

Н.В. Новик
О.И. Филатова

**ВИДЫ ТРЕХМЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ И СПОСОБЫ ИХ
СОЗДАНИЯ В СРЕДЕ AutoCAD**

Методическое пособие

Аннотация:

В методическом пособии рассмотрены способы создания различных видов трехмерных моделей в системе автоматизированного проектирования AutoCAD (каркасные модели, твердотельные модели, сети, поверхности). Описаны основные свойства трехмерных объектов и их визуализация. Изложены простейшие способы редактирования построенных трехмерных моделей объектов.

Для студентов высших учебных заведений, изучающих работу в системах автоматизированного проектирования.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	
Глава 1. Свойства объектов и их визуализация	
1.1. Свойства объектов.....	
1.2. Визуализация трехмерных объектов.....	
Глава 2. Построение трехмерных моделей.....	
2.1. Каркасные (проволочные) модели.....	
2.2. Сети.....	
2.3. Поверхности.....	
2.4. Твердотельные модели.....	

ВВЕДЕНИЕ

Целью данного пособия является изучение методов построения различных трехмерных моделей (3D модели).

AutoCAD позволяет, как и большинство графических пакетов, создавать не только плоские объекты, но и пространственные модели. В среде AutoCAD можно создавать пространственные 3D модели с использованием таких типов объектов, как каркасные модели, твердотельные модели, сети и поверхности.

Твердотельная модель – представляет собой 3D тело, обладающее массой и объемом. Например, куб представляет собой часть пространства, ограниченную шестью гранями.

Модель поверхности – это тонкая оболочка, не имеющая массы или объема. Например, куб представляет собой бесконечно тонкую пленку, натянутую на грани. В графическом пакете AutoCAD можно строить два вида поверхностей: процедурные и NURBS-поверхности. Процедурные поверхности создаются методами ассоциативного моделирования, а NURBS-поверхности при помощи управляющих вершин.

Модель сети – состоит из вершин, ребер и граней. Для определения формы используются полигоны. Сеть, как и поверхность, не имеет массы и объема.

Каркасная модель – это скелетное представление 3D объекта. Каркасная модель состоит из точек, отрезков и кривых, описывающих кромки объекта.

Для каждого типа моделей существует своя техника создания и редактирования объектов. Кроме того, можно преобразовывать один тип модели в другой, чтобы воспользоваться преимуществами редактирования для разных типов моделей.

Глава 1

Свойства объектов и их визуализация

1.1. Свойства объектов

У каждого примитива есть свои характеристики – цвет, слой, координаты центра, тип линии и т.д. Все эти параметры называются свойствами объектов. Свойства объектов управляют внешним видом и поведением объектов.

Задание 1. Создайте три слоя – первый, второй, третий. В каждом слое установите разные цвета. В первом слое постройте шестиугольник с центром в начале координат и радиусом описанной окружности 50. Поставьте изометрическое изображение детали (падающее меню **Вид/3D виды/СВ изометрия**). Выделите объект, вызовите контекстное меню (правая клавиша мыши) и выберите команду **Свойства**. На экране появится окно свойств.

Верхняя строка окна содержит название выбранного объекта. Если выбрано несколько примитивов, можно просматривать свойства каждого примитива поочередно или общие свойства всех примитивов. Существуют общие свойства, которые имеются у всех объектов: цвет, слой, тип линии, масштаб типа линии, высота и т.д. Остальные свойства объектов определяются их типами. Геометрические свойства описывают геометрию объекта и его расположение на чертеже: вершина X, вершина Y, глобальная ширина, площадь, длина и т.д. Все свойства можно менять непосредственно из окна свойств.

Рассмотрим подробнее свойство цвет и привязку этого свойства к слою. В строке **Цвет** указывается не цвет, а содержится указание «по слою», т.е. цвет объекта такой же, как цвет слоя, содержащего этот объект. Переместите объект во второй, а затем в третий слой (изменить содержание строки «слой»), цвет объекта будет изменяться.

Свойство **Цвет** можно привязать не к слою, а непосредственно к объекту. Щелкните мышкой по строке «Цвет» и установите красный цвет. Если теперь перемещать объект из одного слоя в другой, его цвет не изменится.

В строке «*высота*» задайте высоту 60. Плоская фигура преобразуется в объемную поверхность. Измените геометрические свойства: глобальную ширину, уровень, длину и посмотрите изменения модели.

Задание 2. Постройте следующие объекты: отрезок, дуга, окружность, прямая. Используя окно свойств, измените расположение этих объектов, их размеры, высоту, толщину, уровень, цвет.

1.2. Визуализация трехмерных объектов

В левом верхнем углу графического экрана находятся элементы управления видами моделей и визуальными стилями. Рассмотрим эти возможности.

1.2.1 Визуальные стили

Система AutoCAD позволяет представлять трехмерные объекты в различных режимах. Вызовите список пользовательских визуальных стилей (левый верхний угол графического экрана):

- **2D каркас:** объекты представляются в виде отрезков и кривых;
- **Концептуальный:** грани закрашиваются заданным цветом, переходы граней сглаживаются с помощью цветовых оттенков, плавность раскраски в этом случае более высокая;
- **Реалистичный:** грани многоугольников закрашиваются заданным цветом, сквозь них просвечивает каркас;
- **Тонированный;**
- **Каркас;**

- скрывание линий: невидимые ребра не отображаются.

Задание 3. Просмотрите объекты, выполненные в предыдущем задании, используя различные стили визуализации.

1.2.2 Задание различных видов созданной модели

Вызовите список пользовательских видов модели (левый верхний угол графического экрана). В меню находятся команды установки стандартных ортогональных видов (*Спереди, Сверху, Слева, Справа, Сзади, Снизу*) и четырех видов изометрии. Кроме стандартных, можно задать произвольный вид – команда *Диспетчер видов*.

