

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ УКРАИНЫ  
СУМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**Концевич В.Г.**

**УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ**

**«Особенности работы в системах 2,5-мерного  
и трехмерного черчения»**

по курсу

**«Инженерная и компьютерная графика»**

**для студентов и аспирантов всех форм обучения**

**СУМЫ СУМГУ 2005 Г.**

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	4
Задание трехмерных координат .....	5
Системы координат при трехмерном моделировании .....	6
Работа с каркасными моделями.....	8
Редактирование трехмерных каркасных моделей .....	8
Создание поверхностей с высотой и уровнем .....	9
Создание поверхностей с высотой .....	9
Придание объектам уровня .....	9
Задание точки зрения .....	10
Задание точки зрения в текущей ПСК.....	10
Задание точки зрения с помощью панели инструментов View.....	10
Задание точки зрения с помощью диалогового окна Viewpoint Presets.....	11
Задание точки зрения с помощью трехгранника осей и компаса .....	11
Установка вида в плане .....	12
Использование функции 3D Orbit .....	12
Вспомогательные средства режима 3D Orbit .....	13
Представление трехмерного объекта с помощью контекстного меню .....	13
Перспективные и динамические виды .....	14
Построение пространственных моделей .....	16
Формирование каркасных моделей.....	16
Формирование пространственных граней.....	16
Создание трехмерных граней по команде 3DFACE .....	17
Создание трехмерных граней по команде PFACE.....	18
Создание трехмерных граней по команде 3DMESH .....	19
Создание поверхностей вращения по команде REVSURF .....	19
Создание выдавленных поверхностей по команде TUBSURE.....	20
Создание поверхностей соединения по команде RULSURF .....	20
Создание поверхностей соприкасающихся объектов (EDGESURE).....	21
Создание твердотельных моделей .....	22
Создание выдавленных тел по команде EXTRUDE.....	22
Создание тел вращения .....	23
Создание сложных тел .....	23
Редактирование пространственных объектов и тел .....	24
Команда ROTATE3D .....	24
Команда MIRROR3D .....	24
Команда 3D ARRAY .....	24
Обрезка и удлинение трехмерных объектов .....	25
Создание сечений тел .....	25
Создание разрезов тел .....	26
Сопряжение трехмерных тел .....	26
Создание фасок на твердотельных моделях.....	26
Расчленение трехмерных объектов .....	26
Визуализация трехмерных моделей .....	27
Настройка системы трехмерной визуализации .....	29
Удаление невидимых линий .....	29
Раскрашивание трехмерных моделей .....	29
Тонирование изображений трехмерных объектов .....	30
Подготовка модели для тонирования.....	31
Параметры тонирования.....	31

Сохранение, распечатка и экспорт тонированных изображений .....	33
Использование источников света и теней .....	33
Использование оптических свойств материалов .....	35
Компоновка чертежей трехмерных моделей .....	37
создания видовых экранов и ортогональных проекций (SOLVIEW) .....	38
нанесение штриховки и формирования скрытых линий (SOLPROOF).....	38
Создание сечений (SOLPROOF).....	38
Практические занятия .....	39
Занятие 1 .....	39
Занятие 2 .....	42
Занятие 3 .....	44
Занятие 4 .....	46
Занятие 5 .....	50
Занятие 6 .....	52
Занятие 7 .....	54
Занятие 8 .....	58

## **ВВЕДЕНИЕ**

Формирование трехмерных моделей объектов основывается на использовании четырех основных операций логического конструирования:

Объединение (слияние), позволяющее объединять несколько трехмерных тел в одно

- вычитание, в результате которого в получаемой модели сохраняется только та часть, которая не совпадает в трехмерном пространстве с вычитаемым
- пересечение, в результате которого сохраняется только та часть, которая является общей для всех тел, участвующих в операции
- взаимодействие, в результате которого осуществляется пересечение моделей, но с сохранением всех свойств исходных объектов

Использование средств трехмерного моделирования позволяет эффективно выполнять проектно-конструкторские работы и позволяет конструктору применять естественный принцип проектирования изделия от пространственной модели к ее двумерному представлению в виде обычного чертежа.

Наличие трехмерной модели позволяет конструктору на стадии разработки изделия обсудить с технологом и изготовителем достоинства и недостатки проектируемого изделия до его изготовления, рассмотреть различные конструктивные варианты, устранить возможные недостатки, что значительно сократит сроки изготовления изделия.

Трехмерное представление объекта обеспечивают логическую связанность информации о конструкции изделия и физических свойств материала из которого он будет изготовлен. При работе в среде AutoCAD пользователь может создавать и просматривать пространственные модели реальных трехмерных объектов с любой точки, создавать фотореалистические изображения, учитывающие оптические свойства материала, из которого будет сделано реальное изделие, а также свойства окружающей среды – наличие и характер источников освещения, фон и т.п. Благодаря этому можно представить не только реалистический внешний вид изделия по текстуре, фактуре и цвету, но и рассчитать массоинерционные характеристики объекта (масса, объем, центр инерции и др.)

Из статических трехмерных моделей разработанных в AutoCAD с помощью систем анимации могут быть созданы с рекламными целями видеоролики и фильмы для презентации еще не изготовленной продукции.

## **ЗАДАНИЕ ТРЕХМЕРНЫХ КООРДИНАТ**

Использование AutoCAD для создания трехмерных моделей требует иного подхода, чем при использовании его в двумерном проектировании. Создание трехмерной модели не возможно без грамотного использования видов и видовых экранов, а, следовательно, необходимо правильно пользоваться трехмерными системами координат, правильно задавать пользовательские системы координат.

Переход от работы в системах плоского черчения к системам пространственного проектирования не вызывает особых трудностей. Если при работе в хорошо изученных системах приходилось применять только две оси координат X и Y, то для работы в трех измерениях требуется использование еще и оси Z.

