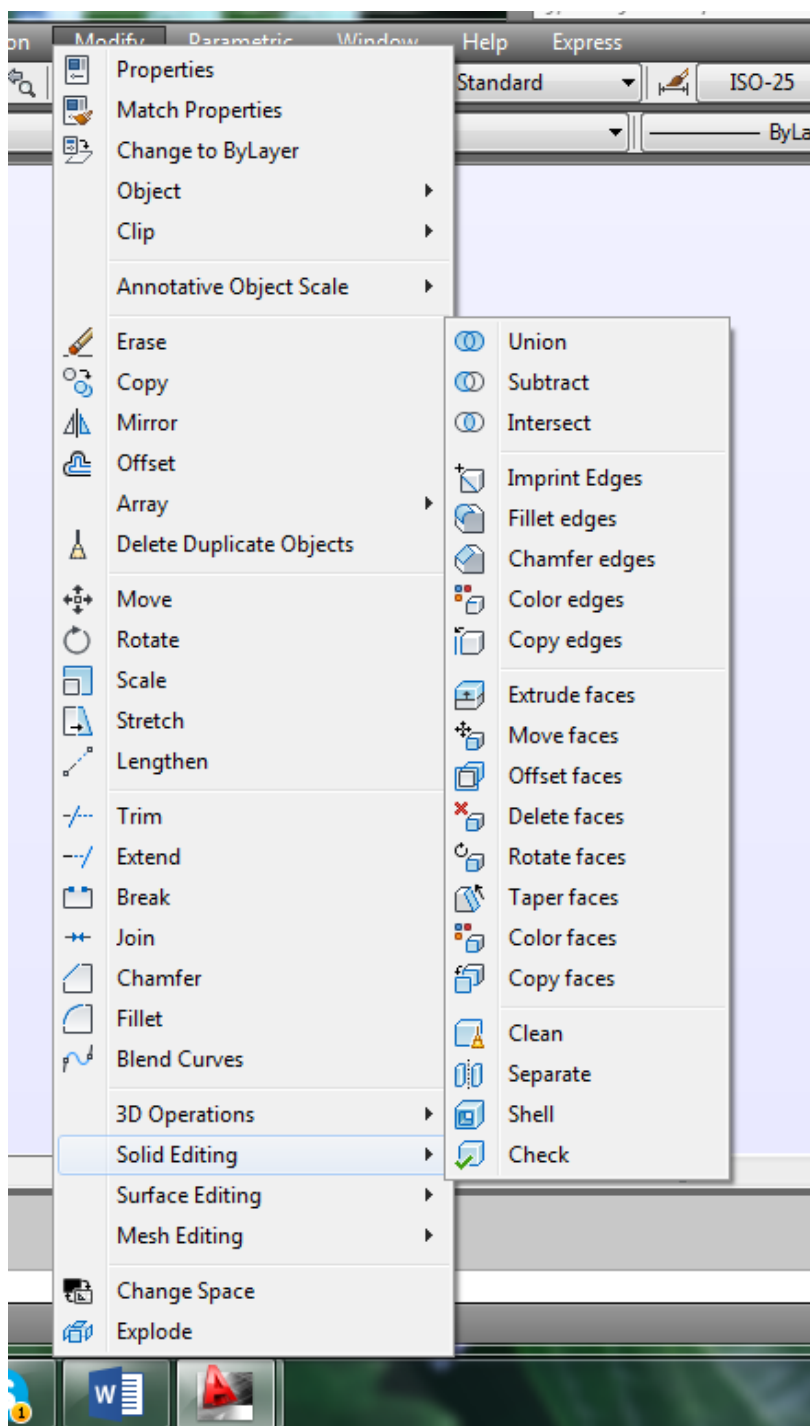


Рис. 31. Панель Solids Editing (Редактирование тел) с командами редактирования твердотельных моделей

Режимы отображения трехмерных объектов

Режим отображения – это набор параметров, который управляет отображением кромок и теней на видовом экране. Вместо использования команд и установки системных переменных можно изменять свойства режима отображе-

ния. Для трехмерных объектов предусмотрено несколько режимов отображения, которые можно выбрать командой Visual Styles (Стили отображения) раздела View (Вид) или на панели инструментов Визуальные стили.

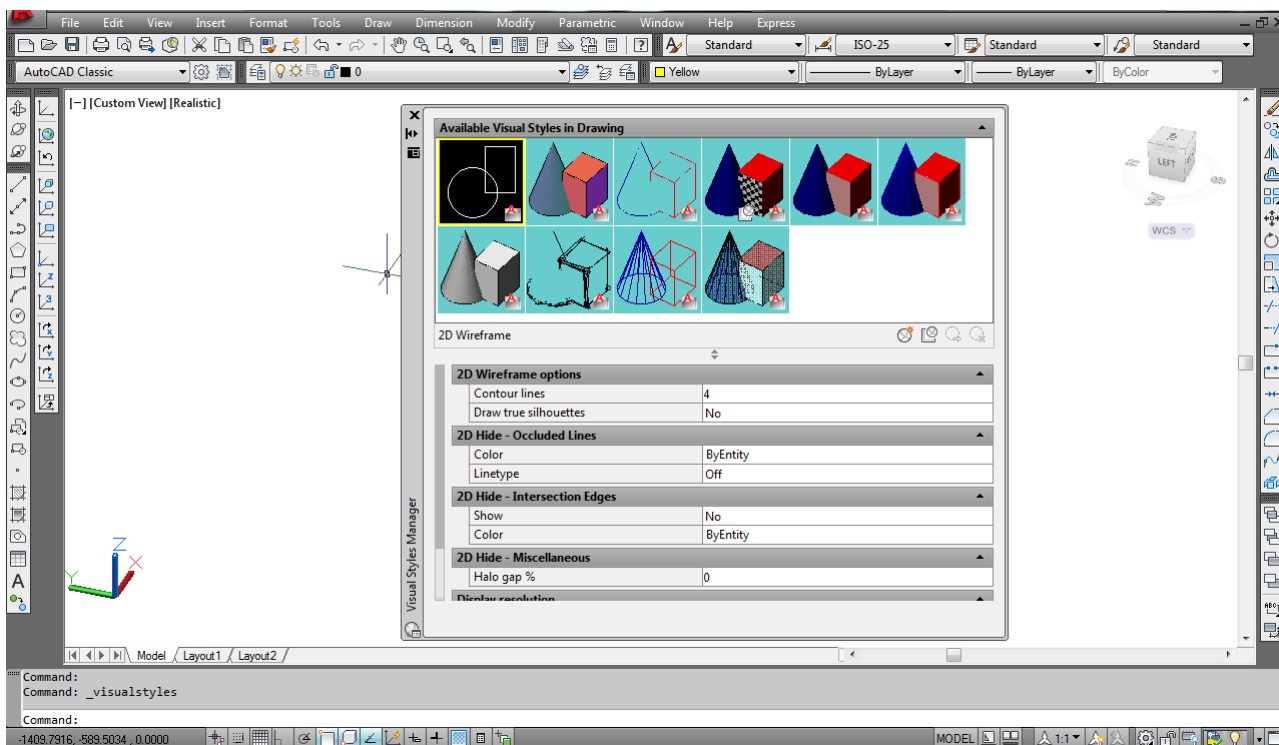


Рис. 32. Выбор режимов отображения трехмерных объектов

2D Wireframe (2D каркас) – объекты представляются в виде отрезков и кривых, как кромки граней и тел, учитываются типы линий и их толщина.

Hidden (Скрытый) – объекты представляются в каркасном виде, но линии, относящиеся к задним граням, не отображаются.

Realistic (Реалистичный) – раскрашиваются объекты и сглаживаются кромки между гранями многоугольников, отображаются типы материалов твердотельных объектов (рис. 33).

Conceptual (Концептуальные) – раскрашиваются объекты и сглаживаются кромки между гранями многоугольников. Для раскрашивания используется стиль грани Гуч с переходом не от тени к свету, а между холодным и теплым цветовыми тонами. Этот эффект менее реалистичен, но он лучше отображает подробности модели.

Shaded (Затемненный) – объект раскрашивается полутонами с мягким освещением.

Shaded of Gray (Затемненный с оттенками серого) – объект раскрашивается полутонами серого цвета с мягким освещением.

Shaded with edges (Затемненный с выделенными кромками) – объект раскрашивается полутонами серого цвета с мягким освещением, но с четко выделенными кромками граней.

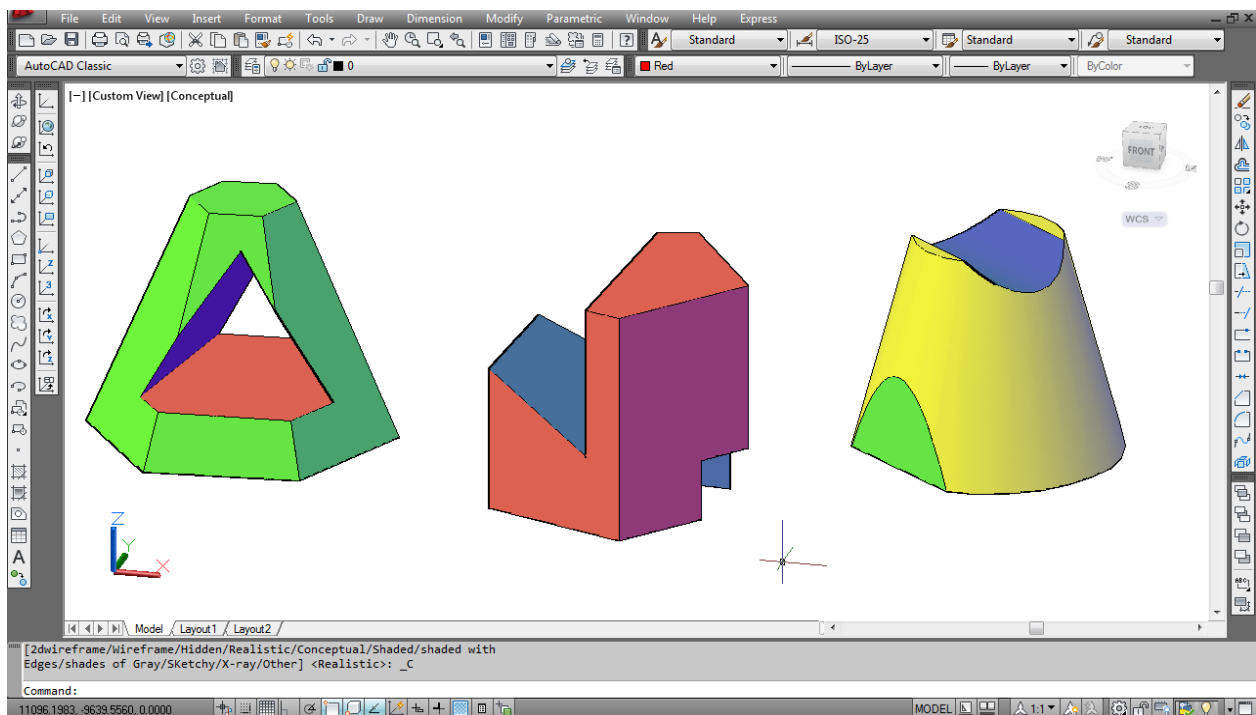


Рис. 33. Концептуальный режим отображения трехмерных объектов

Sketchy (Эскиз) – объект отображается в виде наброска, выполненного «от руки» (рис. 34);

X-Ray (Просвечивание) – объект отображается частично прозрачным.

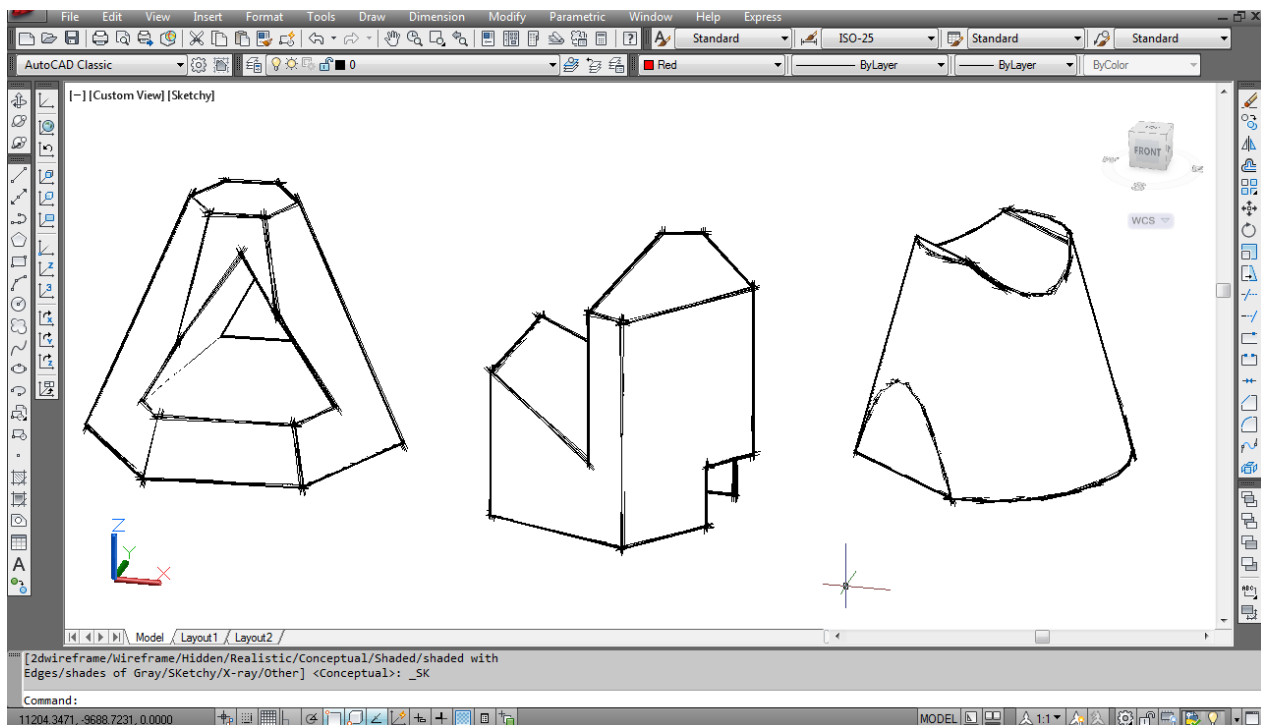


Рис. 34. Эскизный режим отображения трехмерных объектов

Каждому видовому экрану может быть назначен свой визуальный стиль отображения объекта.

Подавление скрытых линий

Чтобы в процессе разработки дизайна и по окончании формирования трехмерных поверхностных и твердотельных объектов улучшить их отображение, используют команду раздела View (Вид) – Hide (Скрыть). Эта команда обеспечивает создание рисунка без скрытых линий. Сложные трехмерные модели часто оказываются перегруженными, что затрудняет их чтение и просмотр результатов выполнения какой-либо команды на объекте. Эта команда интерпретирует окружности, фигуры, полосы, широкие сегменты полилиний, трехмерные грани, выдавленные края примитивов как непрозрачные поверхности, скрывающие объекты, которые лежат за ними. Пока невидимые линии не подавлены или не произведено окрашивание, тела отображаются в виде каркаса. При таком представлении поверхность тела аппроксимируется ребрами граней и образующими линиями кривых поверхностей. Количество образующих задается значением системной переменной Isolines, название которой можно набрать в зоне командной строки и увеличить при необходимости число образующих, установленных по умолчанию (как правило 4) для лучшего восприятия одиночной модели.

Просмотр трехмерных моделей

В разделе View (Вид) необходимо выбрать режим Orbit (Орбита), который служит для просмотра построенного трехмерного объекта и установки точки зрения. При использовании данного инструмента пользователь как бы вращается вокруг пространственной модели, что позволяет рассмотреть ее под различными углами. В этом режиме нельзя использовать другие команды для редактирования объекта.

В AutoCAD применяются три разновидности режимов данного инструмента. Кроме команды Orbit (Вращение), который запускается по умолчанию, имеются три других опции: Constrained Orbit (Ограниченное вращение), Free Orbit (Свободное вращение) и Continuous Orbit (Непрерывное Вращение).

Выбор первой опции используется по умолчанию. Вращение при этом будет происходить только относительно горизонтальной и вертикальной осей.

При выборе второй опции на экране появляется окружность, которая делит графическую зону на несколько областей. При перемещении указателя из одной области в другую он изменяет свой внешний вид. Таким образом AutoCAD извещает пользователя о том, что изменился способ вращения модели, то есть программа будет по-разному реагировать на движения указателя мыши в зависимости от того, в какой области он находится.

Рассмотрим различные способы вращения модели.