Также для установки видов удобно использовать видовой куб, который находится в верхнем правом углу графического экрана. Для изменения вида нажмите на стрелки рядом с кубом, указывающие направление взгляда.

Задание 4. Просмотрите различные виды созданных объектов, используя видовой куб и список пользовательских видов модели.

1.2.3 Изменение ориентации детали

Для просмотра модели с разных сторон служит динамический поворот.

Для вращения детали можно использовать видовой куб, перемещая графический курсор по его орбите.

Также вращение детали можно осуществлять движением мышки, нажав одновременно клавишу «*Shift*» и колесик на мышке.

Задание 5. Используя динамическое вращение, просмотрите созданный объект с разных сторон.

Отметим, что, как и любые команды, список режимов визуализации, список видов и команды динамического вращения (орбиты) можно вызывать разными способами – например, из выпадающего меню, из ленты (справочник F1).

Глава 2

Построение трехмерных моделей

2.1. Каркасные (проволочные) модели

Конструктивными элементами такой модели являются ребра (линии). Пример каркасной модели представлен на рисунке 1. Данная модель выполнена с использованием команды «отрезок». Как было показано в пункте 1.2.1, система AutoCAD позволяет просматривать в каркасном представлении любые модели (поверхности, сети, твердые тела).

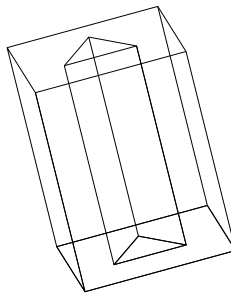


Рис. 1

2.2. Сети

Для построения пространственных объектов установите рабочее пространство **3D моделирование**. Команды для построения сетей расположены на вкладке **Сети**. Также эти команды можно вызвать из меню **Черчение/Моделирование/Сети**.

При создании сетей удобно использовать различные степени сглаживания. Щелкните стрелку на название панели **Примитивы** (рис. 2).

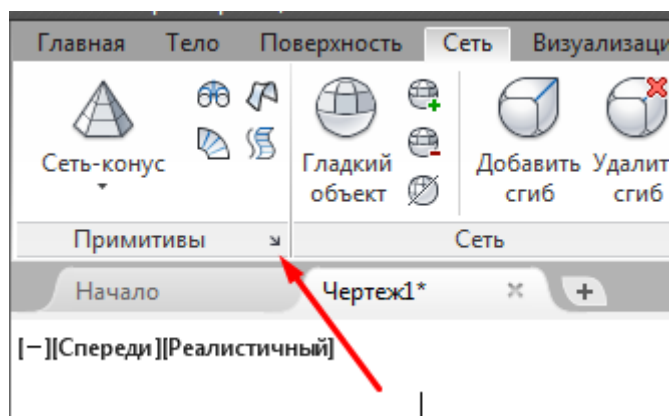


Рис. 2

Появится окно «Параметры сетевых примитивов» (рис. 3). В левом окне выберите сетевой примитив конус, поменяйте степень сглаживания и в окне предварительно просмотра посмотрите изменение объекта.

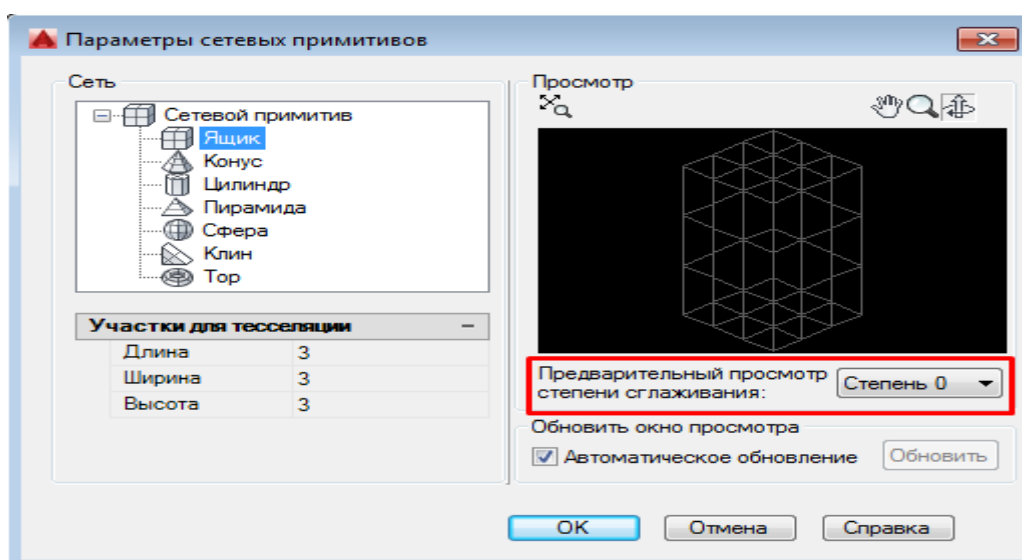


Рис. 3

Рассмотрим команды, которые позволяют создавать сети.

Примитивы

Библиотека содержит команды построения в виде сетей: параллелепипеда (ящик), конуса, цилиндра, пирамиды, клина, тора.

Задание 6. Постройте сети-примитивы, изображенные на рисунке 4.