В трехмерном пространстве можно использовать абсолютные и относительные координаты. Ввод третьей координаты не изменяет принципов работы с абсолютными и относительными координатами, но зато возникает дополнительная возможность использовать два новых типа координат – **цилиндрические** и **сферические**, которые схожи с полярными координатами в двумерном пространстве, т.е. являются трехмерными аналогами полярных координат.

- Формирования системы координат в AutoCAD производится на основании **правила правой руки**, согласно которому можно определить положительное направление оси Z, а также положительное направление вращения вокруг любой из осей координат:

*Для определения положительных направлений осей необходимо поднести тыльную сторону кисти правой руки к экрану монитора, большой палец направить параллельно оси X, а указательный – по оси Y. Согнутый средний палец перпендикулярно ладони покажет положительное направление оси Z.*

*Положительное направление вращения определяется согнутыми пальцами руки при ориентации большого пальца правой руки в положительном направлении требуемой оси*

Абсолютные координаты при работе с трехмерными чертежами используются значительно реже, чем в двумерных, однако умение пользоваться абсолютными координатами позволяет использовать в AutoCAD прямоугольную систему координат для определения точек чертежа.

Относительные координаты используются в трехмерном проектировании абсолютно аналогично, как и в двумерном.

При изучении графического пакета AutoCAD для двумерного проектирования указывалось, что и в этом случае в AutoCAD не существует двумерных координат, просто отсутствующая координата z считалась равной нулю. В трехмерном пространстве ввод декартовых трехмерных координат с клавиатуры представляет собой ввод трех чисел через запятую. Переход от работы в системах плоского черчения к системам пространственного проектирования не вызывает особых трудностей.

**Цилиндрические координаты** применяются при вводе точек трехмерного пространства реже, чем декартовы. Могут быть абсолютными или относительными.

При задании в абсолютных координатах цилиндрические координаты описывают расстояние от начала системы ординат до точки на плоскости XY, угол относительно оси X и расстояние от точки до плоскости XY. Они имеют формат:

**расстояние<угол, расстояние**

где под первым расстоянием понимается длина проекции на плоскость XY вектора, начинающегося в начале координат.

Для относительных координат все вышеперечисленные измеряемые величины описываются от предыдущей точки моделируемого объекта. Формат имеет вид:

**@расстояние<угол, расстояние**

где под первым расстоянием понимается длина проекции на плоскость XY вектора, начинающегося в последней введенной точке.

И в том и другом случае угол отсчитывается от оси X в плоскости XY. В обоих формате под вторым расстоянием понимается число единиц длины вдоль оси Z.

Цилиндрические координаты наиболее часто используются для построения спиральных объектов, например пружин, различных видов резьб и других аналогичных объектов.

**Сферические координаты** также могут быть абсолютными или относительными.

При задании в сферических абсолютных координатах положение точки определяется ее расстоянием от начала координат текущей ПСК, углом к оси X в плоскости XY и углом к плоскости XY. Они имеют формат:

**расстояние<угол<угол**

где под первым расстоянием понимается длина проекции на плоскость XY вектора, начинающегося в начале координат.

Для сферических относительных координат формат имеет вид:

**@расстояние<угол<угол**

где под первым расстоянием понимается длина проекции на плоскость XY вектора, начинающегося в последней введенной точке.

И в том и другом случае под первым углом отсчитывается от оси X в плоскости XY. В обоих формате под вторым углом понимается угол между плоскостью XY в направлении оси Z.

Сферические координаты используются для получения точек на сферической поверхности, построении трубопроводов и других объектов, когда определяющей является длина моделируемого объекта, а не его ориентация в пространстве.

## СИСТЕМЫ КООРДИНАТ ПРИ ТРЕХМЕРНОМ МОДЕЛИРОВАНИИ

**Мировая система координат** (МСК, WCS) использует оси координат направленные горизонтально (ось X), вертикально ось (Y) и ось Z, проходящую перпендикулярно плоскости XY. Пересечение осей X и Y определяет точку начала координат, которая обычно совмещается с левым нижним углом чертежа. В отличие от любых других систем координат МСК для каждого пространства модели и листа бывает только одна, и МСК всегда неподвижна.

**Текущая система координат** – это только одна система координат, которая активна в любой момент работы с моделью объекта.

**Пользовательская система координат** (ПСК, UCS) создается пользователем и не имеет никаких ограничений. Пользователь имеет возможность определять, сохранять и восстанавливать неограниченное количество ПСК. ПСК может быть расположена в любой точке пространства и под любым углом к МСК. По умолчанию ПСК совпадает с МСК. Наиболее часто этот вид системы координат используется при работе с различными фрагментами модели реального объекта, расположенными в различных частях чертежа и используется для перемещения начала системы координат и/или изменения осей системы координат в пространстве.

С помощью изменения ПСК всегда можно отрисовать любой двумерный объект в плоскости непараллельной XY в МСК. С помощью ПСК можно задать любое положение и любую ориентацию текущей плоскости XY.

В пространстве положение ПСК может быть изменено одним из следующих способов:

- задание новой плоскости XY или оси Z
- задание нового начала координат
- совмещение ПСК с имеющимся объектом
- совмещение ПСК с направлением взгляда
- поворот ПСК вокруг одной из осей
- выбор одной из ранее определенных ПСК

Положение и ориентация осей ПСК находится в зависимости от пожеланий пользователя, причем координаты ее полюса и направления осей можно запомнить в БД модели под оригинальным именем и в последствии восстановить, не повторяя процесса настройки

Команду **UCS** можно вызвать из командной строки, из падающего меню **TOOLS (СЕРВИС)**, или экранного меню **TOOLS2 (СЕРВИС 2)**, а также наиболее удобным способом из стандартной панели инструментов. Команда имеет большое количество опций, самой простой из которых является команда **TOOLS/NEW UCS/FACE**. По этой команде можно совместить плоскость XY формируемой ПСК с любой плоской гранью выбранного трехмерного объекта, повернуть эту ПСК относительно оси Z и совместить направление осей X и Y с ребрами выбранной грани.