Поворот в режиме круговой стрелки. Выведите указатель за внешний контур орбиты. Он примет вид круговой стрелки с точкой в центре. Если теперь перемещать указатель, удерживая нажатой левую кнопку мыши, то объекты, находящиеся на экране, будут вращаться вокруг воображаемой оси, проходящей через центр окружности перпендикулярно плоскости чертежа. Отпустив кнопку мыши, можно зафиксировать полученный вид модели.

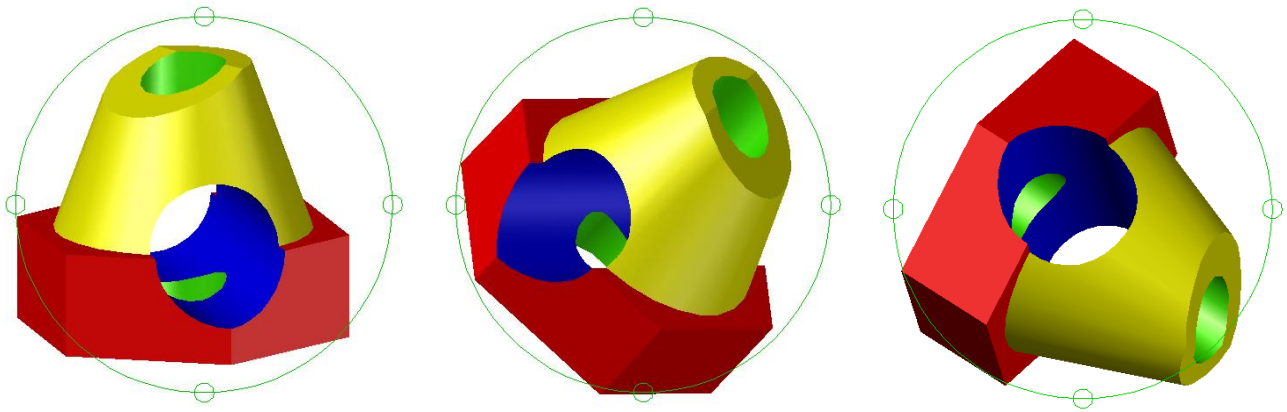
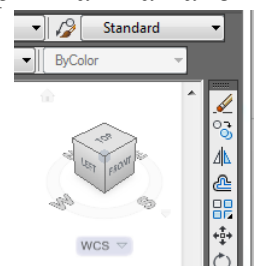


Рис. 35. Пример использования орбитального кольца

Поворот в режиме сферы с линиями. Если переместить указатель внутрь окружности, то он приобретет вид двух эллипсов со стрелками, расположенных в перпендикулярных плоскостях. Теперь, перемещая указатель при нажатой кнопке мыши, можно добиться вращения модели вокруг оси, лежащей в плоскости экрана и проходящей через центр окружности перпендикулярно направлению перемещения указателя. Например, если в данном режиме перемещать указатель в горизонтальном направлении, то модель будет вращаться вокруг вертикальной оси, проходящей через центр окружности. Последние два режима хороши тем, что независимо от того, в каком направлении будет перемещаться мышь, вращение будет происходить только в одной плоскости – вертикальной или горизонтальной.

Чтобы быстро переключиться в режим Free Orbit (Свободное вращение), находясь в режиме Constrained Orbit (Ограниченное вращение), необходимо нажать и удерживать клавишу Shift.

После выбора опции Continuous Orbit (Непрерывное Вращение) необходимо задать направление вращения модели. Для этого нужно, удерживая нажатой левую кнопку мыши, указать то направление, которое необходимо. Заданное вращение будет выполняться в автоматическом режиме. Для окончания вращения модели нажмите клавишу Esc или щелкните кнопкой мыши. Для возвращения в исходный вид объекта (до вращения) необходимо в пиктограмме «куба» в правом верхнем углу экрана нажать на символ домика.



Обход модели (Walk). Дополнительная функция, позволяющая выполнять перемещение в плоскости XOY, рассматривая модель с точки зрения обозревателя. При запуске данной команды раскрывается инструментальная палитра Position Locator (Локатор положения), в которой воспроизводится вид сверху на модель. Указатель положения (в виде красного круга) отображает текущую позицию в привязке к модели, а указатель цели (зеленая стрелка в треугольнике) отображает модель, по которой выполняется обход. Возможно редактирование текущих установок в окне Position Locator (Локатор положения) или перед запуском команды или во время перемещения по модели. Для выполнения обхода по чертежу можно использовать перемещения «мышью» и стандартный набор

клавиш: четыре клавиши «стрелка», клавиши W, A, S и D, осуществляющие движения вверх, вниз, влево или вправо.

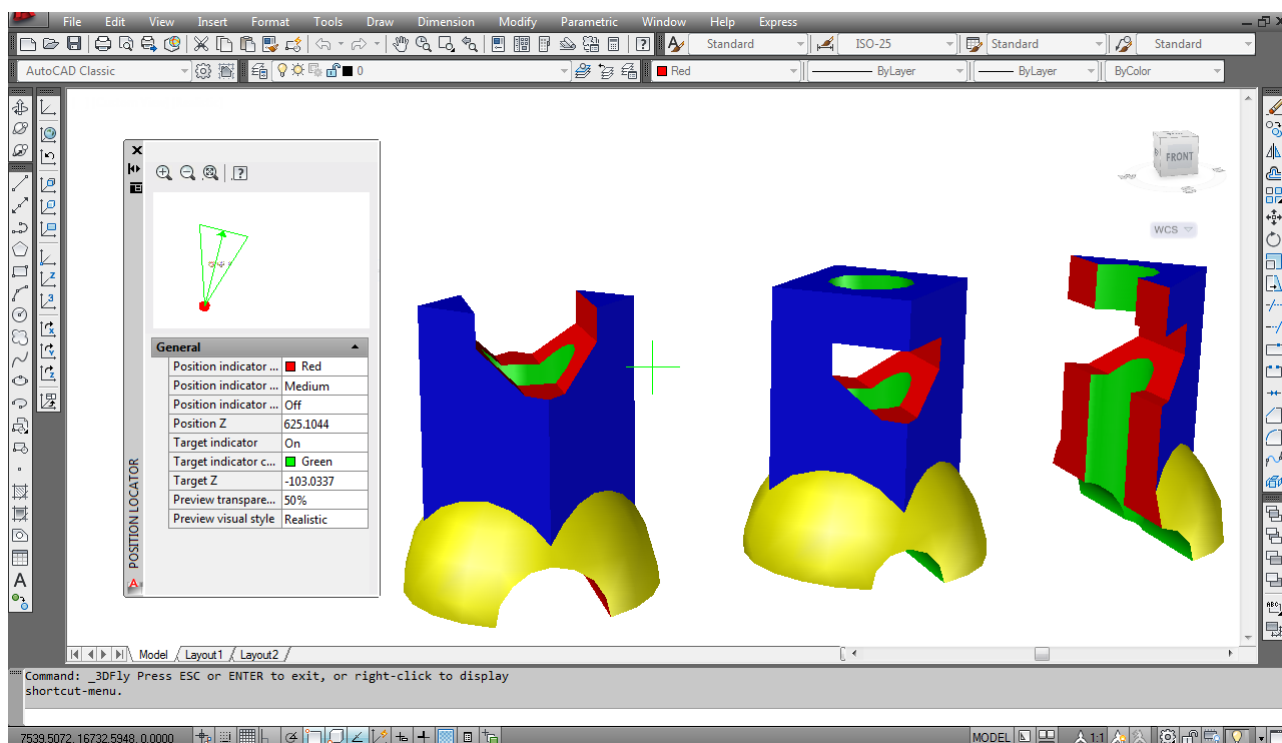


Рис. 36. Пример использования режимов Обхода или Облета модели

Облет модели (Fly) аналогичен предыдущей рассмотренной функции. Этот режим не ограничивается перемещением в плоскости XY, поэтому создается ощущение «полета» над поверхностью модели. Переключение между режимами обхода и облета осуществляется нажатием клавиши F. Чтобы указать направление вида, пользователь должен перетащить мышью в требуемом направлении просмотра. Для изменения параметров отображения (количество шагов в секунду, размер шага по умолчанию и т. д.) необходимо включить диалоговое окно Walk and Fly settings (Параметры обхода и облета).

Можно создавать анимацию предварительного просмотра любого перемещения, включая обход и облет чертежа. Перед разработкой анимации перемещения по траектории необходимо сформировать образец предварительного просмотра с целью точной ее настройки. Созданную анимацию можно записывать, воспроизводить и сохранять.

Управление стилем отображения трехмерных объектов (параллельная и перспективная проекции)

Если, активизировав команду Orbit (Вращение), щелкнуть правой клавишей мыши на свободном поле чертежа, появится контекстное меню, в котором можно не только изменить масштаб изображения, зафиксировать это изображение, присвоив ему новое имя (Named Views/ Именованные виды), изменить ва-

риант раскрашивания модели, но и установить стиль отображения трехмерного объекта: параллельную проекцию или перспективу (Parallel – Perspective).

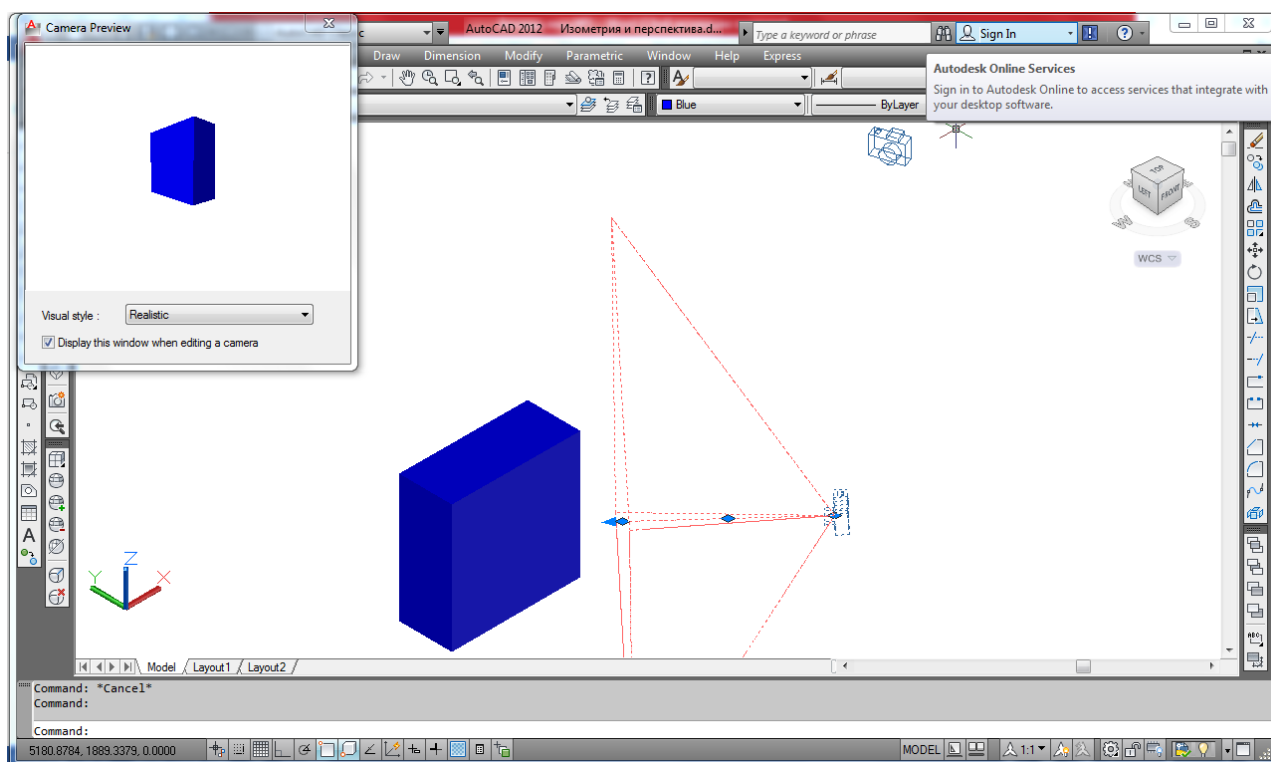


Рис. 37. Создание перспективной проекции

Если подвести указатель мыши к пиктограмме «куба» в правом верхнем углу экрана и нажать правую клавишу мыши, то в появившемся контекстном меню также можно изменить стиль отображения трехмерного объекта: параллельную проекцию или перспективу (Parallel – Perspective). Здесь же возможно задать тот вид изображения объекта, который будет являться базовым и к которому можно будет всегда вернуться после всех манипуляций с помощью команды Home (Исходное состояние). Это меню также позволяет изменять базовый вид командой Set Current as Home (Установить текущее изображение объекта исходным состоянием).

Важно при этом называть получаемые виды, чтобы была возможность возвращаться к ним и восстанавливать их изображение на чертеже командой Named Views (Именованные виды).

Для непосредственного построения перспективного изображения необходимо воспользоваться командой Create Camera (Создать Камеру), выбрав ее или в виде команды в падающем меню View (Вид), или в виде пиктограммы на панели инструментов View (Вид). Эту панель можно установить пользователю на рабочее поле для удобства построений, выбрав из набора стандартных панелей, которые предлагает AutoCAD.

При включении этой команды на рабочем поле чертежа появляется динамическая пиктограмма камеры, положением которой можно управлять, удерживая левую кнопку мыши. Щелчком этой кнопки фиксируется положение камеры в пространстве, т. е. определяется точка зрения на трехмерную модель.

Далее, удерживая нажатой эту же кнопку, указываем цель, т. е. координаты центра вида Target (Цель) и фокусное расстояние Distance (Расстояние), которое определяет свойства камеры. Чем больше фокусное расстояние объектива, тем ближе поле зрения. Выполнение команды клавишей Enter (Ввод). Для того, чтобы увидеть результат установки камеры и изображение построенной перспективы, необходимо еще раз щелкнуть левой клавишей мыши на пиктограмме камеры. При этом откроется окно предварительного просмотра выполнения команды в левом углу. Меняя положение камеры, цели и фокусного расстояния в окне предварительного просмотра получаем полноценное изображение перспективы.

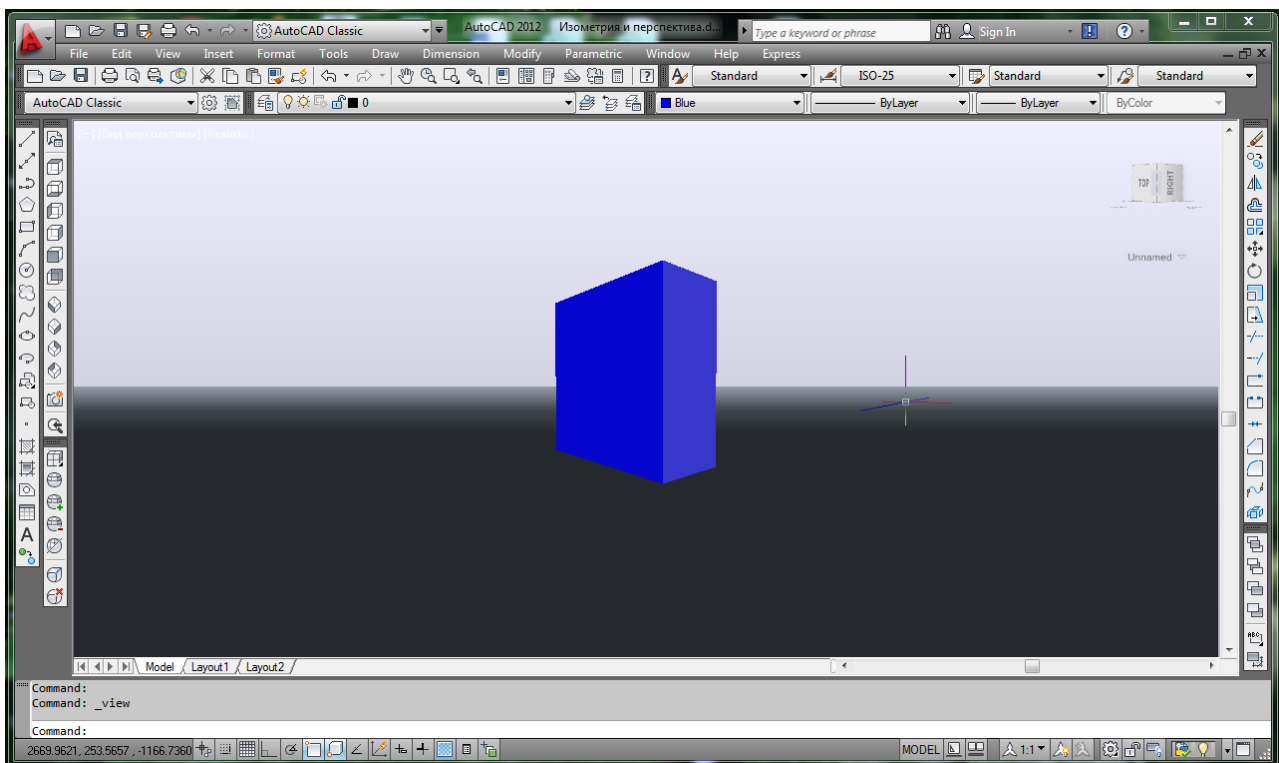


Рис. 38. Перспективная проекция модели

Для изменения перечисленных параметров и имени установленной камеры (по умолчанию AutoCAD присваивает имена Camera1, Camera2 (Камера1, Камера2)), необходимо щелкнуть левой клавишей мыши на значке камеры и в открывшемся контекстном меню на рабочем поле чертежа выбрать команду Properties (Свойства Камеры).