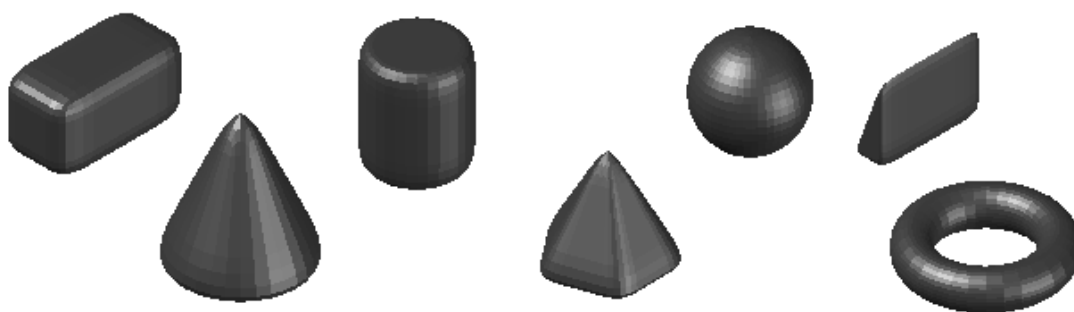


Рис. 4

3Dсеть

Построение полигональных сетей произвольной формы. Команда вызывается вводом в командную строку ***3Dсеть*** или ***3-сеть***. Позволяет строить трехмерные сетевые объекты любой формы. Поверхность задается в виде узлов, на которые натягивается сеть. Сначала задается количество точек по оси X, потом количество точек по оси Y. Далее для каждой точки из матрицы задаются три координаты.

Задание 7. Постройте произвольную трехмерную сеть. Для наглядности при задании точек, координаты X и Y задайте как для матрицы, а Z произвольные. Например, выберем размер массива 3*3: M=3, N=3.

Номер верши- ны	0,0	0,1	0,2	1,0	1,1	1,2	2,0	2,1	2,2
X	10	20	30	10	20	30	10	20	30
Y	10	10	10	20	20	20	30	30	30
Z									

Выделите построенный объект, используя контекстное меню вызовите окно свойств. Для созданной полигональной сети возможны разные виды сглаживания (строка ***Сглаживание*** в окне свойств) – квадратичное, кубическое, Безье. Просмотрите, как меняется сеть при различных способах сглаживания.

Сеть вращения

Команда создает многоугольную сеть, аппроксимирующую поверхность вращения путем вращения образующей вокруг оси вращения. В качестве образующей могут использоваться следующие объекты: отрезок, дуга, круг, эллипс, полилиния, сплайн, замкнутые полилинии и т. д. Ось вращения задается отрезком.

Задание 8. Постройте следующие сети вращения (рис. 5): открытый и закрытый тор, конус с углом раствора 270 градусов, эллипсоид (сжатый и вытянутый), поверхность типа вазы (для задания образующей вазы удобно использовать команду *Сплайн*).

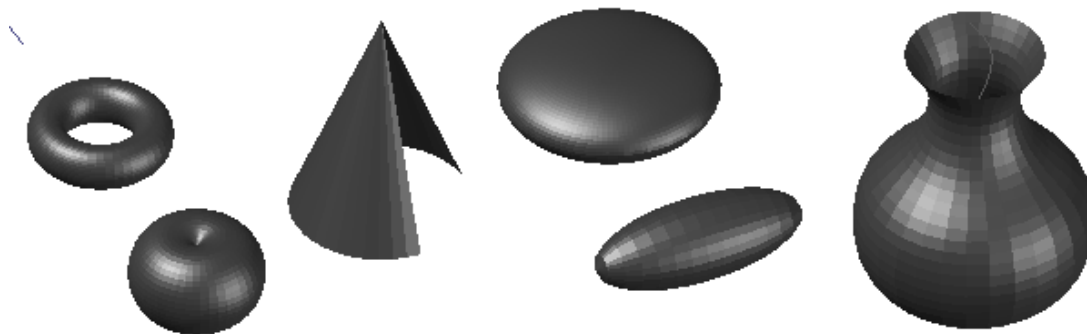


Рис. 5

Как и любую сеть, сеть вращения можно сглаживать. Можно задать уровень гладкости до вычерчивания объекта, можно сгладить уже готовый объект (например, используя строку *Сглаживание* в окне свойств). При задании любой сети используются параллели и меридианы, от их количества зависит изображение сети.

Задание 9. Для дальнейшего построения конуса постройте образующую и ось вращения (рис. 6). Конус будет иметь нижнее основание, поэтому объект для вращения надо задать полилинией. Сделайте две копии этого чертежа для построения конусов с различными плотностями сетки.

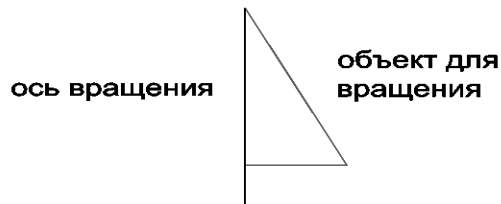


Рис. 6

Задайте количество параллелей и меридиан равное шести. Для этого в командной строке наберите имя системной переменной *surftab1* и задайте значение 6. Аналогично вызовите переменную *surftab2* и тоже установите значение 6. Вычертите первый конус. Теперь задайте значения переменных – 30. Вычертите другой конус. На рисунке 7 показано каркасное представление полученных сетей и тонированное с кромками.

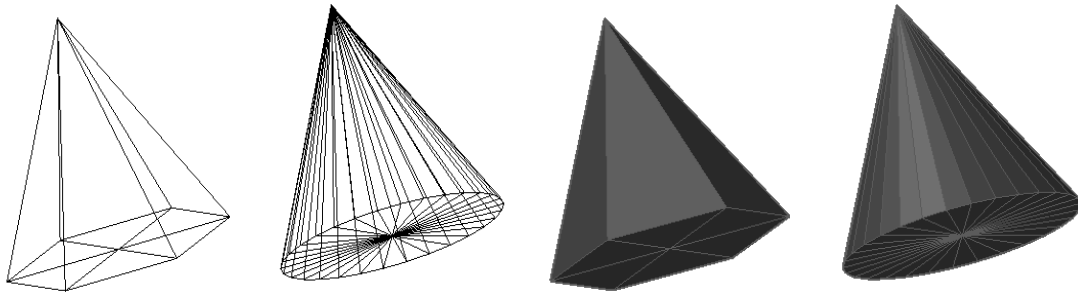


Рис. 7

При изменении количества линий сети (переменные *surftab*) форма детали не меняется, положение основания не меняется. Аппроксимация поверхности происходит большим числом полигонов, что делает изображение более реалистичным.