Таблица. Опции команды UCS (ПСК)

ОПЦИЯ		ВЫПОЛНЯЕМОЕ ДЕЙСТВИЕ
Опции задания ПСК по команде TOOLS/NEW UCS		
World	Мир	Переход в мировую систему координат WCS (МСК)
Object	Объект	Выравнивание системы координат по существующему объекту. Обеспечивает привязку к плоскости XY. Для различных объектов (примитивов), выбираемых в

ОПЦИЯ		ВЫПОЛНЯЕМОЕ ДЕЙСТВИЕ
		качестве действия этой опции имеет разное действие. Новая плоскость XY остается параллельной предыдущей ПСК (кроме объектов, созданных по команде 3DFACE)
FACE	Грань	Выравнивание ПСК вдоль грани твердотельного объекта. Обеспечивается совмещение плоскости XY создаваемой ПСК с плоской гранью выбранного объекта. При последующем повороте ПСК относительно оси Z обеспечивается совмещение направления осей X и Y с ребрами выбранной грани
Wiew	Вид	Выравнивание системы координат в направлении текущего вида. Начало координат остается неизменным, а плоскость XY будет перпендикулярной направлению вида.
Origin	Начало	Смещение начала координат по оси Z. Новая ПСК параллельна текущей, но на другом уровне. Позволяет работать на новом уровне, без изменения текущего уровня
X	X	Поворот системы координат вокруг оси X. Фиксируется текущее начало координат, а ось Y и ось Z поворачиваются относительно текущей оси X на заданный угол.
Zaxis vect	Zось	Задание нового начала координат и направления оси Z. Фиксируется текущее начало координат, а ПСК вращается вокруг начала координат на заданный угол
3Point	3 точки	Задание нового начала координат и направления осей X и Y по трем точкам. Первая точка – начало координат, вторая – положительное направление оси X, третья – положительное направление оси Y. Направление оси Z определяется по правилу правой руки.
Y	Y	Поворот системы координат вокруг оси Y. Фиксируется текущее начало координат, а ось X и ось Z поворачиваются относительно текущей оси Y на заданный угол
Z	Z	Поворот системы координат вокруг Z. Фиксируется текущее начало координат, а ось X и ось Y поворачиваются относительно текущей оси Z на заданный угол
<b>Опции задания ПСК на панели инструментов UCS</b>		
Previous	Предыдущий	Восстановление (возвращение) предыдущей ПСК
<b>Опции команды UCS задания ПСК в командной строке</b>		
Restore	Замени	Восстановление (возвращение) ПСК, ранее сохраненной под некоторым именем
Save	Сохранить	Сохранение текущей системы координат под некоторым именем (до 31 символа)
Del	Удалить	Исключение указанной ПСК из списка сохраненных
?	Список	Вывод на экран свойств заданной ПСК: имя, координаты начала и направление осей относительно текущей ПСК

В диалоговом окне **UCS CONTROL**, вызываемое командой **TOOLS/NAMED/UCS/DDUCS** можно задать ПСК уникальное имя. С помощью этого диалогового окна при работе с моделью можно по заранее заданному имени восстановить именованную ПСК.

Именованные ПСК используются в тех случаях, когда установленная ПСК не совпадает со стандартной, и ее необходимо неоднократно использовать в дальнейшем

В диалоговом окне **UCS Orientation** вызываемое командой **TOOLS/NAMED/UCS/Presets UCS** можно изменить ориентацию текущей ПСК в зависимости от МСК, предыдущей ПСК или текущей ПСК

**Пиктограмма ПСК** всегда изображается в плоскости XY текущей ПСК и позволяет получить информацию о положении и ориентации текущей ПСК, т.е. о текущем положении полюса ПСК и ориентации ее осей. Обозначения на пиктограмме ПСК:

- если ПСК совпадает с МСК, то на пиктограмме ПСК присутствует символ W(M)
- если в левом нижнем углу пиктограммы имеется символ +, то это означает, что пиктограмма расположена в начале ПСК
- если на экране имеется пиктограмма в виде сломанного карандаша, то это означает, что направление взгляда почти параллельно плоскости XY текущей системы координат. Другими словами этот знак указывает, что плоскость XY вырождается в прямую.



## РАБОТА С КАРКАСНЫМИ МОДЕЛЯМИ

В общем случае под термином «каркасные модели» подразумеваются двумерные объекты, помещенные в трехмерное пространство. Такие каркасные модели не имеют ни поверхности, ни объема.

В AutoCAD термин «каркасная модель» относится к трехмерным объектам, которые создаются только с помощью линий и трехмерных полилиний, для редактирования которых можно использовать практически все изученные ранее команды редактирования. Также в AutoCAD применяется термин «*изображение в виде каркасной модели*». Этот термин относится к поверхностям и телам, которые изображаются на экране таким образом, будто бы они созданы с помощью линий и трехмерных полилиний, иными словами они только КАЖУТСЯ каркасными моделями.

Каркасные модели, по сравнению с твердотельными моделями, имеют следующие недостатки:

- нет возможности удаления невидимых линий
- усложненная детальная прорисовка реального объекта посредством отдельных линий или трехмерных полилиний
- отсутствие у каркасных моделей свойств, присущих поверхностным или твердотельным моделям (тонирование, определение массоинерционных характеристик и др.)

## РЕДАКТИРОВАНИЕ ТРЕХМЕРНЫХ КАРКАСНЫХ МОДЕЛЕЙ

Практически все команды редактирования, используемые в двухмерном черчении, достаточно хорошо работают и с трехмерными моделями. Однако существует несколько команд, которые имеют особые версии для работы с трехмерными объектами.

Для редактирования моделей наиболее удобно применять ВЭ, использовать объектные привязки, координатные фильтры и ручки.

**Видовые экраны.** При работе с трехмерными чертежами полезно иметь несколько видовых экранов (ВЭ), позволяющие представить модель под разными углами зрения, т.к. при работе с трехмерными чертежами иногда трудно сказать, какой примитив выбирается для редактирования.