Для возвращения к этому полученному удачному варианту изображения, необходимо включить команду и назвать данный вид командой View/ Named Views (Вид/ Именованные виды). Откроется диалоговое окно, в котором необходимо открыть вкладку New (Новый), указать тип изображения – Camera1, Camera2 (Камера1, Камера2) и присвоить свое название полученному изображению. Для продолжения работы с этим изображением нажать клавишу Set Current (Сделать текущим) этого диалогового окна.

Видовые экраны пространства Модели

Работая с моделью трехмерного объекта, можно задавать и менять виды, делить графический экран на части, в каждой из которых можно устанавливать свою точку зрения или проекцию.

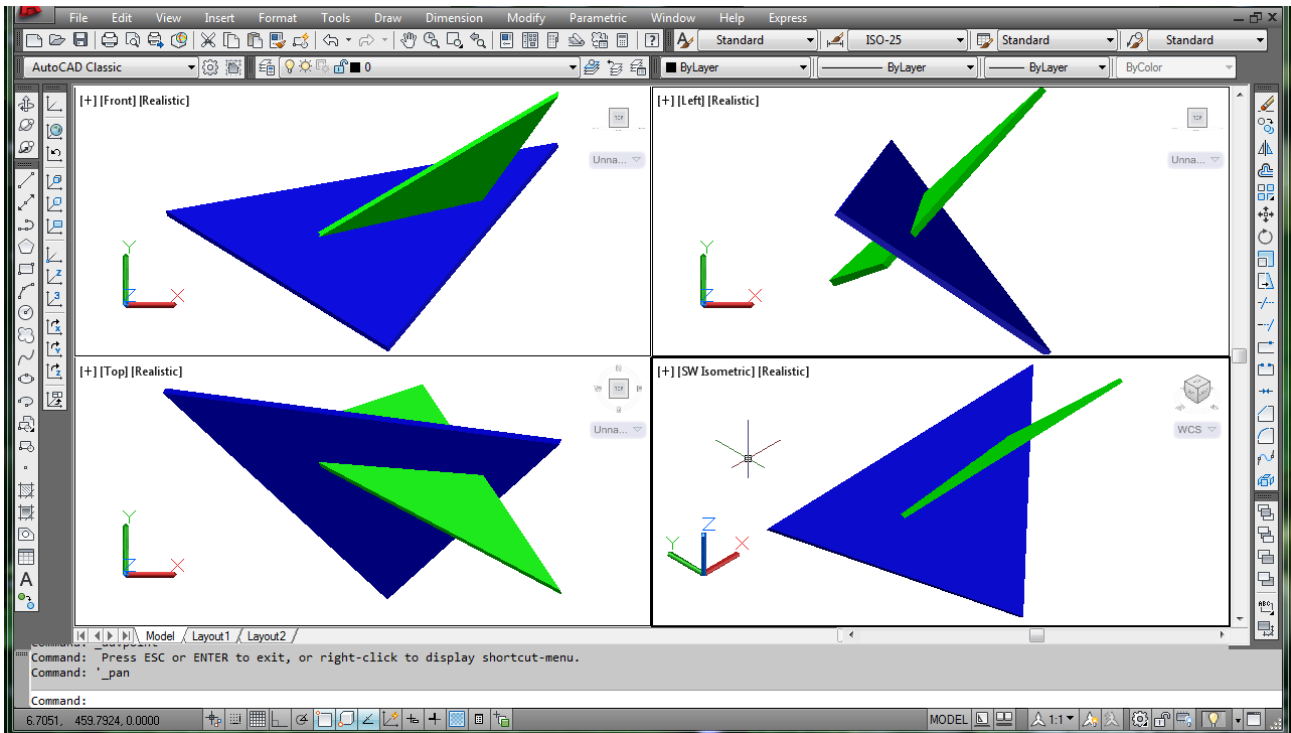


Рис. 39. Видовые экраны пространства Модели – вид спереди, вид сверху, вид слева и аксонометрическая проекция пересекающихся пластин

Система AutoCAD позволяет в пространстве Модели создавать конфигурации из любого количества частей (неперекрывающихся видовых экранов), и каждой такой конфигурации присваивать имя, по которому такая конфигурация может быть восстановлена в любое время.

Пункт падающего меню View/Viewports/New Viewports (Вид/Видовые экраны/Новые ВЭ) создает конфигурации видовых экранов. Поле New name (Новое имя) этого окна предназначено для задания имени создаваемой конфигурации экранов. Если имя не задать, то новая конфигурация экранов создается, но не сохраняется.

В области Preview (Образец) отображается внешний вид той конфигурации (Деления на части), которая отмечена в списке Standard (Стандартные). В раскрывающемся списке Apply to (Применить) можно выбрать одно из двух значений, указывающих к какой части графического экрана будет применяться операция деления на части:

- Display (Ко всему экрану);
- Current Viewport (К текущему ВЭкрану).

В раскрывающемся списке Setup (Режим) пользователю доступны только два значения:

- 2D – текущий вид, т. е. вид, установленный в активном видовом экране, распространяется на все новые видовые экраны;
- 3D – текущий вид устанавливается в одном из создаваемых видовых экранов, а в остальных система AutoCAD выбирает соответствующие ортогональные проекции.

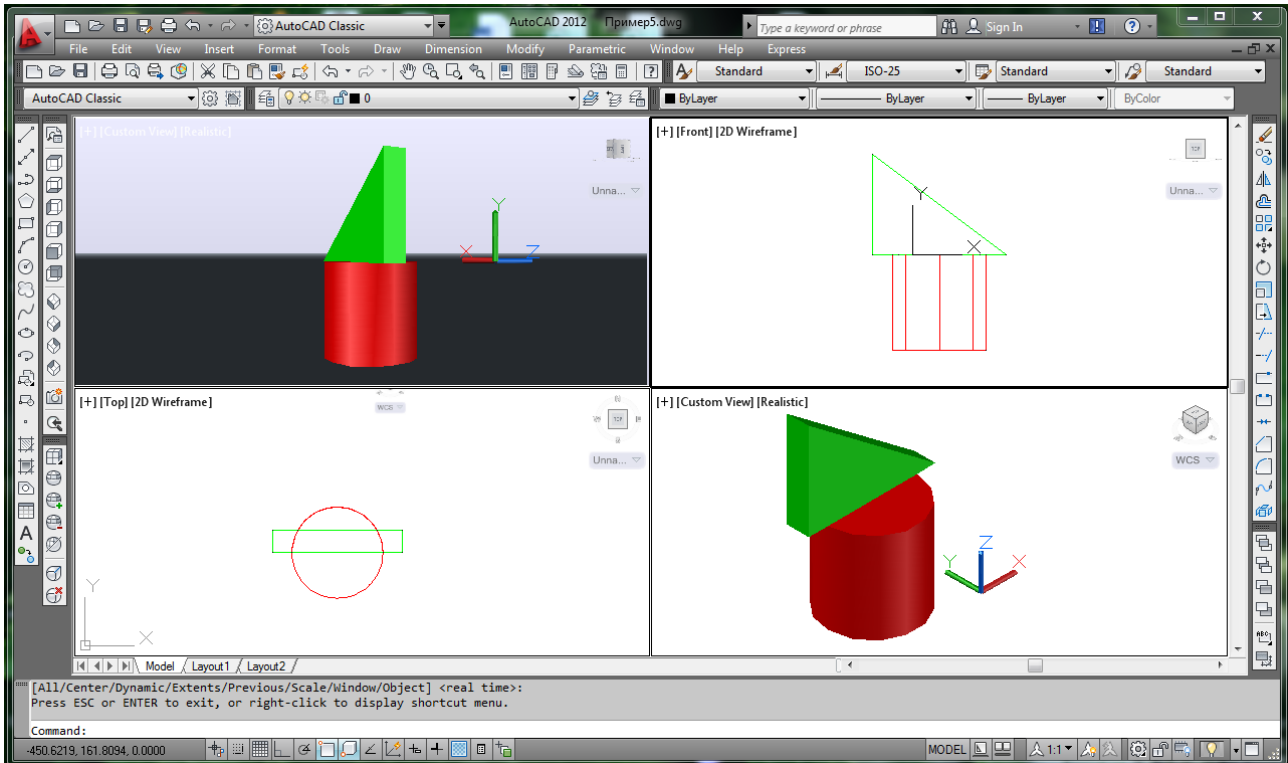


Рис. 40. Видовые экраны пространства Модели – перспективная проекция, вид сверху и вид спереди в каркасном исполнении, аксонометрическая проекция

В списке Change view to (Сменить вид на) непосредственно задается вид, который необходимо установить в видовом экране. Доступны стандартные имена ортогональных и изометрических видов и имя Current (текущий). Отметка нужного экрана выполняется щелчком мыши.

В образовавшихся видовых экранах только один является активным – это тот экран, в котором курсор имеет вид перекрестья, кроме того у него более темная и яркая рамка. При необходимости активизировать другой экран, надо щелкнуть в нем левой кнопкой мыши.

В каждом видовом экране можно расположить любой стандартный вид трехмерного объекта, построенную перспективу или изометрию. Для этого нужно активизировать экран, дважды щелкнув левой клавишей мыши. Открыть раздел View/ 3D Views (Вид/ 3D Виды) и выбрать из предлагаемого списка любой вид или изометрию.

Для установки ранее построенной перспективы в активизированном видовом экране, необходимо открыть ее по сохраненному именованному виду (Named Views/ Именованные виды).

Видовые экраны пространства Листа

Для создания в пространстве Листа связанных и согласованных между собой видовых экранов со стандартными видами комбинированного трехмерного тела необходимо включить вкладку «Модель» и активизировать видовой экран с изометрией комбинированного тела. Включить вкладку «Лист 1» – на нем также изображен видовой экран с изометрией. Включить вкладку «Лист 2» – изображение то же. Дважды щелкнуть на свободном поле чертежа вне рамки видового экрана, текущей рамкой выделить видовой экран и вытереть его вместе с изометрией на вкладке «Лист 2». Далее построения осуществлять по приведенному алгоритму:

1. Рисование → Моделирование → Подготовка → Вид.

(Draw → Modeling → Setup → View).

2. В зоне командной строки ответить на подсказки по команде:

Задайте опцию [Пск/Орто/Дополнительный/Сечение]: Пск.

(Enter an option [Ucs/Orto/Auxiliary/Section]: Ucs).

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

(Enter an option [Named/World/?/Current]: <Current>: World).

4. Масштаб вида: 0.2 (предпочтительные: 1:10 (0.1); 1:5 (0.2); 1:2 (0.5); 1:50 (0.02)).

(Enter view scale: 0.2).

5. Система AutoCAD начинает строить первую проекцию (вид сверху) и запрашивает положение центра вида:

Центр вида (Specify view center): указать точку центра вида в левой нижней четверти листа. С первого раза вид может расположиться неудачно. Следующий запрос будет такой же. Не выходя из режима команды, повторить указание центра. Это позволит уточнить положение центра вида и расположить его более удачно.

6. После нажатия клавиши <Ввод> появляется запрос о положении границ прямоугольного видового экрана.

Первый угол видового экрана:

(Specify the first corner of viewport): задать точкой, щелкнув левой клавишей мыши.

Противоположный угол видового экрана:

(Specify the other corner of viewport): задать точкой, щелкнув левой клавишей мыши в противоположном углу.

Имя вида:

(Enter view name): указать имя создаваемого вида – «вид сверху».

7. Далее запрос повторяется сначала для построения вида спереди. Для того чтобы вид спереди находился в проекционной связи с видом сверху и располагался над ним, необходимо выбрать в запросе опцию Орто (Orto).

Задайте опцию [Пск/Орто/Дополнительный/Сечение]: Орто.

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

Укажите сторону видового экрана для проекции:

(Specify side of viewport to project) – указать нижнюю сторону видового экрана вида сверху появившейся объектной привязкой «Середина».

Далее запросы и действия аналогичны уже рассмотренным.

8. Для построения вида слева, связанного с видом спереди, необходимо указать переднюю сторону видовой экраны вида спереди появляющейся объектной привязкой «Середина».

«Плавающие» видовые экраны можно создавать только в пространстве Листа. Они рассматриваются как отдельные объекты, которые можно перемещать и масштабировать, чтобы подходящим образом расположить на чертеже. Видовые экраны могут содержать различные виды и изображения трехмерного объекта. Для создания в пространстве Листа отдельного «плавающего» видового экрана с изометрией модели необходимо выполнить следующие действия:

Вид → Видовые экраны → Новые видовые экраны → Одиночный.

View → Viewports → New Viewports → Singl.

Вкладка Setup – 3D.

Вкладка Change view to: SW Isometric.

Вкладка Visual Style: Realistic.

Нажать клавишу «ОК».

Далее ответить на подсказки в командной строке. Точками по диагонали указать положение прямоугольника видового экрана с изометрией комбинированного тела.

Видовые экраны можно редактировать, как и другие примитивы системы AutoCAD. Высветить «ручки» видового экрана, щелкнув на его границе. В строке режимов внизу справа расположена кнопка, щелчок по которой разворачивает видовой экран до размеров всего графического экрана. Повторный щелчок по этой же кнопке возвращает изображение к прежним размерам.