Установите для конусов сглаживание (например, используя меню свойств). При сглаживании происходит изменение всех ребер объекта, в том числе и основания. Форма и размеры меняются. Обратите внимание, что характер сглаживания зависит от количества линий сети. На рисунке 8 представлены конусы при третьем уровне сглаживания.

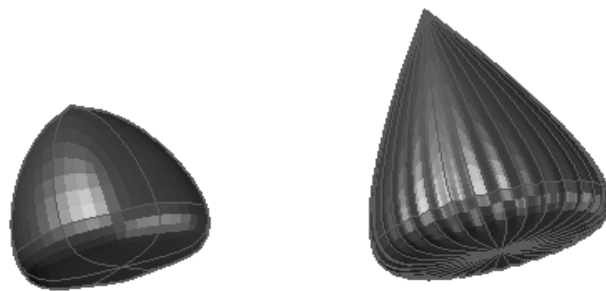


Рис. 8

Сеть сдвига

Поверхность сдвига определяется образующей (отрезок, дуга, круг, эллипс, 2D и 3D полилиния, сплайн), которая смещается вдоль направляющего вектора – в указанном направлении и на указанное расстояние. Направляющий вектор удобно задавать отрезком.

Задание: Задайте образующую пространственной кривой. Постройте трехмерную сеть сдвига.

Сеть соединения

Поверхность натягивается на две кромки. В качестве кромок можно использовать различные объекты: отрезок, точка, дуга, круг, эллипс, 2D и 3D полилинии, сплайн.

Задание 10. Создайте две пространственные линии, например, командой отрезок. Вызовите команду ***Сеть соединения***. При создании поверхности в командной строке появляется запрос «выберите определяющую кривую». При указании на кривую подведите графический курсор к тому концу кривой, от которого начнется построение сети. Попробуйте еще раз нарисовать поверхность, но при указании на вторую кривую укажите точку ближе к другому концу. Сравните полученные поверхности. При указании на объект также указывается конец, с которого начнется построение поверхности.

Задание 11. Для создания модели четырехугольной призмы со сквозным отверстием (рис. 9в), постройте прямоугольник и окружность (рис. 9а). Сделайте две копии этого чертежа для выполнения заданий из параграфов

4 и 5. Для задания поверхности проведите две полилинии (рис. 9б) и натяните сеть на левую сторону. Если полученная поверхность плохо аппроксимирует фигуру, увеличьте количество параллелей и меридиан (переменные *surftab1* и *surftab2*). Далее аналогично натяните сеть на правую часть. Придайте высоту 20 единиц прямоугольнику и окружности. Скопируйте поверхности одного основания на другое.

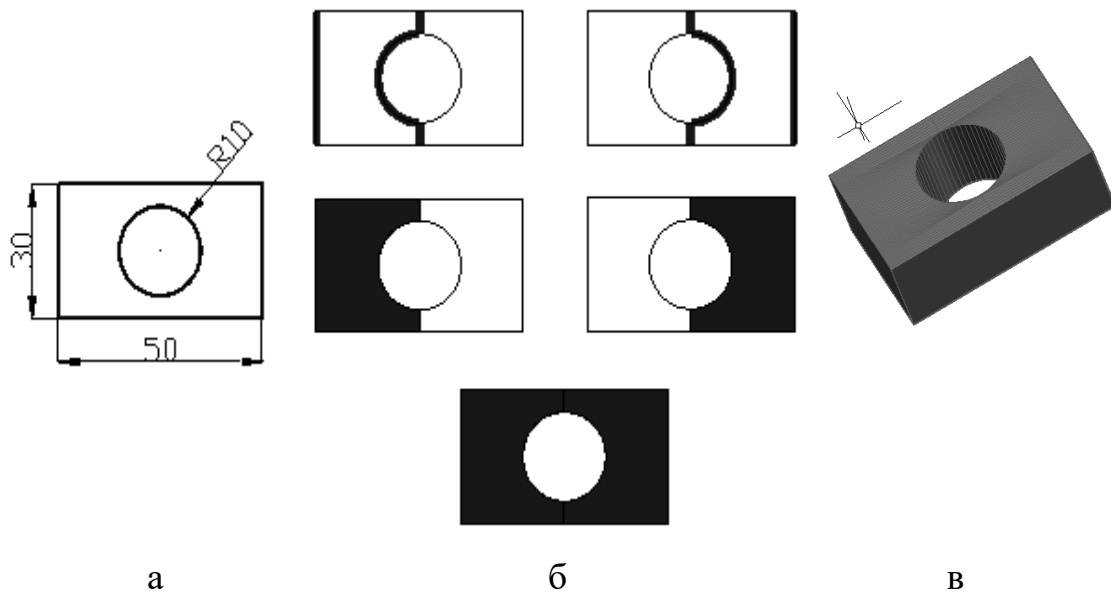


Рис. 9

Сеть по кромкам

Сеть натягивается на четыре кромки. Конец одной кромки должен являться началом другой. В качестве кромок могут использоваться объекты: отрезок, дуга, полилинии, сплайн.

Задание 12. Постройте произвольную поверхность по четырем краям, каждый край – трехмерная линия.