**Объектные привязки.** Как и в случае двумерного черчения предназначены для выбора именно той точки, которая требуется для дальнейшего моделирования. При использовании объектных привязок при трехмерном моделировании необходимо, чтобы виды модели были организованы т.о., что бы примитивы могли быть хорошо видимы. В случае привязки к точкам скрещивания непересекающихся трехмерных графических объектов используется опция **Apparent Intersection**

**Координатные фильтры** – это способ создания новых точек в пространстве с использованием отдельных координат объектов, уже имеющихся на модели. Использование таких фильтров позволяет задавать значение только одной координаты, временно игнорируя значения других. Часто координатные фильтры являются единственным способом определения трехмерной точки, лежащей вне существующего объекта.

Существует шесть фильтров **.x**, **.y**, **.z**, **.xy**, **.xz**, **.yz**. Координатные фильтры можно вводить в командной строке в ответ на запрос о вводе точки или выбирать с помощью команды курсорного меню POINT FILTERS.

При указании фильтра в командной строке используется формат записи:

**.<координата>**

где **<координата>** - один из символов x,y,z или некоторое их сочетание.

Для задания координатных фильтров можно использовать контекстное меню (щелчок правой кнопкой мыши по полю чертежа при нажатой клавише SHIFT)

Фильтры удобно использовать в том случае, если известна формула, по которой можно вычислить координаты формируемой точки. Формулы можно ввести:

- в формате языка AutoLISP, например (+230.0/(12.5(SQRT 3/0)))
- в формате калькулятора, например 230+12.5/SQRT (3.0)

Координатные фильтры наиболее предпочтительно использовать совместно с объектной привязкой, что позволяет использовать имеющиеся необходимые координаты характерных точек у уже существующих объектов. В этом случае после выбора координатного фильтра необходимо с помощью соответствующей объектной привязки указать точку, две координаты которой будут использованы для построения.

**Ручки** используются для редактирования трехмерных моделей, точно таким же способом, как и двухмерных объектов. Однако существует ограничение: *с помощью ручек нельзя производить вытягивание тел.*



## СОЗДАНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ С ВЫСОТОЙ И УРОВНЕМ

### СОЗДАНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ С ВЫСОТОЙ

Поверхности, получаемые приданием высоты, определяются как 2,5 мерные модели. Хотя они и имеют три измерения, но третья размерность является только поверхностью, нормальной к плоскости построения двумерного объекта.

Поверхностная каркасная модель может быть создана путем **выдавливания** - придания высоты двумерному объекту. Например, круг становится цилиндром, прямоугольник – параллелепипедом.

**Высота объекта** – это расстояние, на которое объект выдавлен выше или ниже своего уровня.

Величина высоты выдавливания вводится:

- для положительного числового значения – в положительном направлении оси Z,
- для отрицательного - объекты будут выдавливаться в отрицательно направлении оси Z.

Задание высоты изменяет внешний вид ряда геометрических объектов. Двумерному объекту высота может быть придана следующими способами:

- с помощью системной переменной **THICKNESS**
- для имеющегося двумерного объекта путем щелчка по кнопке **PROPERTIES** на панели инструментов **OBJECT PROPERTIES**. В открывшемся диалоговом окне необходимо в поле **Thickness** указать величину высоты.
- для имеющегося 2,5 мерного объекта по команде в командной строке **CHANGE** с использованием опции свойств или по команде **CHPROP** и выбора опции **Thickness**. На запрос AutoCAD ввести символ t для выбора опции задания высоты выдавливания. Затем ввести числовое значение высоты
- можно изменить текущую высоту выдавливания по вводимой в командную строку команде **ELEV**. Если значение текущей высоты было изменено, то для всех вновь выдавливаемых объектов высота выдавливания по умолчанию будет соответствовать указанному значению.

Команда **ELEV** обеспечивает изменение текущего уровня для всех вновь создаваемых объектов, поэтому после создания трехмерных объектов необходимо обязательно задать значение текущей высоты равным нулю.

Объекты с высотой уже относятся к классу поверхностных моделей, поэтому имеют следующие особенности:

- по команде **HIDE** (Скрой) появляется возможность скрыть те линии, которые на реальном изображении объекта будут не видны. При использовании команды **HIDE** не имеющий высоты текст будет игнорироваться
- получаемые из двумерного изображения по команде **SOLID** или **REGION** обладают торцовыми (верхней и нижней) гранями. При необходимости пользователь может сделать такие горизонтальные грани непрозрачными
- объект с высотой, полученный из двумерной замкнутой полилинии или замкнутой фигуры, торцевых граней не имеют

### ПРИДАНИЕ ОБЪЕКТАМ УРОВНЯ

Иногда созданную модель необходимо разместить на каком-то расстоянии выше или ниже плоскости XY, т.е. изменить высоту расположения основания модели. Для этого модели придается **уровень**, который становится координатой Z. Задание уровня трехмерному объекту производится одним из следующих способов

- для существующих объектов по команде в командной строке **CHANGE**, а затем последовательно опции **PROPERTIES** и опции **ELEV**
- по команде **MOVE** переместить объект на заданную величину вдоль оси Z
- по команде **ELEV** установить новый текущий уровень для всех вновь создаваемых объектов
- для всех примитивов, кроме полилиний, можно изменить координату Z с помощью панели инструментов **Object Properties**

При построении трехмерной модели приходится работать более чем с одним видом объекта, как показывает опыт, при работе с трехмерными объектами следует установить по крайней мере два видовых экрана. Одна из главных задач при работе с трехмерными моделями – формирование изображения в различных направлениях проецирования.

## ЗАДАНИЕ ТОЧКИ ЗРЕНИЯ

Сформированные трехмерные объекты могут рассматриваться с любой точки зрения (вида). Из различных точек зрения рассчитываются виды модели в текущей ПСК. Изменение точки зрения не меняет ориентации или начало координатных осей

**Точка зрения** – направление взгляда, задаваемое из трехмерной точки пространства на начало системы координат. AutoCAD позволяет взглянуть на рисунок из любой точки пространства, в т.ч. даже изнутри изображаемого объекта. Изменяя месторасположения точки зрения пользователь получает возможность удобнее форматировать и редактировать объекты, получать изображения со скрытыми линиями, тонированные и закрасненные. Наличие специальных видов позволяет получать виды в ортогональной и перспективной проекциях, необходимые для формирования качественного чертежа.