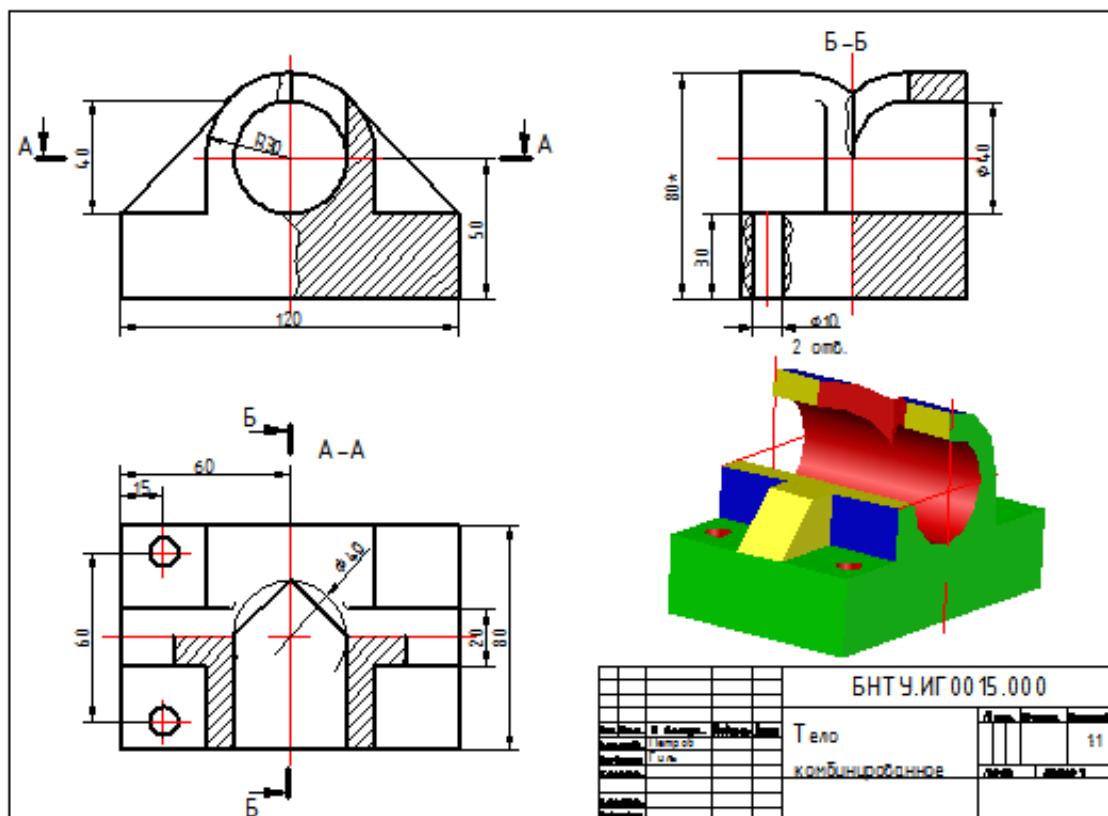


Рис. 41. Пример создания «плавающего» видового экрана

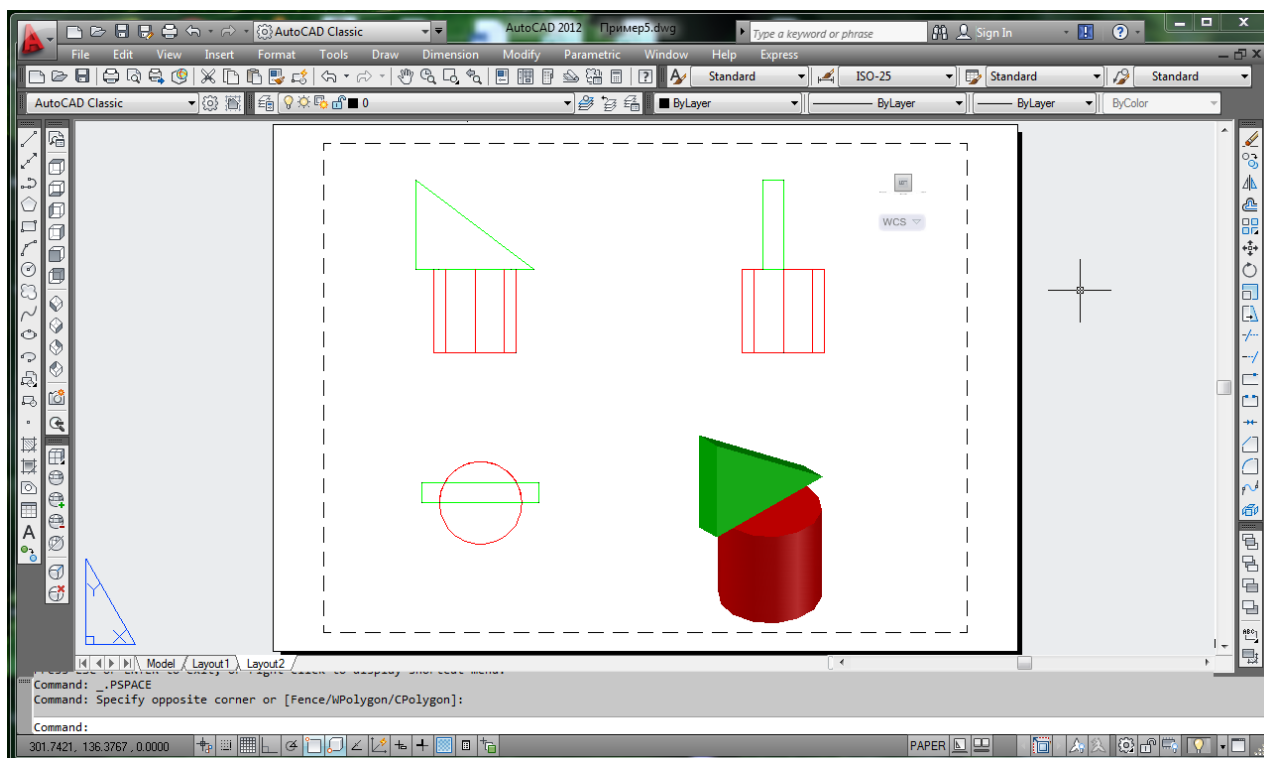
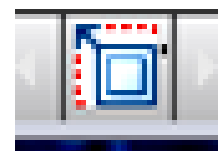


Рис. 42. Видовые экраны пространства Листа

Для редактирования содержимого окна необходимо, находясь в пространстве листа, дважды щелкнуть левой клавишей мыши внутри прямоугольного окна, например, с изометрией комбинированного тела. Рамка прямоугольного окна выделится яркой черной линией, а выполненную внутри изометрию можно выделить и отредактировать ее расположение и вид так, как необходимо при выводе на печать.

Для того чтобы рамка видового экрана не была видна при распечатке, необходимо в слоях создать новый слой (New Layer), назвать его, например, «Рамка» и отключить вкладку этого слоя VP Freeze (состояние замораживания относительно текущего видового экрана). Выделить рамку видового экрана, щелкнув на ней левой клавишей мыши, и включить созданный слой. Рамка будет не видна и на экране, и на выведенном на печать чертеже.



Инженерные расчеты средствами AutoCAD

В отличие от всех остальных моделей у тел можно анализировать массовые свойства: объем (тела и внутренних полостей), момент инерции, центр масс; у плоских объектов вычисляются периметр и площадь объекта; для любых построенных объектов автоматически определяются длины, разница концов отрезков по X и Y, радиусы, углы. Данные о теле могут экспортироваться в такие приложения, как системы числового программного управления (ЧПУ) и анализа методом конечных элементов (МКЭ).

Вычисление площади плоских объектов

Программа AutoCAD позволяет вычислять площади сразу нескольких объектов, а результат вычисления площади выводится в установленных текущих единицах измерения с точностью, принятой в данной чертеже.

Чтобы приступить к вычислению площади, необходимо или в строке падающего меню выбрать раздел Tools/ Inquiry/ Area (Сервис/ Сведения/ Площадь), или ввести в зоне командной строки команду Area (Площадь).

В командной строке появится следующий запрос:

Specify first corner point or [Object/ Add/ Subtract]:

Первая угловая точка или [Объект/ Добавить/ Вычесть]:

Можно пойти несколькими путями и определить площадь одним из следующих методов:

- 1 способ – введя угловые точки области, площадь которой необходимо получить;
- 2 способ – выбрав определенный объект, площадь которого необходимо получить;
- 3 способ – задав несколько объектов, общую площадь которых требуется найти.

1 способ используется по умолчанию. Точку можно указать либо мышкой на чертеже, либо введя ее координаты в командную строку. После ввода первой точки предлагается ввести вторую и т. д. Для окончания ввода точек нажать клавишу Enter (Ввод). В результате в командной строке будут отображены вычисленные значения площади и периметра.

2 способ позволяет не задавать область угловыми точками, а указать на чертеже объект, площадь которого должна быть вычислена. Это бывает особенно полезно, если у области криволинейные границы (например, она имеет форму круга). Тогда на запрос необходимо выбрать опцию Object (Объект) и будет предложено на чертеже указать этот объект. Необходимо щелкнуть левой клавишей мыши по контуру нужного объекта, и в командной строке тут же появятся значения его площади и периметра.

3 способ позволяет определить площадь области, границы которой задаются несколькими объектами. При этом возможны способ суммирования и способ вычитания. Способ суммирования используется, когда область состоит из нескольких объектов. В этом случае необходимо просто выбирать объекты, площадь которых должна быть включена в общее значение площади. Способ вычитания используется в тех случаях, когда внутри одного объекта имеется один или несколько других объектов, площадь которых не нужно учитывать при вычислении площади первичного объекта. При этом сначала надо вычислить суммарное значение площади и только затем вычитать из нее площади соответствующих объектов. Для определения суммарной площади нужно выбрать опцию Add (Добавить). После этого система переходит в режим суммирования и далее, выбрав опцию Object (Объект), мы будем видеть, как в зоне командной строки выводится периметр и площадь последнего выбранного объекта, а также

суммарное значение площади всех выбранных объектов. Можно несколько раз выбирать один и тот же объект. При этом суммарное значение площади будет соответствующим образом увеличиваться. Чтобы закончить выбор и все вычисления, надо нажать клавишу Esc (Отмена).

Если необходимо из суммарного значения вычесть площадь какого-либо объекта (или объектов), то для этого необходимо выйти из режима добавления, нажав клавишу Enter (Ввод). После чего выбрать в появившемся сообщении опцию Subtract (Вычесть), а затем снова опцию Object (Объект). После этого площадь всех объектов, которые будут выбраны, будет вычитаться из общего значения площади. В командной строке будут выводиться значения площади и периметра последнего выбранного объекта, а также суммарное значение площади за вычетом этого значения. О том, что система находится в режиме вычитания, говорится в последней строке запроса. Если необходимо вернуться в режим добавления, надо нажать на правую кнопку мыши или клавишу Enter (Ввод) и снова выбрать опцию Add (Добавить). Чтобы закончить выбор объектов и вычисление площади, надо нажать клавишу Esc (Отмена).

Определение расстояний и углов

С помощью специальной команды в AutoCAD можно определить расстояние между двумя точками. Такой командой является Distance (Расстояние). Вызывается она из падающего меню раздела Tools/ Inquiry/ Distance (Сервис/ Сведения/ Расстояние). Далее необходимо будет в соответствии с запросами системы указать две точки, между которыми необходимо определить расстояние. Сделать это можно любым способом – с помощью мыши или вводом координат в командную строку. После этого в командной строке отобразятся значение расстояния между точками; угол в плоскости XY (между вектором, проведенным из первой во вторую точку, и осью X); угол наклона отрезка к плоскости XY (между вектором, проведенным из первой во вторую точку, и плоскостью XY) – равен нулю в двумерных построениях; разницы концов отрезков вдоль каждой из осей ΔX и ΔY и ΔZ .

Определение координат точек

Для определения координат точек необходимо открыть падающее меню раздела Tools/ Inquiry/ ID Point (Сервис/ Сведения/ Координаты). После этого щелчком мыши необходимо указать точку на чертеже, и в командной строке появятся значения ее координат.

Информация об отдельных объектах чертежа

С помощью команды List (Список) этого же падающего меню можно получить сведения о любом объекте или группе объектов. При этом то, какая именно информация будет выведена, зависит от самих объектов. Последовательность действий тут очевидна: необходимо вызвать команду, выбрать на чертеже объект

или объекты и получить нужные сведения. Отображение информации будет производиться поэкранно: если вся информация не помещается в текстовое окно целиком, она будет выводиться последовательно, нажатием клавиши Enter (Ввод).

Общая информация о чертеже

Для получения развернутой информации о чертеже, следует вызвать команду Status (Статус) падающего меню Tools/ Inquiry/ Status (Сервис/ Сведения/ Статус). После вызова команды система выведет текстовое окно с перечнем данных о границах чертежа и экрана, об установках режимов рисования, о размере дискового пространства, объеме свободной физической памяти и свободного места в файле.

Тонирование трехмерных объектов

Для представления модели в процессе работы применяют различные стили визуализации, которые были рассмотрены ранее. Однако существует способ создать действительно фотореалистичное изображение готовой модели – тонирование, при котором модель отображается с учетом различных оптических эффектов. Чтобы получить более реалистичное изображение, необходимо добавить в модель источники света, позволяющие создать тени, присвоить объектам материалы и т.д. Обычно требуется выполнить несколько пробных вариантов, чтобы получить действительно качественное изображение.

Создание источников света

Все возможности для работы с источниками света предоставляет падающее меню раздела View/ Render/ Light (Вид/ Тонирование/ Источники света). По умолчанию трехмерные модели в программе освещаются двумя удаленными источниками света. Воспользовавшись ползунками Brightness (Яркость), Contrast (Контрастность) и Midtones (Средние тона) этой команды в контекстном меню, можно изменить соответствующие параметры стандартного освещения. Однако в большинстве случаев таких настроек недостаточно и заложенный по умолчанию источник света слабо отражает моделируемую ситуацию, поэтому программа предоставляет возможность создавать и работать с различными световыми объектами.

В AutoCAD можно создать следующие основные источники света:

- Point (Точка) – аналог обычной лампочки, свет от которой распространяется во всех направлениях, его интенсивность падает с удалением от источника;
- Spot (Прожектор) – источник света, световой поток от которого идет в заданном направлении, образуя конус, тем самым создавая на объектах яркие световые пятна и зоны спада освещенности вокруг световых пятен;
- Distant (Удаленный) – источник света, размещенный на значительном расстоянии, прямолинейно распространяет свет в одном направлении, интенсивность света не меняется с расстоянием.

После выбора типа светового источника необходимо будет указать его местоположение и параметры, которые вводятся непосредственно из командной строки. Изменить их в дальнейшем возможно, вызвав окно Properties (Свойства) для нужного источника.

При добавлении в чертеж первого источника света программа спрашивает, следует ли отключать освещение, присутствующее по умолчанию. Дело в том, что модель может освещаться только либо созданными пользователем световыми источниками, либо освещением, присутствующим на чертеже по умолчанию.

Источники света разных типов создаются практически одинаково: задаются почти одни и те же параметры. Поэтому более детально рассматривается образование точечного источника света с подробным описанием всех параметров. Остальные варианты источников света можно будет задать по аналогии.

Точечный источник света

Точечный источник света имитирует обычную лампочку. Свет от него распространяется во всех направлениях. При этом интенсивность светового потока может ослабляться по мере удаления от источника, как это и происходит в жизни.

Чтобы создать новый точечный источник света, необходимо активизировать команду New Point Light (Новый Точечный источник света) вкладки Light (Источники света).

Появится первый запрос:

Задайте положение источника света <0,0,0>:.

Необходимо указать расположение точечного источника света. Сделать это можно как путем задания нужных координат в командной строке, так и щелкнув в нужной точке модели. Во втором случае лучше использовать объектную привязку.

Появится следующий запрос:

Введите изменяемый параметр [Name/Intensity/Status/Photometry/Shadow/Attenuation/FilterColor/Exit] ([Имя/Интенсивность/Состояние/Фотометрия/Тень/Затухание/Цвет фильтра/Выход] <Выход>:.

Надо нажать клавишу Enter, чтобы создать точечный источник света с параметрами по умолчанию, или выбрать один из параметров, если необходимо более тонко настроить новый световой источник. Выбрав параметр Name (Имя), необходимо ввести название создаваемого точечного источника света. Если планируется добавление несколько световых источников, то для каждого из них лучше ввести какое-либо значимое имя, чтобы по названию можно было понять, что это именно точечный источник света.

Интенсивность света устанавливается с помощью параметра Intensity (Интенсивность), после выбора которого в командной строке появляется приглашение:

Введите интенсивность (0.00 – макс. плавающее) <1>:.

В ответ необходимо задать яркость или интенсивность света.

После выбора параметра Status (Состояние) предоставляется возможность отключить создаваемый источник света. Для этого в ответ на запрос:

Введите состояние [Вкл/Откл] <Вкл>: выберите параметр Откл.

Впоследствии можно легко включить как все световые объекты, так и какой-либо конкретный.

Благодаря параметру Photometry (Фотометрия) можно создавать еще более реалистичные источники света (по умолчанию в программе используются именно фотометрические источники света). Если требуется использовать обычные световые источники, как в ранних версиях AutoCAD, следует изменить значение системной переменной LIGHTINGUNITS на 0.

Итак, после появления приглашения:

Введите изменяемый параметр фотометрии [Intensity (Интенсивность)/Color (Цвет)/Exit (Выход)] <И>: надо выбрать один из параметров.

Выбрав параметр Intensity (Интенсивность), на экране появится запрос:

Введите интенсивность (в канделах) или выберите вариант [Flux (Поток)/Illuminance (Освещенность)] <1500>:.

В ответ можно ввести силу испускаемого источником света, измеряемую в канделах.

С помощью параметра Flux (Поток) задают световой поток в люменах, а параметр Illuminance (Освещенность) предназначен для определения освещенности, которая измеряется в люксах.

Параметр Color (Цвет) служит для задания цвета источника света. В ответ на приглашение:

Введите имя цвета или выберите вариант [*/Кельвин] <D65>: надо нажать клавишу Enter, чтобы выбрать источник белого цвета D65.

Можно также определить цветовую температуру в кельвинах, выбрав параметр Кельвин.

В реальной жизни все объекты, на которые падает свет, отбрасывают тени, поэтому использование теней существенно повышает реалистичность изображения. Если необходимо, чтобы объекты, освещенные создаваемым источником света, отбрасывали тени, выберите параметр Shadow (Тень). При этом становятся доступны следующие параметры.

Off (Откл) – отключение отображения теней, что значительно ускоряет работу.

Sharp (Резкие) – тени отображаются с острыми гранями. Такие тени программа создает путем трассировки лучей от источника света – тени вырисовываются там, где прохождение лучей было заблокировано каким-либо объектом. В итоге тени, полученные таким образом, имеют контрастные края и могут передавать цвет от прозрачных и полупрозрачных объектов.

Параметр Softmapped (Мягкие) позволяет создавать тени с размытыми краями на основе точечного рисунка – карты теней. При выборе этого параметра появляется запрос:

Введите размер карты [64, 128, 256, 512, 1024, 2048, 4096] <256>:.

В ответ необходимо указать размер карты теней в пикселах. Чем больше размер, тем менее зернистой будет выглядеть тень, но это, в свою очередь, замедляет процесс тонирования. Далее появится следующий запрос:

Введите смягчение (1–10) <1>:.

Необходимо задать мягкость тени. Значение в пределах от 1 до 10, которое предлагает выбрать программа, это количество переходных пикселей на границе тени и изображения. Обычно используют цифры от 2 до 4, так как слишком большое значение делает тень размытой.

Параметр SoftAmped (Видимый) определяет, будет ли видна форма тени при тонировании. Тени с мягкими краями программа просчитывает быстрее, чем тени, созданные путем трассировки лучей, но такие тени зависят от цвета прозрачных объектов.