3D грань

Предназначена для построения плоских поверхностей с тремя или четырьмя краями.

Для изучения 3Dграней выполним чертеж четырехугольной призмы со сквозным отверстием (рис. 10а). Постройте боковые грани призмы. Для

этого выполните чертеж, приведенный на рис. 10б, и установите для отрезков высоту 80 единиц. Выполните тонирование (раскрашивание) объекта. В строящемся объекте появились боковые грани. Для натягивания верхней грани воспользуемся командой **3Дгрань**, которая натягивает грань между четырьмя введенными точками.

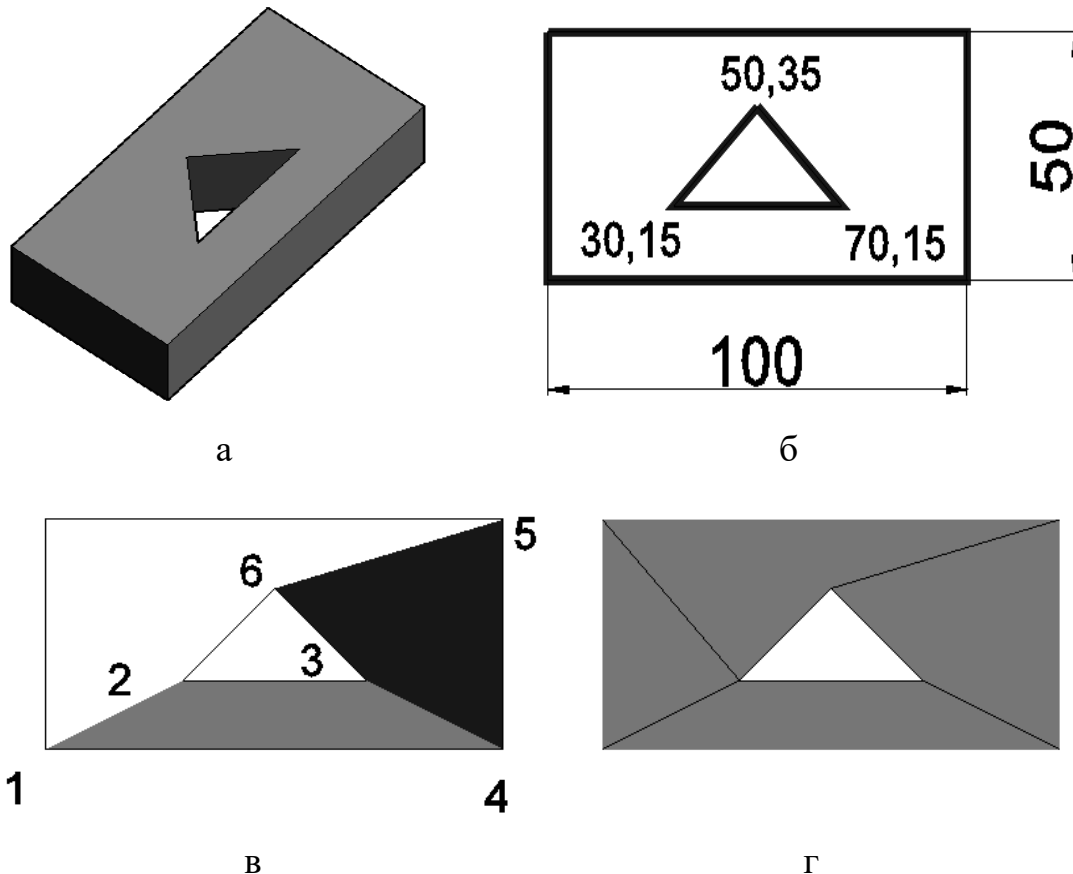


Рис. 10

Вызовите команду **3Дгрань** и укажите последовательно, в соответствии с запросами в командной строке, на четыре точки, используя режимы привязки (рис. 10в). Не выходя из команды, задайте вторую грань, для этого достаточно указать на точки пять и шесть, так как две точки второй грани – третья и четвертая – уже заданы. Аналогично достройте другие грани на верхнем основании. Скопируйте верхнее основание на место нижнего (рис. 10г).

2.3. Поверхности

Система AutoCAD позволяет строить различные типы поверхностей. Ряд поверхностей можно получить разными способами. Например, поверхность конуса можно создать как поверхность вращения и как поверхность выдавливания.

2.3.1. Построение поверхностей

Команды для построения поверхностей расположены на вкладке ***Поверхности*** рабочего пространства ***3D моделирование***. Также эти команды можно вызвать из меню ***Черчение/Моделирование***.

Сдвиг и вращение

Работают аналогично одноименным командам из вкладки ***Сети***, только полученный объект будет поверхностью.

Выдавить

Работает аналогично одноименной команде из вкладки ***Тело***, только полученный объект будет поверхностью. Можно выдавливать замкнутые и незамкнутые 2D и 3D кривые.

Плоская поверхность

Позволяет создавать плоские поверхности внутри замкнутого контура. При выборе контура можно указать последовательно на все границы контура, или, если поверхность создается внутри одного объекта, указать на объект. При создании прямоугольной поверхности можно указать на противоположные углы создаваемого объекта. Примеры плоских поверхностей приведены на рисунке 11.