Формировать и редактировать любой трехмерный объект наиболее удобно при правильной комбинации ПСК и выбора точки зрения.

Задание точки зрения адекватно установке нового вида в пространстве модели, которое можно произвести с помощью следующих команд:

- **VPOINT (Тзрения)** – задание точки зрения или угла поворота вида из командной строки
- **DDVPOINT (Диалтзрен)** – задание точки зрения с помощью диалогового окна
- **PLAN (План)** – отображение вида в плане в ПСК или МСК
- **DVIEW (Двид)** – задание параллельной проекции или перспективного вида

### ЗАДАНИЕ ТОЧКИ ЗРЕНИЯ В ТЕКУЩЕЙ ПСК

Команда **VIEW/3D VIEWPOINT/VPOINT** задает точку зрения в текущей системе координат и позволяет зафиксировать трехмерный вид относительно ПСК. С помощью команды пользователь может самостоятельно установить точку зрения. Команда определяет направление проецирования с помощью компонент вектора x, y, z. Команда имеет следующие опции:

- **Rotate**, имеет две подопции:
  - **Enter angle in XY plane from axis** – угол в плоскости XY относительно оси X
  - **Enter angle from XY plane** – угол относительно плоскости XY вверх (по оси Z)
- **Viewpoint** – переход в систему задания точки зрения с помощью компаса и трех осей координат

### ЗАДАНИЕ ТОЧКИ ЗРЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ ПАНЕЛИ ИНСТРУМЕНТОВ VIEW

**Выбор стандартной точки зрения с помощью панели инструментов.** Для выбора стандартных точек зрения имеется специальная плавающая панель инструментов **View (Вид)**, на которой расположены десять типовых направлений проецирования (видов), которые формируются только относительно МСК, а не текущей ПСК. Типовые направления проецирования можно также выбрать из дополнительного подменю, открываемого по команде **VIEWPOINT/3D VIEWPOINT**

Таблица. Основные виды

Вид	Векторный эквивалент			Краткое описание вида
	X	Y	Z	
Сверху.	0	0	1	Это вид в плане, задаваемый выбором кнопки Top View, или по команде <b>VIEWPOINT/3D VIEWPOINT/TOP VIEW</b> . Этот же вид можно получить после введения в командную строку команды <b>PLAN</b> , имеющей три опции: <b>Current UCS</b> – показывает вид в плане относительно текущей ПСК <b>UCS</b> - выбор ранее созданной поименованной ПСК <b>World</b> – отображение вида в плане относительно МСК
Снизу	0	0	-1	Это вид в плане, задаваемый выбором кнопки Bottom View, или по команде <b>VIEWPOINT/3D VIEWPOINT/BOTTOM VIEW</b> .

<b>Слева</b>	<b>-1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	Это вид в плане, задаваемый выбором кнопки Left View, или по команде <b>VIEWPOINT/3D VIEWPOINT/LEFT VIEW</b> .
<b>Справа</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	Это вид в плане, задаваемый выбором кнопки Right View, или по команде <b>VIEWPOINT/3D VIEWPOINT/RIGHT VIEW</b> . Пиктограмма на этом виде имеет изображение сломанного карандаша, а при наличии текста он будет изображен в зеркальном виде (если текст вводился на виде слева)
<b>Спереди</b>	<b>0</b>	<b>-1</b>	<b>0</b>	Это вид в плане, задаваемый выбором кнопки Front View, или по команде <b>VIEWPOINT/3D VIEWPOINT/FRONT VIEW</b> . Пиктограмма на этом виде имеет изображение сломанного карандаша
<b>Сзади</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	Это вид в плане, задаваемый выбором кнопки Back View, или по команде <b>VIEWPOINT/3D VIEWPOINT/BACK VIEW</b> . Пиктограмма на этом виде имеет изображение сломанного карандаша
<b>Изометрические виды</b>				
<b>юго-западный</b>	<b>-1</b>	<b>-1</b>	<b>0</b>	Это вид в плане, задаваемый выбором кнопки SW Isometric View, или по команде <b>VIEWPOINT/3D VIEWPOINT/SW ISOMETRIC VIEW</b> . Показывает модель по диагонали в трех измерениях. Наиболее подходящий для оценки взаимного расположения трехмерных объектов на чертеже
<b>юго-восточный</b>	<b>1</b>	<b>-1</b>	<b>1</b>	Это вид в плане, задаваемый выбором кнопки SE Isometric View, или по команде <b>VIEWPOINT/3D VIEWPOINT/SE ISOMETRIC VIEW</b> . Показывает модель по диагонали в трех измерениях.
<b>северо-восточный</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	Это вид в плане, задаваемый выбором кнопки NE Isometric View, или по команде <b>VIEWPOINT/3D VIEWPOINT/NE ISOMETRIC VIEW</b> . Показывает модель по диагонали в трех измерениях.
<b>северо-западный</b>	<b>-1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	Это вид в плане, задаваемый выбором кнопки NW Isometric View, или по команде <b>VIEWPOINT/3D VIEWPOINT/NW ISOMETRIC VIEW</b> . Показывает модель по диагонали в трех измерениях.