Параметр Attenuation (Затухание) определяет уменьшение интенсивности света с увеличением расстояния от источника света. Это значит, что объекты, которые находятся дальше от точечного источника, будут более темными. Выбор этого параметра приводит к появлению запроса:

Введите изменяемый параметр [Attenuation Type (Тип затухания)/Use Limits (Использовать пределы)/ Attenuation start limit (Начальный предел затухания)/ Attenuation end limit (Конечный предел затухания)/ Exit (Выход)] <Выход>:.

В ответ можно настроить ослабление интенсивности светового потока.

Возможны следующие варианты.

После выбора параметра Attenuation Type (Тип затухания) появится запрос:

Введите тип затухания [None (Нет)/ Inverse linear (Линейная инверсия)/ Inverse Squared (Квадратичная инверсия)] <Нет>:.

В ответ можно нажать клавишу Enter, выбрав тем самым параметр Нет. В этом случае затухания не будет, то есть объекты, находящиеся на различном расстоянии от источника, будут освещены с одинаковой интенсивностью.

При выборе параметра Inverse linear (Линейная инверсия) интенсивность светового потока будет убывать обратно пропорционально расстоянию от источника освещения. Например, на расстоянии двух единиц от источника интенсивность равна половине исходной, а на расстоянии четырех единиц она будет составлять четвертую часть максимальной. Если выбрать параметр Inverse Squared (Квадратичная инверсия), интенсивность светового потока будет убывать обратно пропорционально квадрату расстояния от источника освещения до объекта. Объект, находящийся на расстоянии двух единиц от источника, будет освещен в четыре раза слабее, а на расстоянии четырех единиц интенсивность уменьшится уже в 16 раз.

По умолчанию интенсивность светового потока ослабляется во всех точках пространства модели. Однако освещаемые объекты могут находиться на таком большом расстоянии от источника света, что уменьшение интенсивности не будет заметно, в то время как на расчет ослабления света будут тратиться ресурсы. Чтобы такого не происходило, необходимо воспользоваться параметром Attenuation end limit (Конечный предел затухания), который позволяет задать предельное расстояние от источника света, дальше которого интенсивность убывать не будет.

С помощью параметра Attenuation start limit (Начальный предел затухания) задают расстояние от источника света, начиная с которого уменьшается интен-

сивность светового потока. По умолчанию этот параметр равен нулю, то есть интенсивность начинает убывать с точки, в которой расположен световой источник.

Параметр FilterColor (Цвет фильтра) позволяет задать цвет фильтра, накладываемого на источник света. При этом результирующий свет будет получен в итоге слияния цвета светового источника, который был задан ранее, и цвета фильтра. После выбора параметра появится запрос:

Задайте цвет (R, G, B) или параметр [Index color (Номер цвета)/ Hsl/ Color-Book (Альбом цветов)] <255,255,255>:.

В ответ необходимо задать цвет светового потока, что можно сделать несколькими способами.

По умолчанию для указания цвета программа предлагает воспользоваться моделью RGB, в которой цвет состоит из трех компонентов: красного, зеленого и синего. Таким образом, задавая значение каждого компонента в диапазоне от 0 до 255, можно получить нужный цвет. Если оставить значение по умолчанию – 255, 255, 255, то испускаемый источником свет будет белым.

Параметр Index color (Номер цвета) позволяет выбрать один из индексированных цветов в диапазоне от 1 до 255.

После выбора параметра Hsl появится запрос:

Введите цвет в системе HSL (H, S, L) <0,0,100>:.

Необходимо указать значения оттенка, яркости и насыщенности, которые определяют цвет в системе HSL. Оттенок или цвет задают в диапазоне от 0 до 360, яркость определяется в районе от 0 до 100, насыщенность также можно определить в интервале от 0 до 100.

При выборе параметра ColorBook (Альбом цветов) появляется приглашение:

Введите имя альбома цветов:.

В ответ необходимо ввести название альбома цветов, после чего появится запрос:

Введите имя цвета:.

Необходимо задать название нужного цвета из выбранного ранее альбома цветов. Сразу определить нужный цвет с помощью командной строки, скорее всего, получится лишь в том случае, если известны точные значения определяющих параметров, но это бывает очень редко.

После настройки всех параметров в завершении нужно нажать клавишу Enter, чтобы точечный источник появился на чертеже. Если световой источник не отключен принудительно в процессе его формирования, то на экране сразу отразится результат настроек и применения нового освещения.

Однако можно легко изменить цвет светового потока в процессе редактирования источника света с помощью соответствующего диалогового окна. Для этого необходимо подвести стрелку-указатель к пиктограмме лампы на рабочем поле, щелкнуть правой клавишей мыши и выбрать в появившемся контекстном меню источника света команду Properties (Свойства). Здесь можно изменить все параметры, заданные при создании источника, а также дополнительные настройки отображения теней.

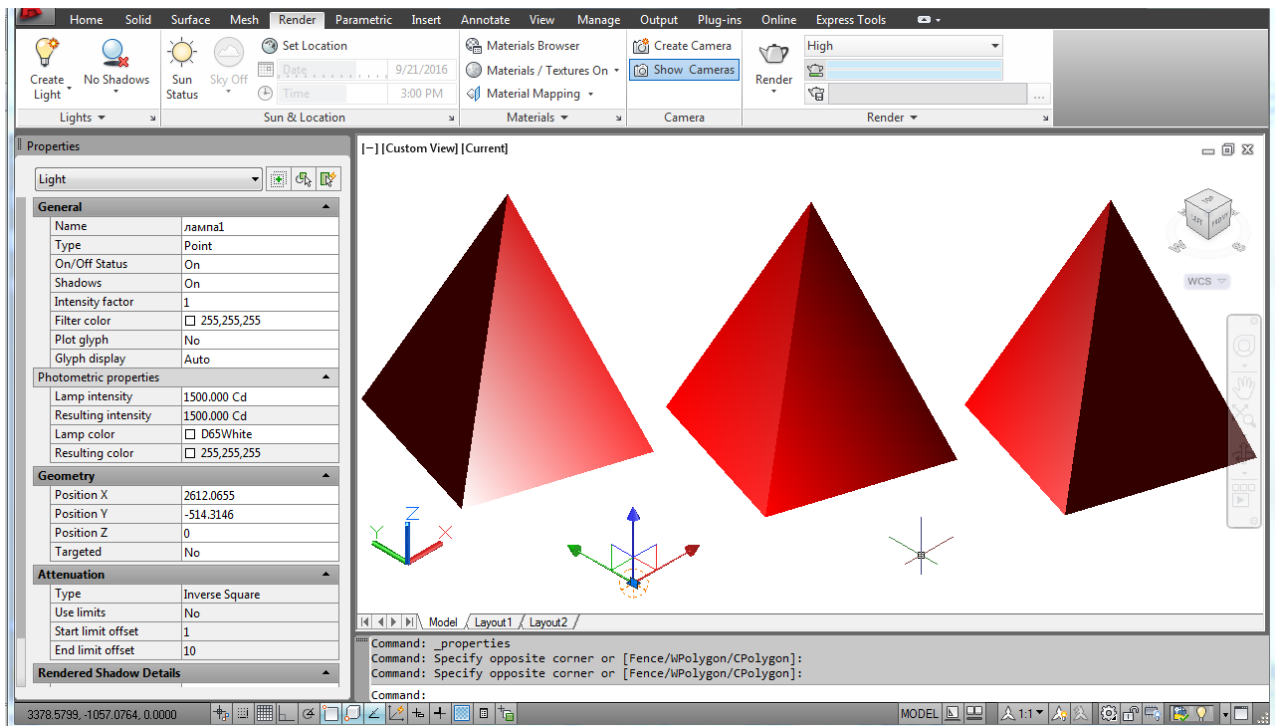


Рис. 43. Настройка параметров выбранного источника света с помощью палитры Properties (Свойства) источника

В списке источников света отсутствует такой источник, как солнце. Чтобы получить доступ к настройкам солнца и неба, необходимо включить команду меню View/Render/Light/Sun Properties (Вид/Тонирование/Свет/Свойства солнца, которая откроет палитру, аналогичную рассмотренной ранее. Ее отличительной особенностью является то, что здесь возможно изменить дату и время, а также просмотреть текущее географическое расположение трехмерной модели.

Загрузка и назначение материала

В AutoCAD имеется богатая библиотека материалов, однако, можно создать и свой материал. Чтобы подключить материал к созданному объекту, необходимо раскрыть падающее меню View/Render/Materials Browser (Вид/Тонирование/Окно просмотра материалов) или щелкнуть мышкой по соответствующему значку панели инструментов Render (Тонирование). После этого на экране появится данная вызванная панель со списком и образцами материалов.

Чтобы приступить к назначению материалов, необходимо выбрать нужный материал, щелкнув на его образце мышкой, в области предварительного просмотра. Затем щелчками мыши выбрать трехмерные объекты, которым предполагается назначить этот материал.

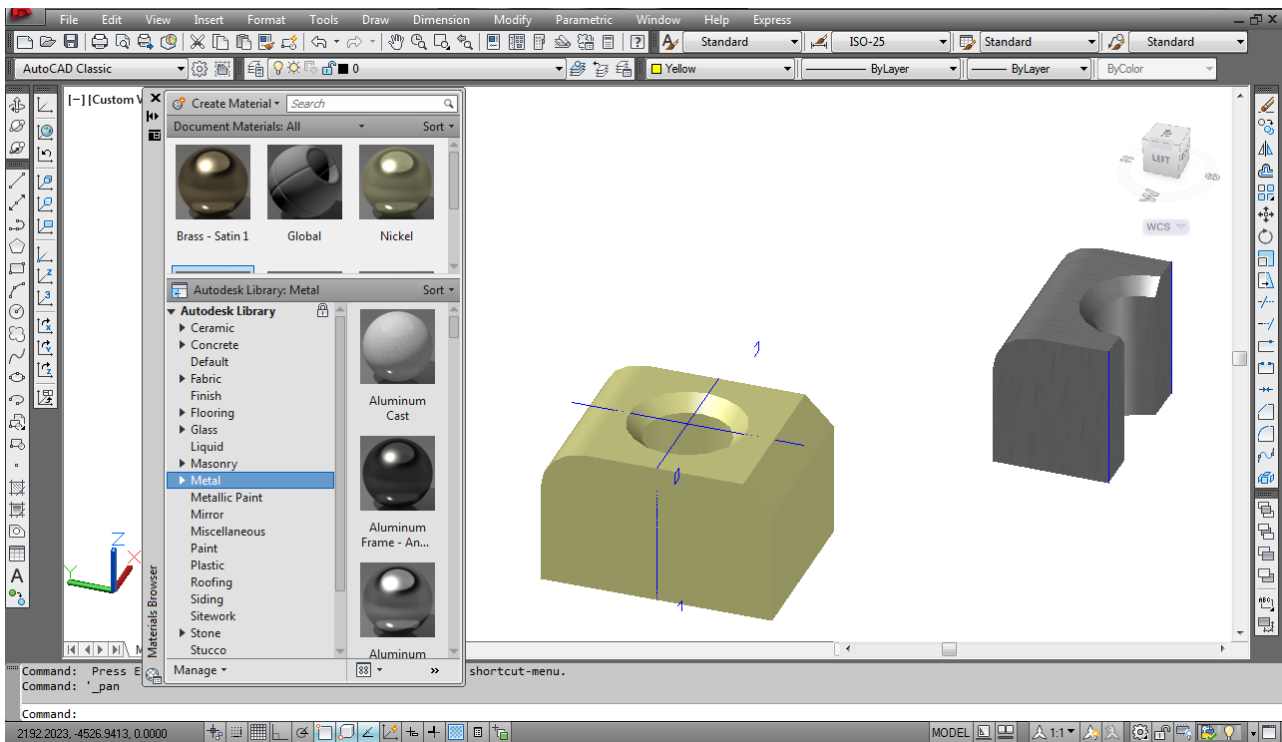


Рис. 44. Выбор материала модели

Дополнительные параметры визуализации.

Для выполнения настроек тонирования и создания тонированного изображения раскрывается инструментальная палитра команды Render/Advanced Render Settings (Тонирование/ Дополнительные параметры визуализации). Качество будущего изображения можно изменить выбором пяти различных режимов и соответствующих им дополнительных параметров в палитре, установленных по умолчанию: черновой, низкий, средний, высокий, презентационный. Чем выше режим, тем больше времени необходимо компьютеру на обработку и тем реалистичнее получается выполненное изображение.

Эта процедура занимает значительное время и требует больших ресурсов особенно для сложных и больших моделей, поэтому существует возможность не только тонирования отдельных областей чертежа или модели, но и быстрого просмотра результата изменения каких-либо настроек. Для тонирования небольшой области необходимо щелкнуть на кнопке Визуализировать область в группе Визуализация ленты, запустив тем самым команду Тонирподрез. Для просмотра изменений настроек в команде Render (Тонирование) необходимо включить вкладку Adjust Exposure Rendered (Визуализация окружающей среды), где можно изменить яркость, контрастность и т. д.

Далее последовательно указать прямоугольное окно с изображением объекта точками по диагонали.

Полученное изображение можно сохранить, раскрыть в другой программе и распечатать. Если тонирование выполнялось на Видовом экране, необходимо включить команду Сервис/Изображение/Сохранить. Если тонирование выпол-

нено в отдельном окне, то изображение сохраняется в виде файла, расширение которого выбирается из предложенного набора: bmp, psx, tga, tif, jpeg, png.

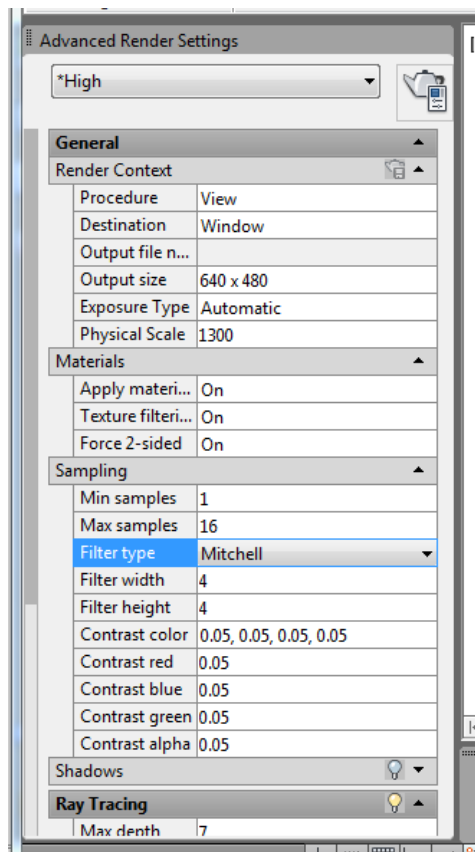


Рис. 45. Инструментальная палитра команды Render/Advanced Render Settings (Тонирование/Дополнительные параметры визуализации)

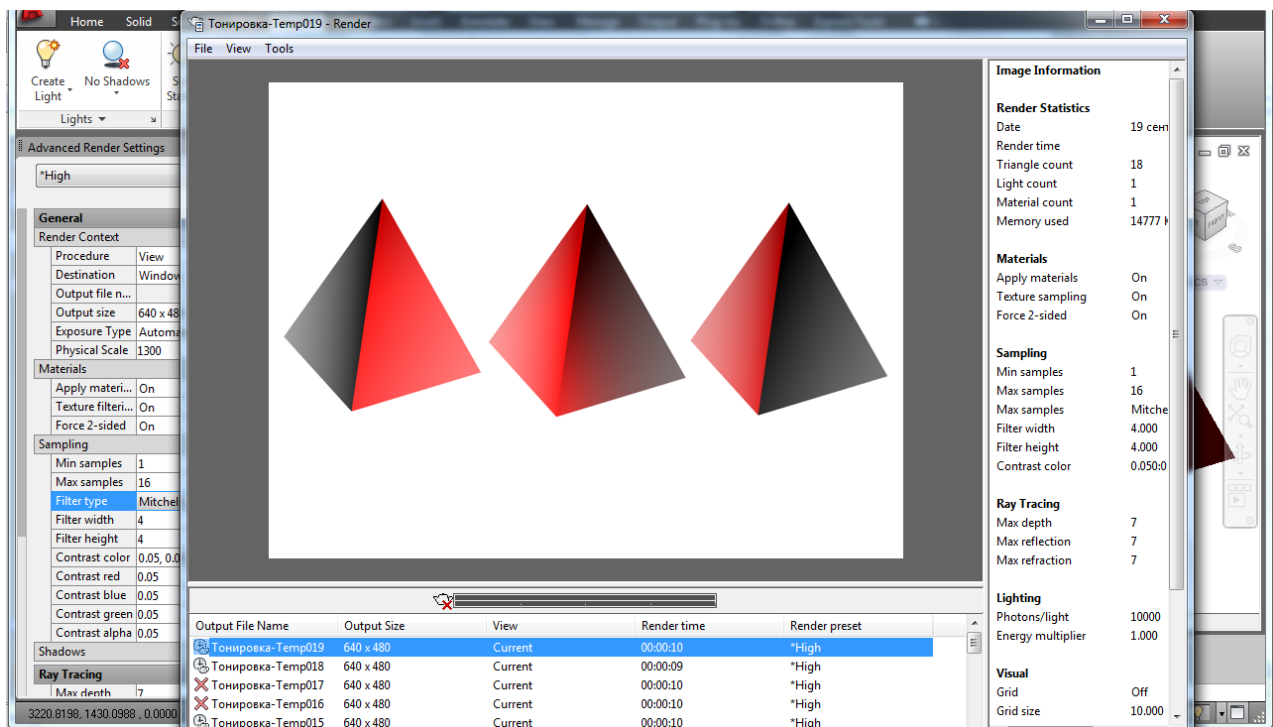


Рис. 46. Пример выполненного тонирования объектов в отдельном окне

Создание эффекта тумана

По умолчанию тонирование производится на белом или черном фоне, установленном в настройках. В AutoCAD можно отдельно установить цвет фонового оформления, т. е. создать эффект присутствия тумана, когда отдаленные объекты становятся менее различимы, чем близкие. Для этого на инструментальной панели или в команде Render (Тонирование) необходимо активизировать пиктограмму Environment (Тонировать среду). Появится диалоговое окно, в котором изменяют цвет тумана, устанавливают дальнюю и ближнюю дистанции, где туман будет начинаться и заканчиваться, а также задают относительную плотность тумана вблизи и вдали.