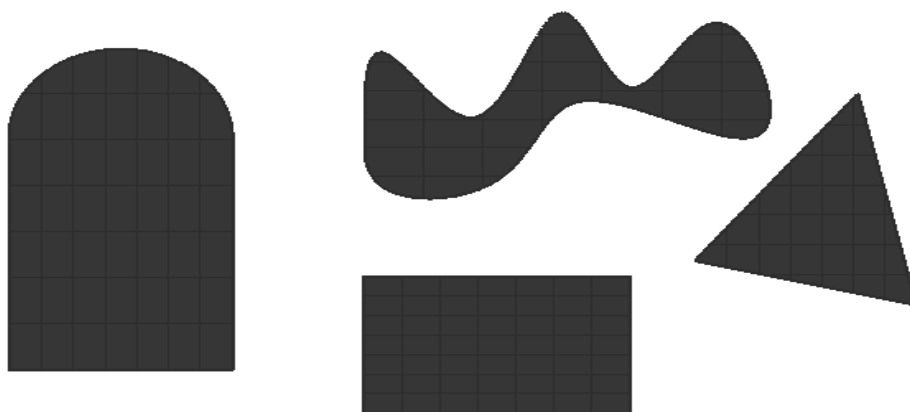


Рис. 11



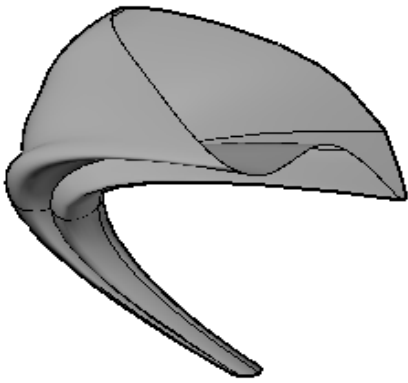
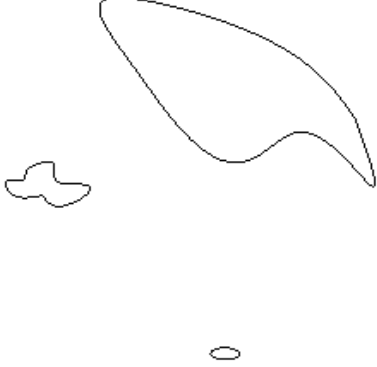
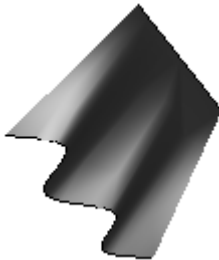



Задание 13. Вычертите плоскую поверхность, ограниченную эллипсом и поверхность, ограниченную замкнутой ломанной.

Команда **Лофт** (задание поверхности по сечениям) позволяет строить поверхности путем задания ряда поперечных сечений. При вычерчивании поверхности каждое сечение автоматически делится на одинаковое число сегментов, через соответствующие точки деления на сечениях проводится плавная линия. Множество плавных линий, проведенных через каждый сегмент, и образуют лофт-поверхность. Плавные линии, проводимые через сечения, не должны пересекать сами себя, иначе поверхность построить будет невозможно, в командной строке появится соответствующее сообщение.

Если в качестве сечений берутся замкнутые линии, то они должны находиться в разных плоскостях. Примеры лофт-поверхностей и сечений, через которые они построены, приведены в таблице 1.

Таблица 1

поверхность	образующие сечения
	

	
	
	 образующие лежат в разных плоскостях
	 Образующие лежат в одной плоскости

Задание 14. Постройте пространственные лофт-поверхности по двум и более сечениям.

2.3.2. Редактирование поверхностей

Команды редактирования поверхностей находятся на вкладке **Поверхность**, панель **Редактировать**.

Обрезать

Для изучения команды выполните чертеж двух конусов, рисунок 12. Вызовите команду **Обрезать**, выберите обрезаемые объекты – укажите на первый конус (после окончания выбора нажмите клавишу «Enter»), выберите режущую поверхность – укажите на второй конус (после окончания выбора нажмите клавишу «Enter»), выберите обрезаемую область – укажите на область первого конуса, которую надо удалить.

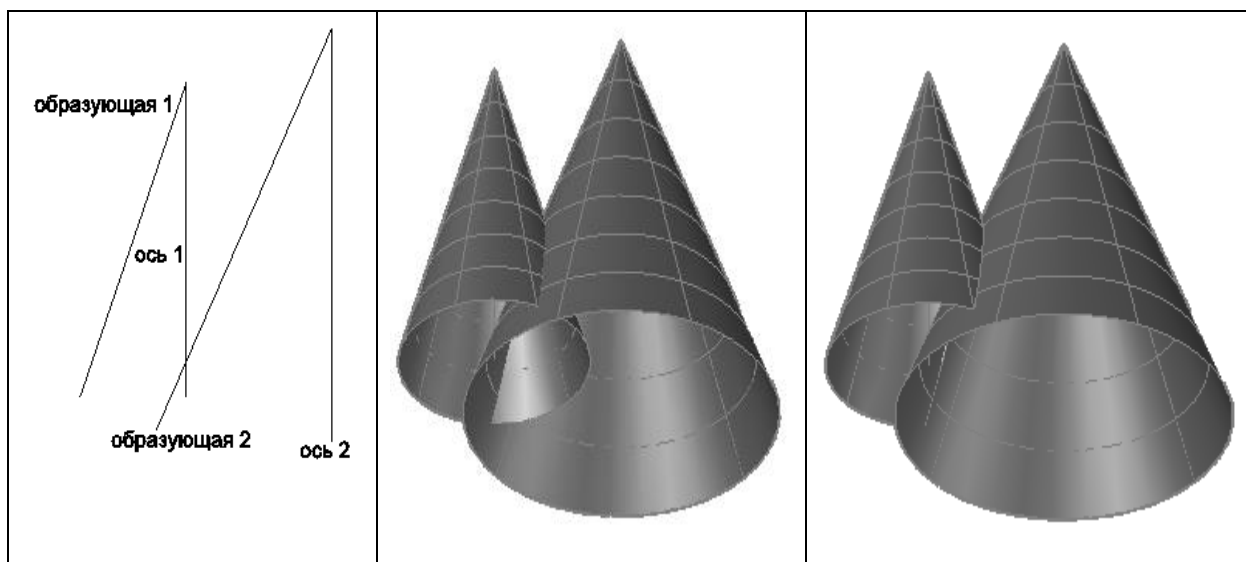


Рис. 13

Удлинить поверхность

Команда позволяет удлинить поверхность на заданное расстояние. Удлините конусы из предыдущего задания на произвольную величину.