### **ЗАДАНИЕ ТОЧКИ ЗРЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ ДИАЛОГОВОГО ОКНА VIEWPOINT PRESETS**

Задание точки зрения, открывается по команде **VIEW/3D VIEWPOINT/SELECT/DDVPOINT**. В данном окне можно:

- переключатель Absolute to WCS – устанавливает точку зрения относительно МСК
- переключатель Relative to UCS – позволяет увидеть модель относительно ПСК
- в левом поле - щелчком мыши вне сегмента, в котором находится стрелка индикатора или точно по числу задается угол азимута (угол между проекцией вектора направления проецирования на плоскость XY и осью X)
- в правом поле – щелчком мыши вне сегмента, в котором находится стрелка индикатора или точно по числу задается угол от плоскости XY в направлении Z
- щелчком по кнопке Set to Plan восстанавливается вид сверху (в плане)
- в текстовом поле From X Axis отражается текущее значение угла азимута. Здесь можно также ввести требуемое значение угла
- в текстовом поле XY Plane отражается текущее значение угла между плоскостью XY и направлением оси Z. Здесь можно также ввести требуемое значение угла

### **ЗАДАНИЕ ТОЧКИ ЗРЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ ТРЕХГРАННИКА ОСЕЙ И КОМПАСА**

Трехгранник осей и компас открываются по команде **VIEW/3D VIEWPOINT/TRIPOD**. Передвигая с помощью мышки маленький крестик внутри компаса и контролируя получившийся вид по тройке осей системы координат можно достаточно быстро установить требуемый вид.

Компас представляет собой круг, в котором:

- центр компаса соответствует северному полюсу. Нахождение курсора точно над северным полюсом соответствует виду сверху (в плане)
- внутренний круг соответствует экватору. С точек зрения экватора задаются боковые виды модели, соответствует наблюдению модели с уровня начала координат
- внешний круг соответствует южному полюсу. Нахождение над южным полюсом соответствует виду снизу
- перекрестия компаса – оси X и Y.
- положительное значение ординаты X - пользователь получает виды справа при различных углах возвышения (углах азимута)
- положительное значение абсциссы Y – вид сзади
- отрицательное значение X – вид слева
- отрицательное значение Y – вид спереди
- угол направления взгляда в плоскости XY определяется местом расположения указываемой точки внутри компаса
- угол между направлением взгляда и плоскостью XY – расстояние от центра компаса до точки

### **УСТАНОВКА ВИДА В ПЛАНЕ.**

**ПЛАН** – это вид в заданной ПСК из точки зрения, находящейся точно над началом координат плоскости построений. В плане плоскость построений параллельна экрану. Наиболее простой и быстрый способ установки вида в плане – ввести команду **PLAN** в командную строку, или выполнить команду **VIEW/3D VIEWPOINT/ PLANVIEW**.

Команда изменяет направление взгляда и отключает перспективу, но не меняет текущей ПСК. Все координаты, используемый после запуска команды берутся относительно текущей ПСК.

Команда имеет три опции:

- **Current UCS** – создание вида в плане относительно осей текущей ПСК. Это опция по умолчанию
- **UCS** – выбор поименованной ПСК по заданному имени или путем выбора из списка после введения символа ?
- **World** – задание вида в плане относительно осей МСК

Достаточно часто пользователь просматривает вид в плане после изменения ПСК. Для того, что бы происходило автоматическое включение вида в плане после замены ПСК необходимо установить значение системной переменной **UCSFOLLOW** равное 1

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФУНКЦИИ 3D ORBIT**

Запуск режима просмотра установки точки зрения AutoCAD 3D Orbit происходит после щелчка по кнопке 3D Orbit на стандартной панели инструментов и позволяет пользователю просмотреть созданную пространственную модель с различных точек зрения. В этом режиме можно просматривать как модели, представленные в каркасном виде, так и раскрашенные с удалением невидимых ребер.

После перехода в режим 3D Orbit на экране вокруг выбранного изображения появляется т.н. координатный шар (arcball). Все видимое поле разбито элементами координатного шара на шесть областей и при переходе из одной области в другую форма курсора изменяется (четыре изображения). При перемещении курсора с нажатой левой кнопкой мыши при его изображении:

- **круговая стрелка** – вращение кручением. Курсор находится во внешней по отношению к контуру координатного шара области. Перемещение курсора с нажатой левой кнопкой приводит к вращению объектов вокруг оси, которая выходит из центра шара перпендикулярно плоскости экрана
- **сфера с двумя линиями** – курсор находится во внутренней по отношению к контуру координатного шара области. При перемещении курсора происходит вращение объектов вокруг оси, которая проходит через центр шара и лежит в плоскости, параллельной плоскости экрана, и направлена перпендикулярно направлению перемещения курсора
- **горизонтальный эллипс** - курсор находится в правой или левой круговой области на контуре координатного шара. При перемещении курсора происходит вращение объектов вокруг вертикальной оси, которая проходит через центр шара и лежит в плоскости, параллельной плоскости экрана
- **вертикальный эллипс** – курсор находится в верхней или нижней области на контуре координатного шара. При перемещении курсора вращение объектов происходит вокруг горизонтальной оси, проходящей через центр координатного шара, и лежит в плоскости параллельной плоскости экрана.

## ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ СРЕДСТВА РЕЖИМА 3D ORBIT.

Для облегчения ориентирования в пространстве пользователь может использовать одно из трех вспомогательных средств AutoCAD, вызвать которые можно с помощью установки флажка у соответствующей опции команды **Visual Aids** контекстного меню:

- **Compass** – на изображении координатного шара появляются три круговые штриховые линии, соответствующие координатным осям X, Y, Z
- **Grid** – вывод на экран сетки, показывающей текущее положение плоскости XY. Включение сетки является единственным способом визуального определения текущего значения уровня, т.к. КООРДИНАТА Z СЕТКИ СООТВЕТСТВУЕТ ТЕКУЩЕМУ ЗНАЧЕНИЮ УРОВНЯ. Параметры сетки настраиваются в диалоговом окне **Drafting settings**.
- **3D UCS icon** – вывод на экран трехмерной цветной пиктограммы ПСК

## ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ТРЕХМЕРНОГО ОБЪЕКТА С ПОМОЩЬЮ КОНТЕКСТНОГО МЕНЮ

В режиме 3D Orbit имеются опции, помогающие настроить представление объекта, запускаемые с помощью контекстного меню или панели инструментов.