Выполнение разрезов

Команда Slice (Разрез) позволяет разрезать твердотельный объект заданной секущей плоскостью на две части. При этом можно удалить одну из отрезанных частей или оставить обе части на экране. Восстановить объект в первоначальном виде можно командой Union (Объединить).

Вызвать команду можно с помощью соответствующей пиктограммы инструментальной панели Редактирование тел, или из падающего меню Modify (Редактирование)/ 3D Operation (3D Операции)/ Slice (Разрез). После вызова команды необходимо выбрать объект, завершить выбор, а затем ответить на подсказки команды. По умолчанию заложено указание секущей плоскости тремя точками. Далее точкой указывается та часть объекта, которая должна быть сохранена. Разрезанные тела наследуют слой и цвет исходного тела, но являются новыми составными телами.

При использовании других вариантов выполнения команды секущая плоскость может определяться плоским объектом, поверхностью, видом, Зосью, XY, YZ, ZX, 3 точками.

- Плоский объект – секущая плоскость задается предварительно прочерченным плоским объектом (кругом, эллипсом, дугой, сплайном, областью, полилинией).
- Поверхность – опция позволяет непосредственно на чертеже выбрать предварительно построенную поверхность, которой должен быть произведен разрез.
- Вид – секущей плоскостью будет плоскость, параллельная текущему виду (параллельная плоскости экрана), и проходящая через заданную точку.
- Зось – задает плоскость двумя точками, первая из которых лежит на ней, а вторая определяет вектор нормали к плоскости.
- XY, YZ, ZX – задают плоскость, выровненную соответственно с плоскостью XY, YZ и ZX и проходящую через заданную точку.
- keep Both sides – оставляет обе части разрезанного тела.

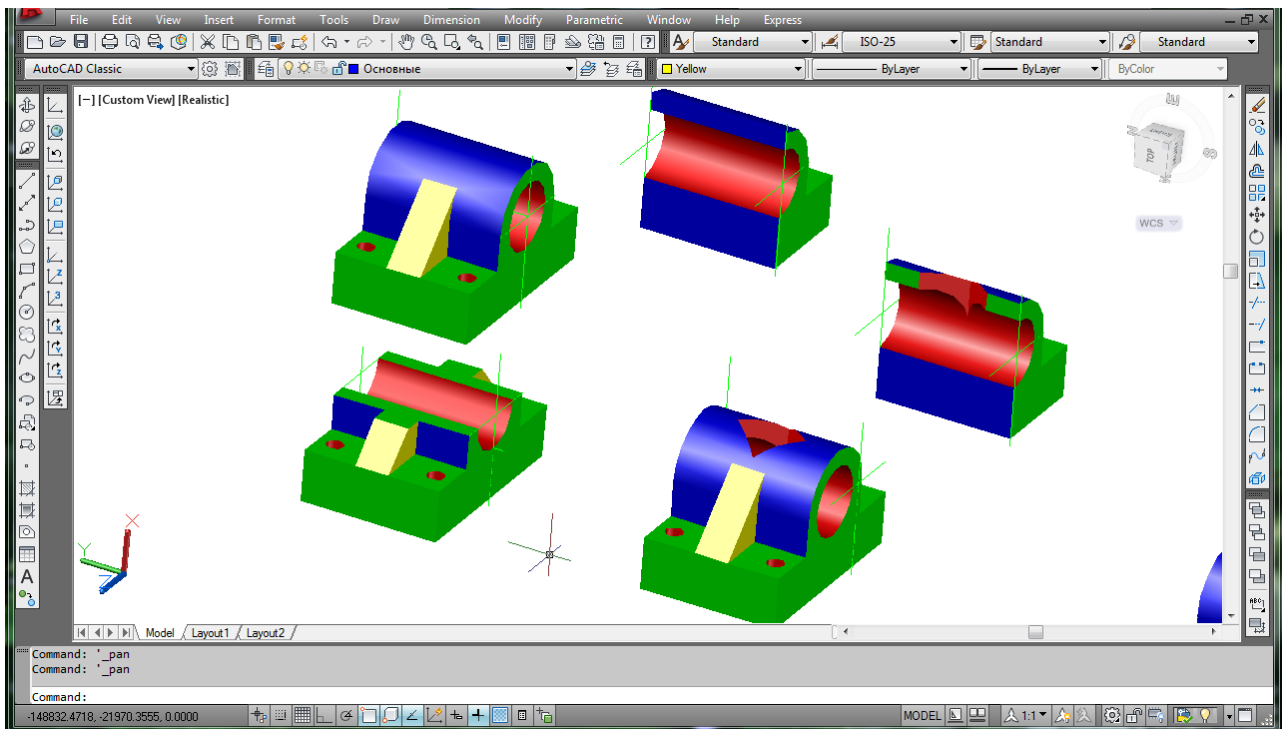


Рис. 47. Варианты выполнения простых разрезов плоскостями уровня на трехмерной модели

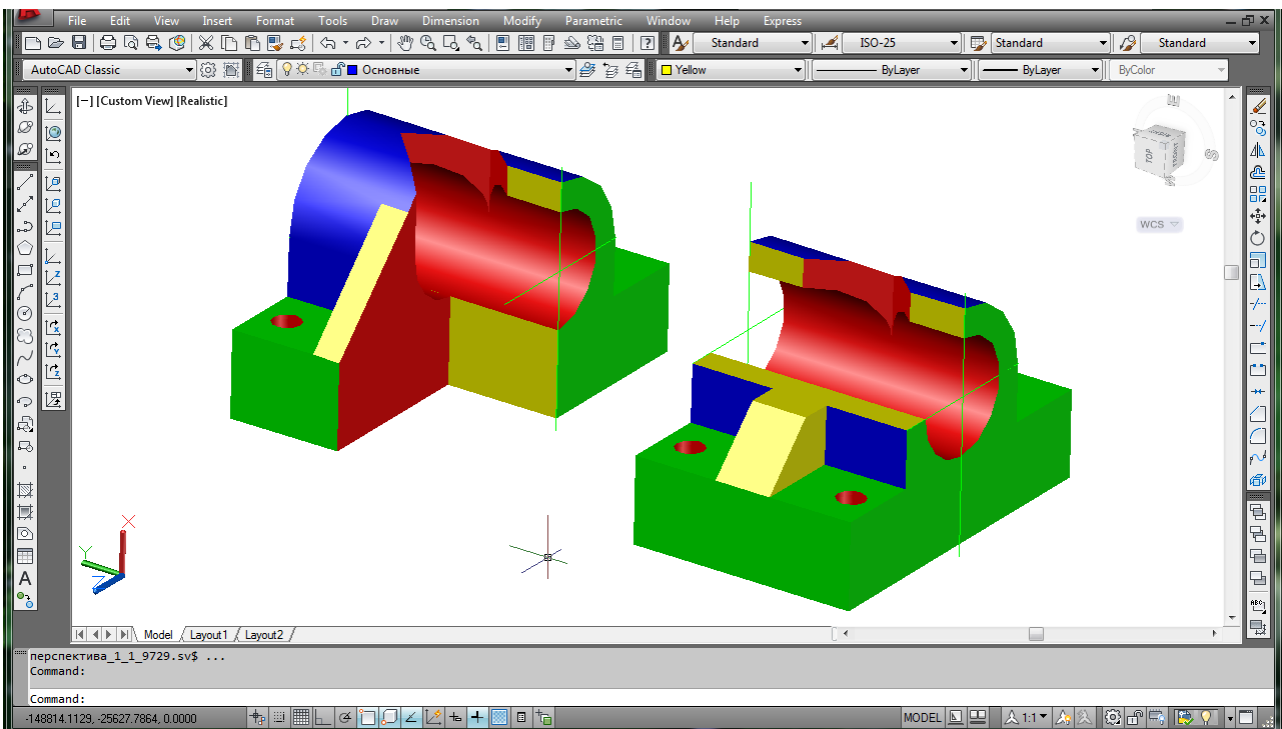


Рис. 48. Примеры выполнения комбинированных четвертных вырезов на модели

Выполнение сечений

В предыдущих версиях AutoCAD для построения сечений использовалась команда Section (Сечение). Ее можно применять и в рассматриваемой версии программы, но вызвана она может быть только из командной строки. Данная

команда строит плоское наклонное или параллельное плоскостям проекций сечение, образуя замкнутую область из линии сечения. Переместив трехмерный объект на свободное поле чертежа после выполнения данной команды, открываем построенное сечение.

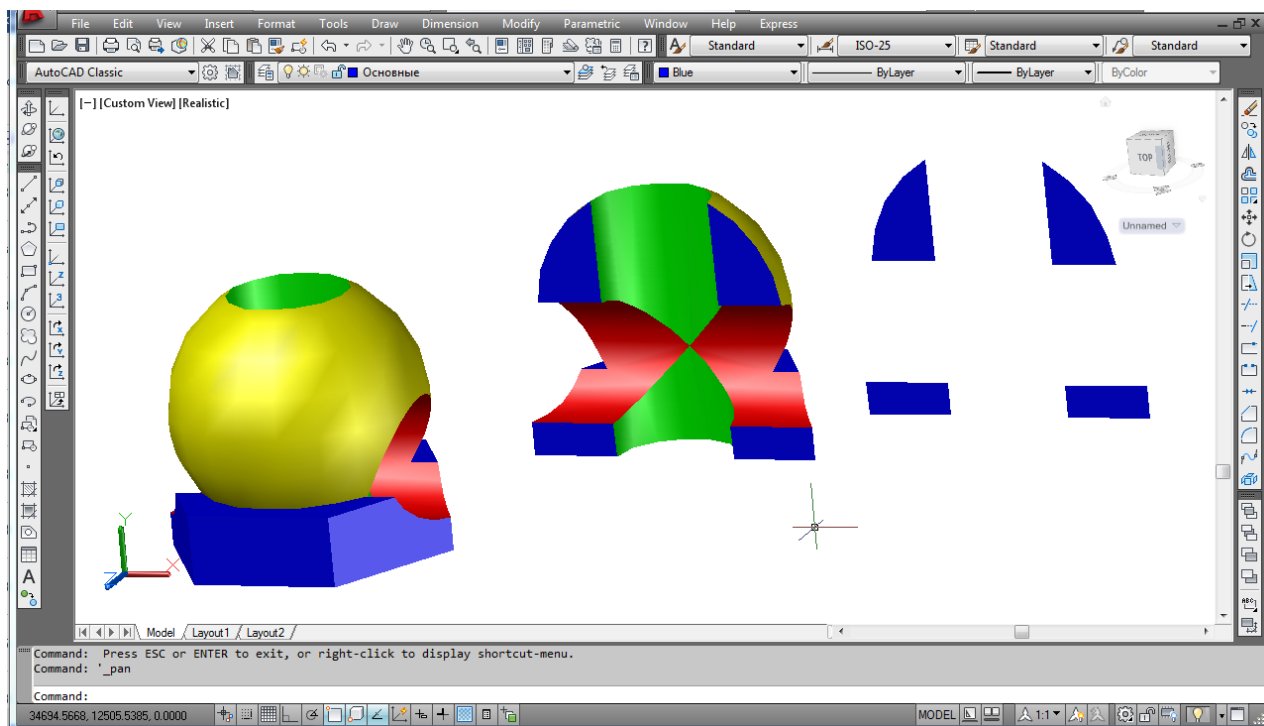


Рис. 49. Пример выполненного профильного разреза и сечения комбинированного тела

По умолчанию секущая плоскость задается путем указания трех точек. Другие варианты выполнения команды Section (Сечение) аналогичны рассмотренным вариантам команды Slice (Разрез).

Наклонное сечение представляет собой область, формируемую на текущем слое, а не на слое, где находится объемное тело.

Для создания сечения в автоматическом режиме необходимо воспользоваться командой SECTIONPLANE (Плоскосечение) на панели инструментов Modeling (Моделирование), которая позволяет, задав предварительно положение секущей плоскости, построить плоский срез твердотельного объекта. Возможны варианты задания положения секущей плоскости:

- Select face (Указание грани) – секущая плоскость устанавливается по указанной грани тела.
- Select point to locate section line (Указание точки) – двумя точками указывается проекция плоскости сечения на плоскость XOY текущей системы координат.
- Draw section (Вычертить сечение) – множеством последовательно заданных точек строится ломаная линия, на основании которой создается проекция сложного ломаного сечения на плоскость XOY текущей системы координат.

- Orthographic (Ортогональное) – указывается плоскость сечения, параллельная одной из основных плоскостей проекций.