Отменить обрезку поверхности

Команда позволяет отменить обрезку. Используя команду, восстановите часть первого конуса, обрезанную ранее.

Замыкание

Команда создает поверхности, натянутую на замкнутые кромки поверхностей или на замкнутый кривые.

Задание 15. Постройте поверхность нижнего основания конуса.

Задание 16. Построить поверхность, изображенную в визуальном стиле «тонирование с кромками» на рисунке 14 (описание построений дано ниже).

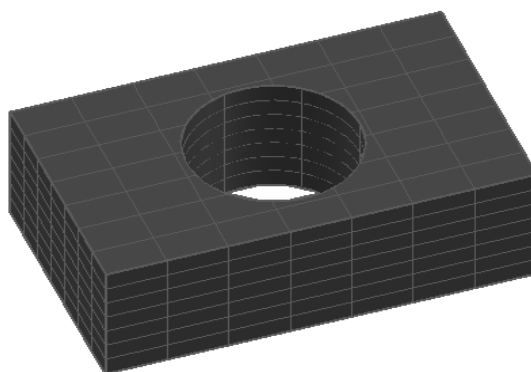


Рис. 14

Эта деталь уже создавалась в виде сетей (рис. 9в). На основе плоского чертежа (рис. 9а) вычертите плоскую поверхность-прямоугольник (команда **Плоская поверхность**). При помощи команды **Обрезать** удалите область круга. Для этого на запрос обрезаемые поверхности укажите на плоскую поверхность-прямоугольник, на запрос режущие кромки – укажите на окружность. Скопируйте получившуюся поверхность на высоту 20. При помощи команды **Выдавить** создайте боковые грани и боковую поверхность цилиндра высотой 20 (чтобы захватить кромки, нажмите клавишу «Ctrl»).

Каркасное представление построенных объектов детали (рис. 15) дает наглядное представление различий в формировании сети и поверхности в данном примере.

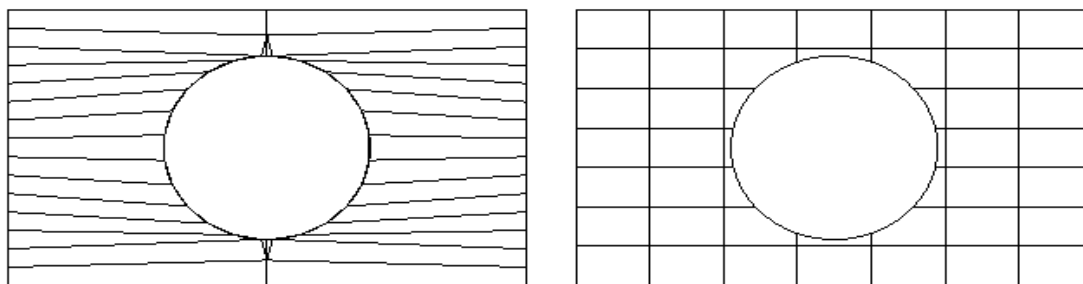


Рис. 15

2.4. Твердотельное моделирование

Твердотельная модель представляет собой часть пространства, ограниченную поверхностями. Твердотельное моделирование позволяет создавать не такое разнообразие форм как поверхности и сети, однако имеет больше возможностей редактирования.

Тела можно строить на базе элементарных форм: параллелепипедов, конусов, цилиндров, сфер, торов и клинов, а также путем выдавливания двумерных объектов или вращения их вокруг оси. Команды для построения 3D тел расположены на вкладке **Тело** рабочего пространства **3D моделирование**. Также эти команды можно вызвать из меню **Черчение/Моделирование**.

2.4.1. Построение 3D тел (твердых тел)

Стандартные 3D тела.

Задание 17. Просмотрите библиотеку стандартных твердых тел и постройте все тела, представленные в библиотеке (ящик, клин, конус, шар, цилиндр, тор, шестиугольную пирамиду), рисунок 16.