В этом случае у пользователя имеется как бы видеокамера, которая позволяет изменять направление визирования или точку визирования, самому смещаться вместе с камерой и изменять фокусное расстояние объектива камеры. Пользователь может переключаться между режимами параллельной и перспективной проекции, организовывать отсечение по глубине, использовать опции раскрашивания и использовать характеристики материала поверхности модели. Следующие опции могут быть реализованы с помощью контекстного меню и/или с помощью специальной панели инструментов 3D Orbit:

- ✓ **панорамирование** – производится по команде **PAN** из контекстного меню. Процедура выполняется точно также как в режиме панорамирования в реальном времени. Прекращается действие команды по команде контекстного меню **Orbit**
- ✓ **зумирование** – производится по команде **ZOOM** из контекстного меню. Процедура выполняется точно также как в режиме зумирования в реальном времени. Прекращается действие команды по команде контекстного меню **Orbit**
- ✓ **масштабирование** – производится с помощью рамки по команде **MORE/ZOOM WINDOW** из контекстного меню. Вывести на экран всю модель, размеры которой определяются границами области вычерчивания, можно по команде контекстного меню **MORE/ZOOM EXTENTS**
- ✓ **фокусное расстояние (camera distance)** – позволяет изменить фокусное расстояние объектива, т.е. изменить масштаб и/или параметры перспективного преобразования изображения. Изменение фокусного расстояния производится по команде **MORE/ADJUST DISTANCE**. Перемещение курсора в виде горизонтальной черты с двумя стрелками вверх с нажатой кнопкой приводит к увеличению фокусного расстояния и увеличению масштаба. Перемещение курсора вниз с нажатой кнопкой приводит к уменьшению фокусного расстояния и уменьшению масштаба
- ✓ **точка визирования** – настройка положения камеры и точки визирования выполняется по команде **CAMERA** до входа в режим 3D Orbit. По умолчанию считается, что точка визирования располагается в центре текущего вида
- ✓ **непрерывное вращение** – перемещение камеры по кругу вокруг модели осуществляется по команде контекстного меню **MORE/CONTINUOUS ORBIT**. Прекращение действия команды выполняется по любой из команд контекстного меню **PAN, ZOOM, ORBIT**
- ✓ **перспективное проецирование** – позволяет сформировать изображение, в котором линии, параллельные на модели, сходятся, т.е. произвести имитацию глубины. Формируется перспективный вид по команде контекстного меню **PROJECTION/PERSPECTIVE**. Возвращение в режим параллельного проектирования, когда линии параллельные в модели, остаются параллельными в изображении, осуществляется по команде **PROJECTION/PARALLEL**.
- ✓ **плоскости отсечения** – по команде **MORE/ADJUST CLIPPING PLANES** можно с помощью одноименного диалогового окна задать плоскости, отсекающие от вида переднюю и заднюю части, в результате чего части объекта перед передней секущей плоскостью и за задней секущей плоскостью, не отображаются. Секущая плоскость всегда параллельна плоскости проецирования (экрана). Управление каждой из секущих плоскостей или обеими сразу осуществляется по команде **MORE/FRONT CLIPPING ON** и/или **MORE/BACK CLIPPING ON**



## ПЕРСПЕКТИВНЫЕ И ДИНАМИЧЕСКИЕ ВИДЫ

Работа в режиме перспективной проекции позволяет представить разрабатываемые в AutoCAD модели в максимально естественном виде, без каких-либо искажений формы объектов. В параллельной проекции линии, параллельные в модели, остаются параллельными в изображении.

Режим перспективной проекции обычно включается перед получением тонированных изображений, особенно для тех моделей, которые имеют достаточно большую угловую протяженность относительно выбранной точки зрения. Наибольшее распространение перспективные виды получили в архитектурном проектировании

Перспективный вид обеспечивает:

- реалистичное представление модели с учетом глубины перспективы
- задание любого направления проецирования с любой точкой визирования, в т.ч. и изнутри модели
- получение крупных планов или общих панорамных при использовании инструмента «камера» и точки визирования

Формирование перспективных видов производится при выполнении команды контекстного меню **Projection/Perspective**, возвращение в режим параллельного проецирования выполняется по команде контекстного меню **Projection/Parallel**

Реальное перспективное изображение для наблюдения модели под любым углом и с любого расстояния получается в AutoCAD с помощью специального инструмента – «динамического вида».

Для создания перспективного вида необходимо выполнить команду **VIEW/3D DYNAMIC VIEW**. Команда предназначена для получения трехмерных динамических, перспективных и аксонометрических (параллельных) видов. По этой команде можно также зуммировать, панорамировать и вращать виды, удалять с экрана объекты расположенные перед секущей плоскостью или позади нее, удалять скрытые линии при динамическом просмотре объектов.

Команда действует по принципу камеры, направленной в сторону цели. Линия между камерой и целью называется линией взгляда, или направлением взгляда

После выполнения команды необходимо в ответ на запрос Select objects выбрать любым известным способом объекты, которые должны быть включены в перспективный вид. После выбора объектов появляется запрос, содержащий следующие опции команды **DVIEW**:

- Ø **Camera** – задаются углы, характеризующие направление главного луча. Обеспечивается угол поворота камеры относительно цели. Значение угла можно вводить в командную строку, или задавать путем движения курсора мыши. Имеет две подопции:
  - § **Enter angle from XY plane** - изменение угла от плоскости XY. При движении курсора мыши вверх или вниз будет изменяться угол в направлении оси Z, при движении курсора горизонтально - оси Z
  - § **Toggle angle from** - ограничивает движение курсора изменением только угла относительно оси X в плоскости XY. Т.о. задается вращение модели на одной высоте
- Ø **Target** – обеспечивает вращение цели относительно неподвижной камеры. Имеет подопции аналогичные опции Camera
- Ø **Distance** – устанавливает расстояние от камеры до цели, включает режим перспективы. При включении этой опции в верхней части экрана для задания расстояния от камеры до цели появляется линейный регулятор, а пиктограмма ПСК заменяется на пиктограмму режима перспективы. Имеет две подопции:
  - § **Target distance** - для задания расстояния в единицах чертежа от камеры до цели в командной строке
  - § **New camera** – задание нового расположения камеры
- Ø **Points** – задание точки расположения камеры и цели. При выборе точек расположения цели и камеры необходимо пользоваться объектными привязками и координатными фильтрами. Имеет две опции:
  - § **Enter target points** – введение координат точки расположения цели. При перемещении точки цели AutoCAD проводит «резиновую нить», позволяющую отслеживать перемещение точки цели
  - § **Enter camera point** – введение координат расположения камеры. При перемещении камеры «резиновая нить» соединяет точки цели и камеры, что позволяет оценить их взаимное расположение