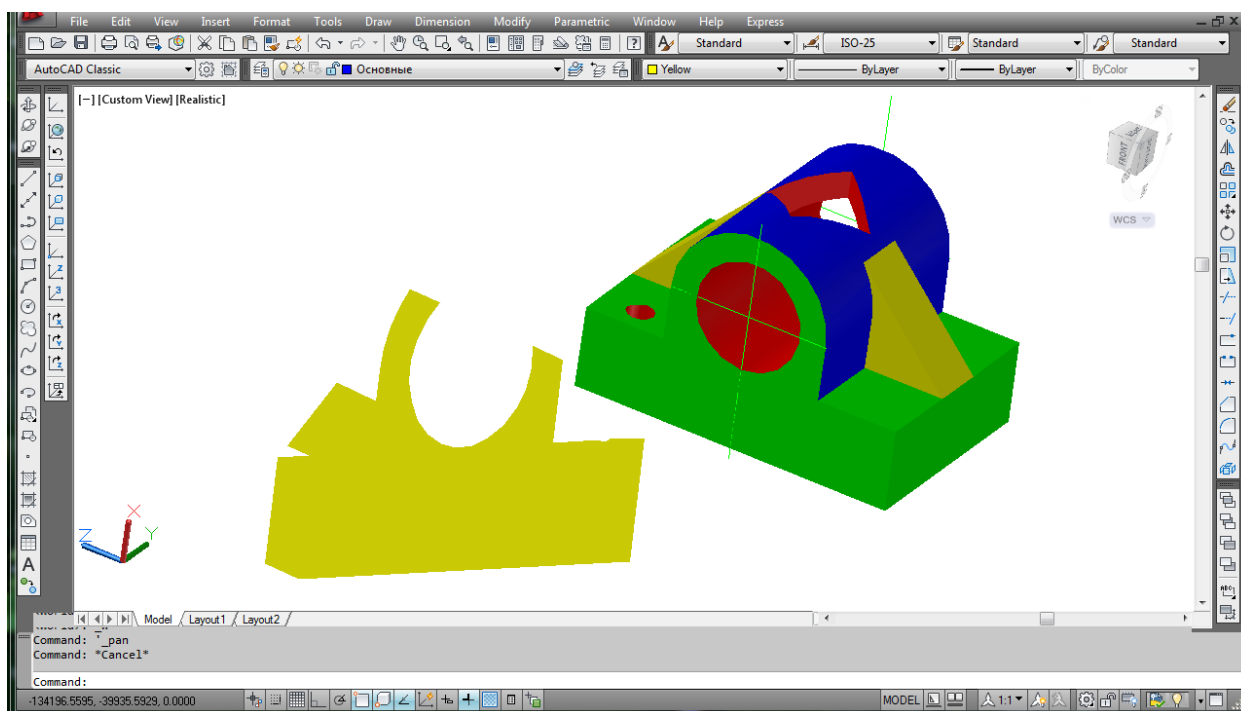


Рис. 50. Пример выполненного наклонного сечения на модели

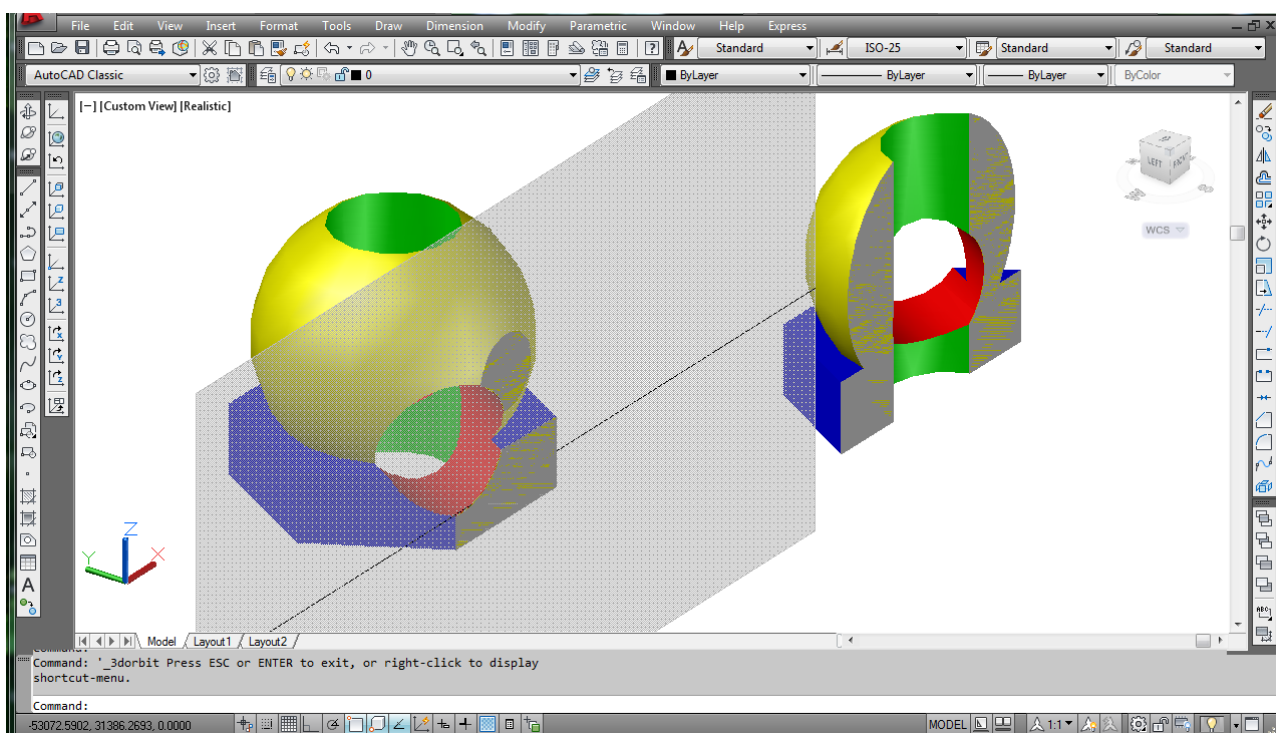


Рис. 51. Создание сечения модели командой SECTIONPLANE (Плоскесечение)

После выбора варианта создания секущей плоскости и завершения всех построений на экране появляется плоскость, выделенная серым цветом. При этом объект остается не рассеченным. Чтобы сечение было создано автоматически

в соответствии с заданной секущей плоскостью, необходимо дважды левой клавишей мыши щелкнуть на секущей плоскости и активизировать команду live-section, это функция псевдоразреза. Объект будет рассечен. Части трехмерного объекта, находящиеся перед секущей плоскостью, а также все другие объекты команда скрывает. Видимыми остаются только объекты, расположенные позади секущей плоскости. Копирование объектов и расположение их перед секущей плоскостью невозможно. При удалении секущей плоскости объект, подвергшийся рассечению, восстанавливается автоматически. Повторный двойной щелчок на секущей плоскости также восстанавливает рассеченный объект, при этом становятся видимыми и все объекты, расположенные перед плоскостью.

Построенное сечение называется «живым», так как оно может динамически трансформироваться при изменении положения секущей плоскости. Это отдельный обособленный объект, который возможно перемещать на свободное поле.

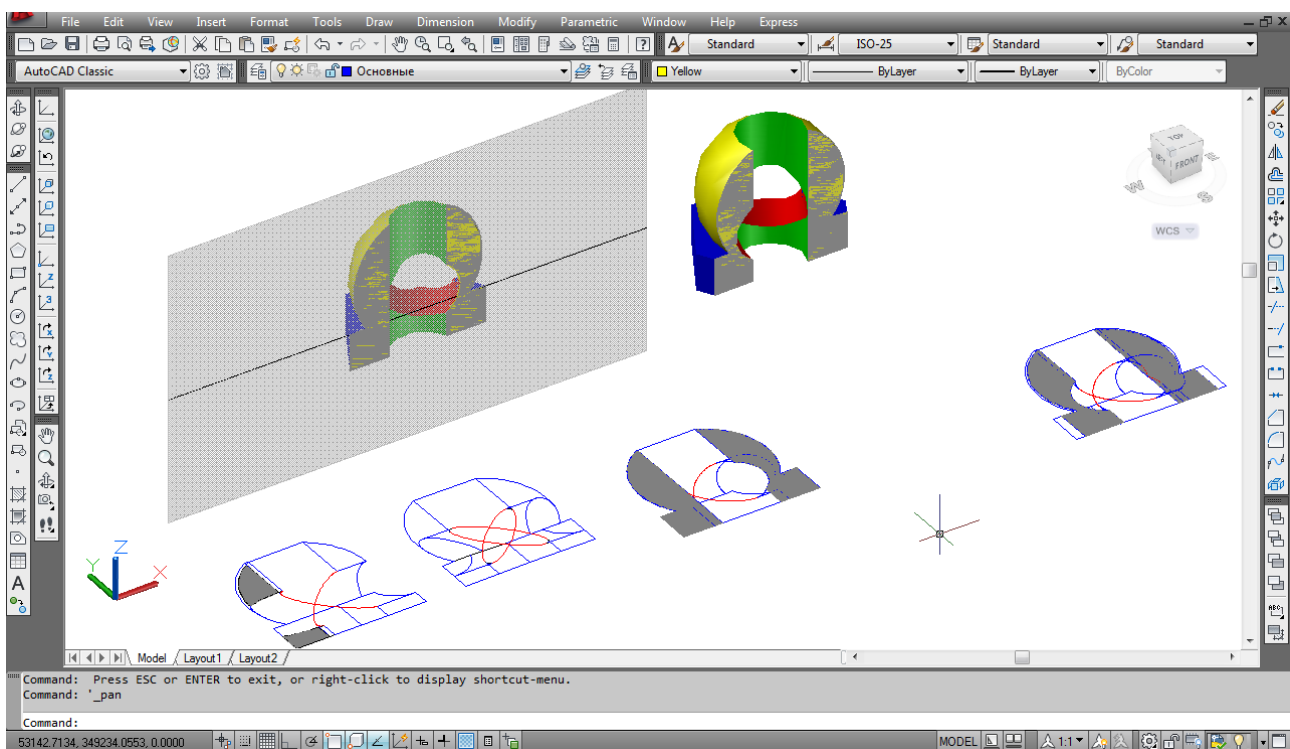


Рис. 52. Автоматическая трансформация сечения модели при изменении положения секущей плоскости.

Теорема Монжа при пересечении внутренних цилиндрических отверстий в модели

Командой SECTIONPLANE (Плоское сечение) можно создавать объекты-сечения в трех режимах: «Секущая плоскость», «Контур-сечение» и «Объем-сечение». В зависимости от выбранного режима режущая плоскость представляется в виде 2D плоскости, 2D прямоугольника или 3D ящика. Особенности режимов следующие:

- «Секущая плоскость». На экране представлена в виде секущей линии и прозрачного указателя секущей плоскости серого цвета. Режущая плоскость расширяется неограниченно во всех направлениях.

- «Контур-сечение». На экране 2D прямоугольник представляет XY границы режущей плоскости. Режущая плоскость уходит в бесконечность вдоль оси Z.
- «Объем-сечение». На экране отображается 3D параллелепипед (ящик), который определяет границы режущей плоскости во всех направлениях.

При выборе объема-сечения отображаются различные типы ручек, которые позволяют регулировать длину, ширину и высоту режущей области, а также выполнять разные функции. Используются следующие типы ручек:

- Базовая ручка. Выполняет функцию ручки базовой точки объекта-сечения для перемещения, масштабирования и поворота объекта-сечения. Она всегда находится рядом с ручкой «Меню».
- Ручка «Меню». Отображает меню режимов объекта-сечения.
- Ручка «Направление». Показывает направление, относительно которого строятся и рассматриваются 2D сечения. Для изменения направления секущей плоскости на противоположное необходимо нажать кнопку мыши на ручке «Направление».
- Ручка «Стрелка». Перемещает сегменты секущей линии в перпендикулярном им направлении. Во время перемещения сегментов их длина изменяется, но угол между смежными сегментами сохраняется.
- Ручки концов сегмента. Действуют аналогично ручкам полилинии, но не могут быть перемещены так, чтобы сегменты пересекались. Ручки концов сегментов отображаются в конечных точках сегментов с изломами.

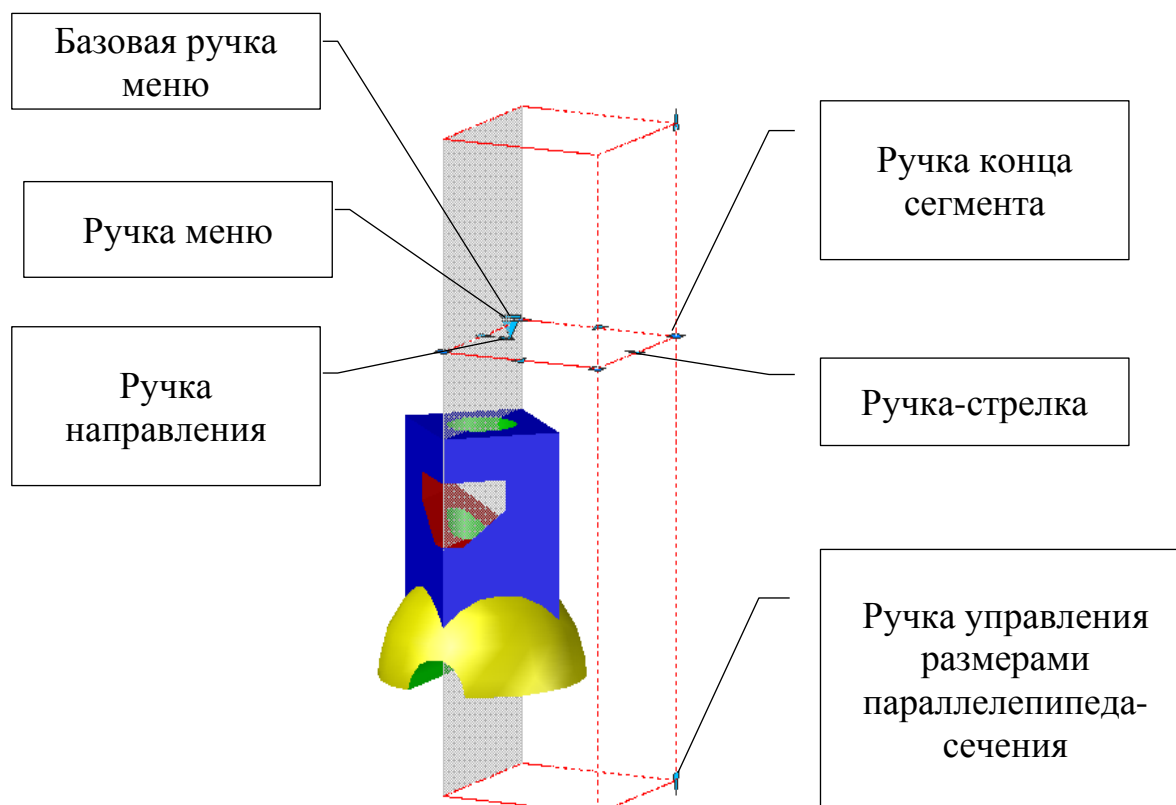


Рис. 53. Расположение ручек в режиме «Объем-сечение»

Невозможно выбрать несколько ручек объекта-сечения одновременно.

Выбрав объект-сечение, можно раскрыть контекстное меню команды SECTIONPLANE (Плоскосечение) и получить доступ к следующим элементам управления, нажав правой кнопкой мыши на поле чертежа:

- Activate live sectioning (Активизировать функцию псевдоразреза). Включает и отключает функцию автоматического рассечения (псевдоразреза) для выбранного объекта.
- Show cut-away geometry (Показывать геометрию срезов). Отображает геометрическую структуру объекта, полученную рассечением в соответствии с параметрами, установленными в диалоговом окне «Параметры сечения». Эта опция доступна при включенной функции псевдоразреза.
- Live section settings (Параметры псевдоразреза). Отображает диалоговое окно «Параметры сечения».
- Generate 2D/3D section (Создание 2D/3D сечения). Создает на поле чертежа в соответствии с объектом-сечением варианты плоского или трехмерного сечения модели в виде блоков, а также вызывает диалоговое окно для их размещения на чертеже.
- Add jog to section (Добавить излом секущей плоскости). Добавляет новый сегмент, излом к секущей линии.

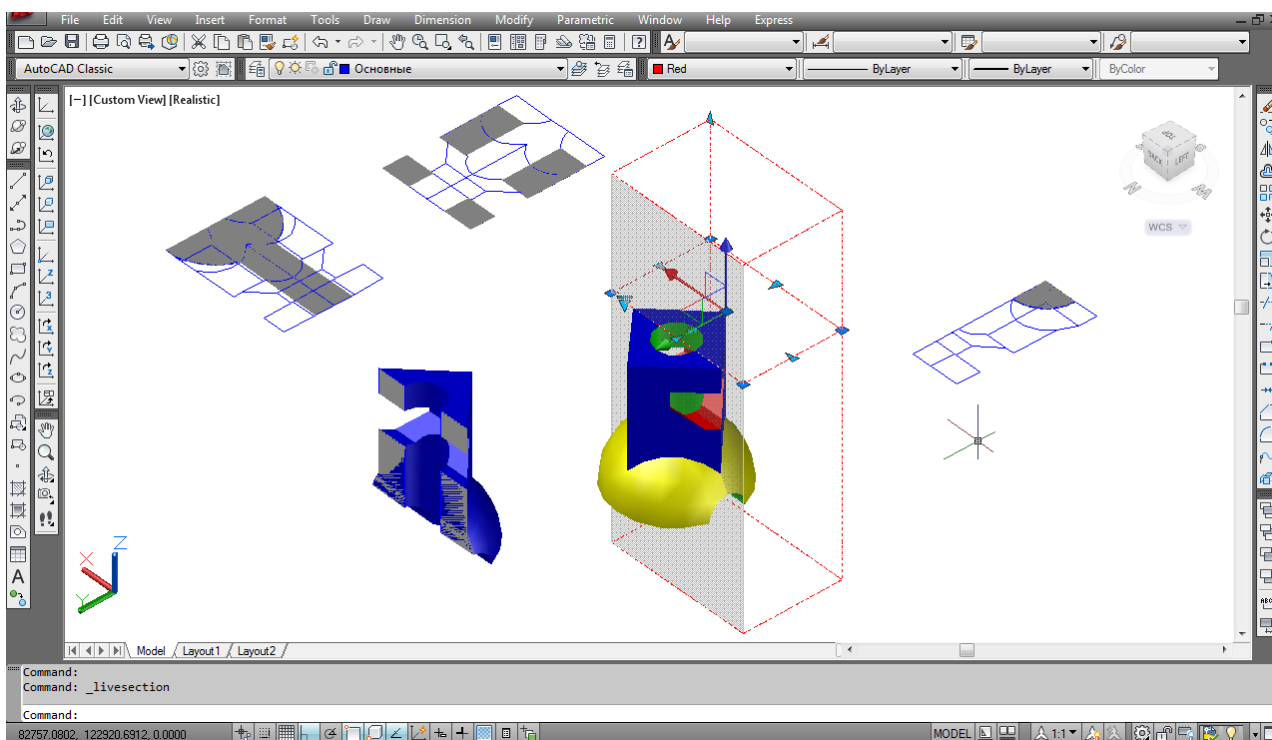


Рис. 54. Создание 2D и 3D сечений комбинированного тела в режиме «Объем-сечение»

Объекты-сечения, точно так же, как и другие объекты AutoCAD, имеют свойства, которые хранятся в секущей линии и могут быть открыты в палитре свойств. Например, можно изменить имя объекта-сечения, слой и тип линий, а также цвет и прозрачность указателя секущей плоскости. Связывание объек-

тов-сечений с именованными видами и камерами выполняется в диалоговом окне View Manager (Диспетчер видов).