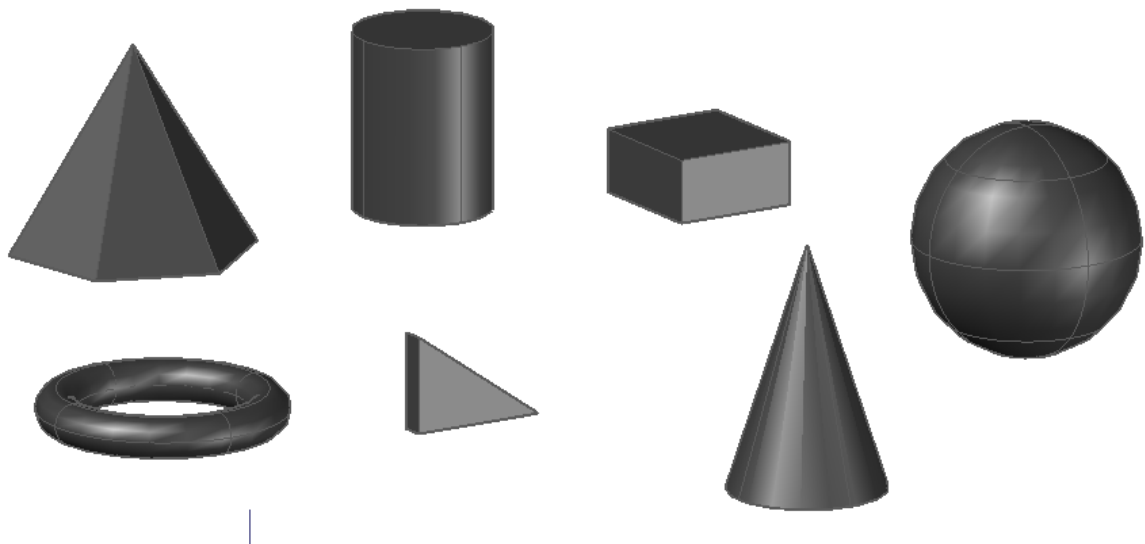


Рис. 16

3D тела, полученные методом выдавливания

В качестве выдавливаемого объекта можно использовать замкнутые 2D и 3D кривые. Если кривые незамкнутые, получатся поверхности.

Задание 18. Постройте окружность радиуса 30 (рис. 17а). Используя команду **Выдавить** вычертите прямой цилиндр высотой 30 (рис. 17б). Используя различные опции команды, постройте:

- усеченный конус, опция «*угол сужения*» (рис. 17в);
- наклонный цилиндр, опция «*направление*» (рис. 17г);
- тело, полученное выдавливанием окружности вдоль траектории (рис. 17д, 17е).

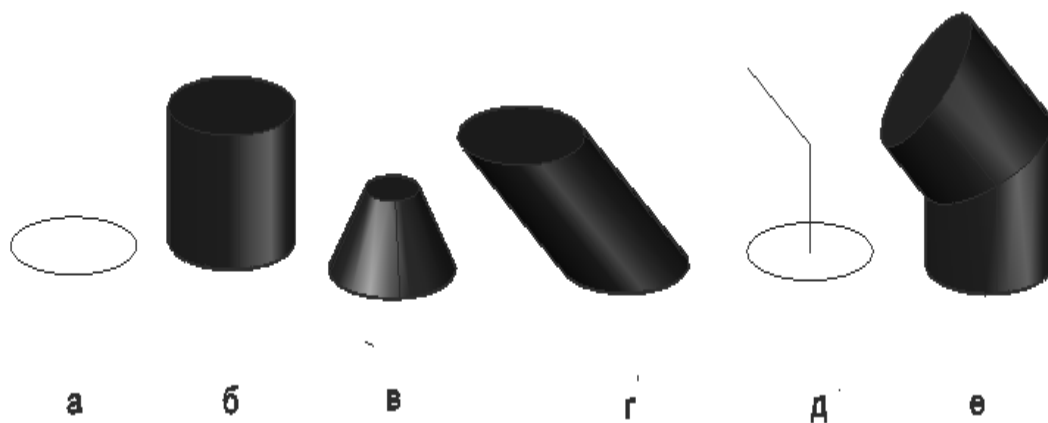


Рис. 17

3D тела, полученные методом вращения

Создание твердых тел методом вращения аналогично созданию поверхностей вращения. Однако, для получения твердых тел необходимо, чтобы фигура, которую вращают, была замкнутой. Например, при моделировании конуса, необходимо вращать треугольник, созданный полилинией.

Задание 19. Постройте твердотельный конус. Вызовите свойства построенного объекта и убедитесь, что это 3D тело.

2.4.2. Редактирование твердых тел

Команды редактирования расположены в падающем меню **Редактирование/Редактирование твердого тела** или на вкладке **Тело** панель **Логические операции**.

Для изучения команд редактирования твердых тел воспользуемся чертежом, приведенном на рисунке 9а. Используя команду **Выдавить**, на основе прямоугольника создайте прямую призму высотой 20, на основе окружности – цилиндр высотой 30 (рис. 18). Для наглядности призме и цилиндру назначьте разные цвета. Цвет необходимо привязать не к слою, а к объекту.

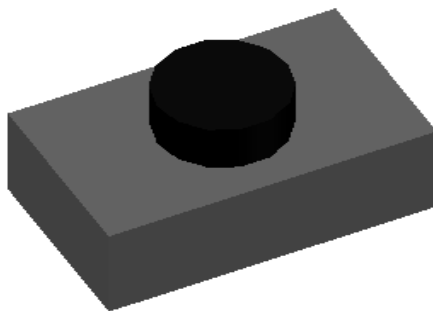


Рис. 18

Вычитание

В соответствии с запросами сначала надо указать вычитаемые объекты (конец ввода – клавиша «*Enter*»), потом объекты, из которых вычитают. Пример работы команды приведен на рисунке 19. Если объектам присвое-

ны разные цвета, то исходные грани и грани, полученные в результате вычитания, будут разного цвета.

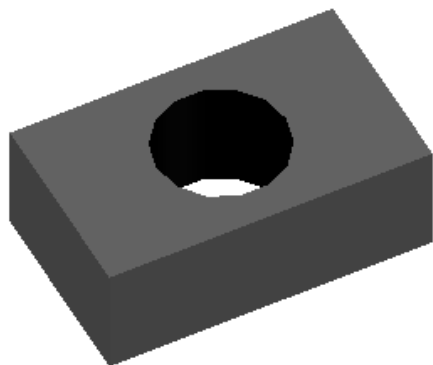


Рис. 19

Пересечение

В результате выполнения команды образуется модель детали, являющейся пересечением указанных объектов. Пример работы команды приведен на рисунке 20.



Рис. 20

Объединение

В результате объединения соприкасающихся моделей нескольких деталей образуется модель одной объединенной детали. При этом на экране ничего не изменится. Однако, если подвести графический курсор и выделить одну из исходных моделей, выделятся все исходные объекты. Разбить получившуюся модель на исходные невозможно.