Функция псевдоразреза представляет собой аналитический инструмент, позволяющий видеть геометрию среза в 3D теле, поверхности или области в том месте, где объект-сечение пересекает твердотельную модель. Можно применять эту функцию для анализа модели, перемещая объект-сечение назад и вперед, визуализируя ее внутреннее устройство. Использование этой функции возможно только для трехмерных объектов и областей в пространстве Модели системы AutoCAD. После того как объект-сечение создан, функцию псевдоразреза любого объекта-сечения можно включить или отключить вручную, используя контекстное меню команды SECTIONPLANE (Плоскесечение). Если в чертеже имеется несколько объектов-сечений, эта функция может быть активна только для одного из них. Отключение слоя объекта-сечения не приводит к отключению функции псевдоразреза, но при замораживании слоя функция отключается.

Предусмотрена возможность создания области сечения в виде 2D или 3D блока в месте пересечения трехмерной модели объектом-сечением. Тип создаваемого блока задается в диалоговом окне «Создание сечения/уровня» команды SECTIONPLANE (Плоскесечение). Как 2D, так и 3D сечения могут быть вставлены в чертеж в виде именованного блока или сохранены во внешнем файле в виде «блока». Созданные блоки-сечения перед вставкой в чертеж можно переименовывать, поворачивать, изменять масштаб и базовую точку. Управление свойствами отображения блоков 2D/3D сечений осуществляется в диалоговом окне «Параметры сечения» этой же команды.

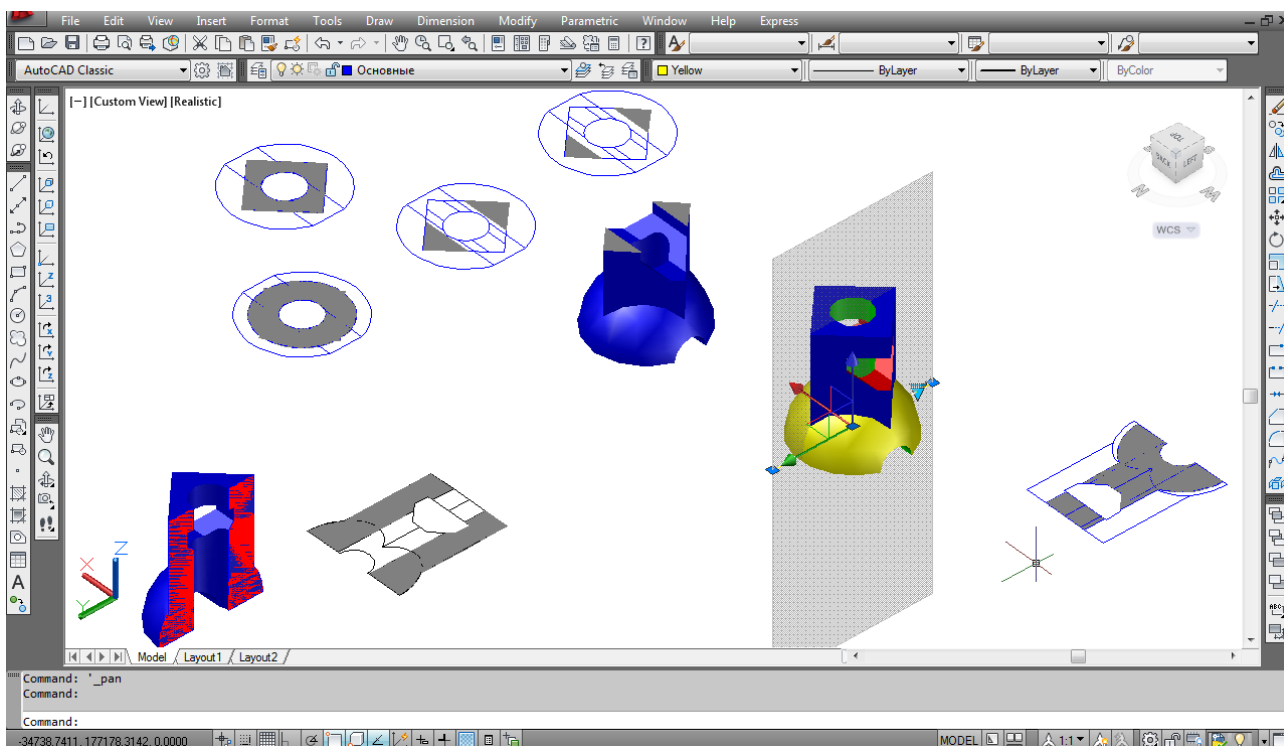


Рис. 55. Создание 2D и 3D блоков-сечений комбинированного тела и их редактирование

Спирали. Пружины. Резьба

Спираль представляет собой открытую 3D кривую. Выполняется командой Helix (Спираль) в разделе Draw (Рисование) или при включении соответствующей пиктограммы на инструментальной панели. Для выполнения команды необходимо задать следующие параметры:

Center point of base – центральная точка основания.

Base radius – радиус нижнего основания.

Top radius – радиус верхнего основания.

Helix height – высота спирали.

Number of turns – количество витков.

Turn height – высота витка.

Twist – направление вращения.

Если для радиуса нижнего и верхнего основания задать равные численные значения будет создана цилиндрическая спираль, в противном случае – коническая спираль. Численные значения этих параметров не должны быть равны нулю. Если присвоить высоте спирали нулевое значение, будет создана 2 D спираль.

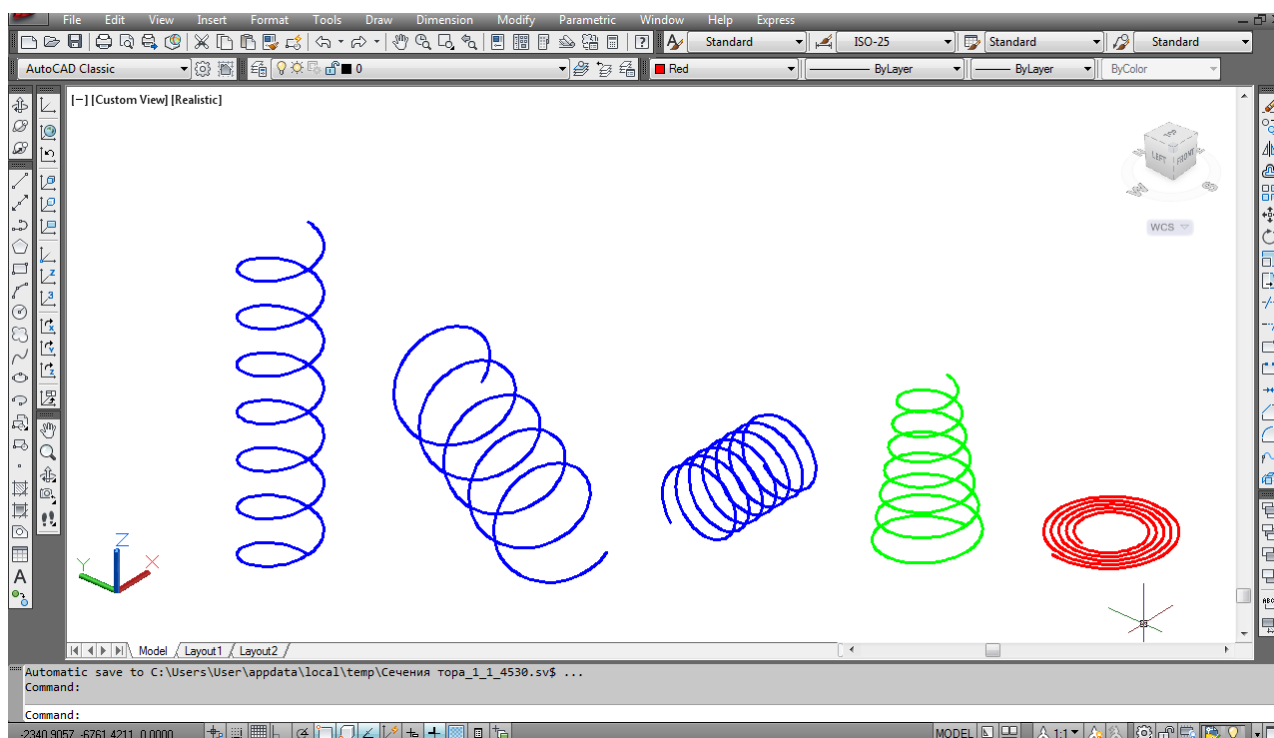


Рис. 56. Примеры выполнения 3D и 2D спиралей

3D спираль, построенную предварительно в качестве траектории, используют для создания твердотельной модели пружины командой Sweep (Сдвиг).

С помощью этой команды выполняется построение или твердотельной модели, или трехмерной поверхности сдвигом контура вдоль замкнутой или разомкнутой 2D или 3D траектории. Команда находится в разделе Draw/Modeling (Рисование/Моделирование). В качестве объекта сдвига можно использовать отрезок, круг, дугу, эллиптическую дугу, эллипс, полилинию, 2D сплайн, область,

2D фигуру, плоскую поверхность, плоские грани тела. При сдвиге вдоль траектории замкнутой кривой образуется тело. При сдвиге вдоль разомкнутой кривой – поверхность. Команду Sweep (Сдвиг) можно использовать сразу для нескольких объектов при условии, что все они находятся в одной плоскости.

Эта команда отличается от команды Extrude (Выдавить). При выполнении сдвига контур автоматически перемещается вдоль траектории и устанавливается перпендикулярным к траектории. Затем контур сдвигается вдоль траектории. При непосредственном выполнении команды или после выполнения команды в палитре Properties (Свойства) возможно изменение следующих параметров:

- Sweep path (сдвиг вдоль траектории);
- Scale (масштабирование вдоль траектории);
- Twist (направление вращения профиля);
- Base point (точка основания);
- Alignment (выравнивание).

При отключении опции Alignment (выравнивание) построенный объект может пересекать сам себя.

Системная переменная DELOBJ определяет, должны ли контур и траектория сдвига удаляться автоматически после построения тела или поверхности, или должен выдаваться запрос на удаление контура и траектории.

Для создания твердотельной модели пружины в качестве исходного контура выполняется окружность, которая затем преобразуется в область. Для создания резьбового профиля строится треугольник (четыреугольник) и также преобразуется в область. Полученные контуры переносятся на спираль и сдвигаются вдоль указанной траектории.

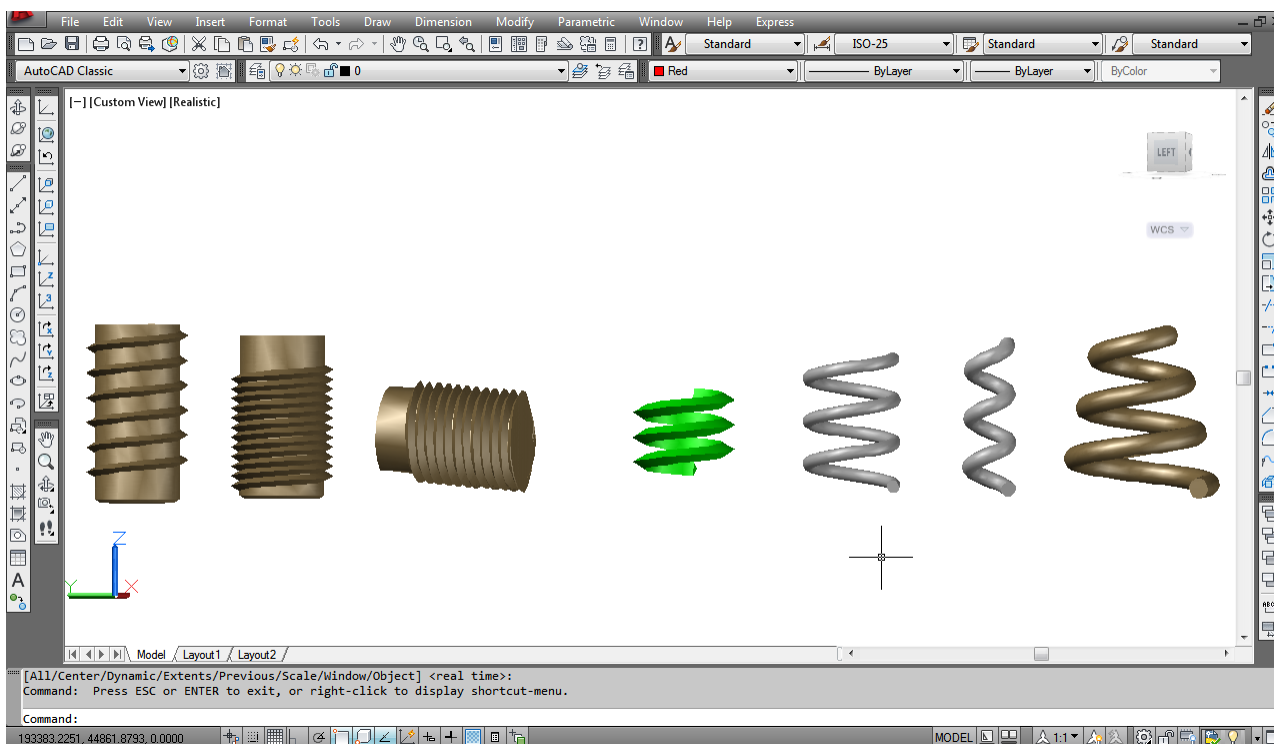


Рис. 57. Пример выполнения пружин, треугольного профиля резьбы, винтовой поверхности, резьбы на цилиндрическом стержне

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Перепелица, Ф. А. Компьютерное конструирование в AutoCAD 2016. Начальный курс: учебно-методическое пособие / Ф. А. Перепелица. – НИУ ИТМО, 2015. – 192 с.
2. Орлов, А. AutoCAD 2016 / А. Орлов. – СПб.: Питер, 2016. – 384 с.: ил.
3. Полещук, Н. Н. Самоучитель AutoCAD 2014 / Н. Н. Полещук. – БХВ – Петербург, 2014. – 464 с.
4. Соколова, Т. Ю. AutoCAD 2012 на 100 % / Т. Ю. Соколова. – СПб.: Питер, 2012. – 574 с., ил.
5. Жарков, Н. В. Полное руководство AutoCAD 2012 / Н. В. Жарков. – СПб.: Наука и техника, 2012. – 624 с.: ил.
6. Жаров, Н. AutoCAD 2012. Полное руководство / Н. Жарков, Р. Прокди, М. Финков. – СПб.: Наука и техника, 2012. – 624 с.: ил.
7. 3D моделирование в AutoCAD, КОМПАС-3D, SolidWorks, Inventor, T-Flex / В. Большаков [и др.]. – СПб.: Питер, 2011. – 336 с.
8. Зелёный, П. В. Инженерная графика. Практикум: учебное пособие / П. В. Зелёный, Е. И. Белякова; под ред. П. В. Зелёного. – Минск: БНТУ, 2011. – 258 с.

Содержание

Введение в трехмерное проектирование в AutoCAD	3
Координаты точек в трехмерном пространстве	5
Объектная привязка в трехмерном пространстве	7
Системы координат	8
Поверхности: грани и сети	9
Команда «Параллелепипед»	12
Команда «Пирамида»	14
Команда «Клин»	15
Команда «Конус»	16
Команда «Цилиндр»	18
Команда «Сфера»	19
Команда «Тор»	19
Трехмерная полилиния	21
Команда «Политело»	22
Команда «Область»	22
Моделирование с помощью тел	24
Общие методы редактирования трехмерных объектов	30
Расширенные методы редактирования трехмерных объектов	37
Режимы отображения трехмерных объектов	38
Подавление скрытых линий	41
Просмотр трехмерных моделей	41
Управление стилем отображения трехмерных объектов (параллельная и перспективная проекции)	43
Видовые экраны пространства Модели	46
Видовые экраны пространства Листа	48
Инженерные расчеты средствами AutoCAD	50
Тонирование трехмерных объектов	53
Выполнение разрезов	61
Выполнение сечений	62
Спирали. Пружины. Резьба	69
Список литературы	71

Учебное издание

ГИЛЬ Светлана Валентиновна

**ТРЕХМЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
СРЕДСТВАМИ AUTOCAD**

Учебно-методическое пособие

Редактор *Е. В. Герасименко*
Компьютерная верстка *Н. А. Школьниковой*

Подписано в печать 20.08.2020. Формат 60×84 ¹/₈. Бумага офсетная. Цифровая печать.
Усл. печ. л. 8,49. Уч.-изд. л. 3,32. Тираж 300. Заказ 1089.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя
печатных изданий № 1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.