Для выбора позиции камеры рекомендуется до выполнения команды **DVIEW** выполнить команду **Format/POINT STYLE** и задать стиль отображения точек на чертеже. С помощью команды **ELEV** задать приемлемый уровень.

Для определения положения камеры следует пользоваться объектной привязкой Node (Узел)

- Ø **Pan** – версия опции панорамирования для трехмерных изображений
- Ø **Zoom** - версия опции зумирования для трехмерных изображений. Зумирование производится с помощью линейного регулятора. Имеет подопции:
  - § при включенном режиме перспективы на запрос AutoCAD *Adjust lenslength* можно указать фокусное расстояние объектива (чем меньше фокусное расстояние, тем меньше масштаб и больше обзор)
  - § если режим перспективы не включен, то на запрос AutoCAD *Adjust zoom scale factor* можно ввести требуемый масштаб изображения
- Ø **TWist** – позволяет производить вращение модели вокруг главного луча визирования, т.е. производится как бы вращение камеры вокруг оси объектива. Выполнять эту операцию и контролировать угол вращения помогает «резиновая нить» от центра вида
- Ø **Clip** – задает плоскости, отсекающие от вида переднюю или заднюю часть. В этом случае объекты находящиеся перед передней секущей плоскостью или позади задней секущей плоскости, не отображаются. Секущие плоскости всегда перпендикулярны главному лучу визирования, поэтому для их задания требуется указать только расстояние от точки цели. Имеет три подопции:
  - § **Off** – отключение всех ранее заданных секущих плоскостей
  - § **Back** – установка задней секущей плоскости. Эта подопция имеет три подопция:
    - **ON** – включение задней секущей плоскости
    - **OFF** – отключение задней секущей плоскости
    - **Distance from target** – задание расстояния задней секущей плоскости от цели
  - § **Front** - установка передней секущей плоскости. Эта подопция имеет еще две подопции:
    - **Eye** – задает секущую плоскость в точке установки камеры
    - **Distance from target** – позволяет задать секущую плоскость на определенном расстоянии от цели
- Ø **Hide** – для более наглядного представления модели и повышения информативности проекций убирает невидимые линии, что позволяет получить более реальное изображение. После использования опции происходит регенерация рисунка. Опция, в основном, применяется для контроля правильности результатов работы остальных опций команды **DVIEW**.
- Ø **Off** – отключение режима перспективы и возврат на экран параллельного вида. Обеспечивает выход из **DVIEW** в режим обычного просмотра
- Ø **Undo** – отмена всех изменений, внесенных предшествующей командой **DVIEW**
- Ø **Exit** – завершение команды **DVIEW**

## ПОСТРОЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ МОДЕЛЕЙ

Пространственные модели принято подразделять на: каркасные, поверхностные и тела. В AutoCAD применяются три типа трехмерных моделей: каркасные, поверхностные и твердотельные. Каждый тип моделей обладает достоинствами и недостатками, а также своей технологией создания и редактирования. Поэтому не рекомендуется смешивать несколько типов моделей в одном рисунке.

Моделирование с помощью поверхностей – более сложный процесс, чем построение каркасных моделей, т.к. приходится создавать не только ребра трехмерного объекта, но и его грани.

Твердотельный объект (тело) представляет собой изображение объекта, хранящее информацию о своих объемных свойствах. Тела наиболее полно из всех типов трехмерных моделей отображают моделируемые объекты, т.к. наиболее полно отражают физические свойства моделируемых объектов: масса, центр тяжести и др. Моделирование с помощью тел обеспечивает самый простой в использовании вид трехмерного моделирования.

В AutoCAD имеются возможности, хотя и ограниченные, преобразования тел в поверхности и поверхностей в каркасные тела. Обратное преобразование каркасных моделей в поверхности и поверхностей в тела пока что в AutoCAD не допустимы.

### ФОРМИРОВАНИЕ КАРКАСНЫХ МОДЕЛЕЙ

**Каркасная модель** – это скелетное описание трехмерного объекта (иногда такие модели называют сетевыми). Модель не имеет граней и состоит из точек, отрезков и кривых, описывающих ребра объекта. Основным недостатком использования каркасных моделей является то, что создание каждого объекта, составляющего такую модель, должно происходить независимо от других, что занимает очень много времени.

AutoCAD предоставляет возможность создавать каркасные модели путем размещения плоских объектов в любом месте трехмерного пространства одним из следующих способов:

- ✓ заданием точек с трехмерными координатами при построении модели
- ✓ заданием плоскости построения для отрисовки двумерного объекта путем установки ПСК
- ✓ перемещением и заданием пространственной ориентации созданного ранее плоского объекта

**Трехмерная точка** имеет задается по команде **DRAW/POINT (Рисуй/Точка)** и имеет три координаты в соответствии с тремя осями: горизонтальная ось X, вертикальная ось Y и нормальная к плоскости XY ось Z.

Для получения проекции точки на плоскости проекций необходимо одну из координат приравнять к нулю. Например, для получения проекции точки на плоскость XY необходимо координату Z приравнять к нулю.

**Трехмерный отрезок** создается по команде **DRAW/LINE (Рисуй/Отрезок)**. Для задания такого отрезка необходимо ввести трехмерные координаты обоих концов отрезка.

**Трехмерная полилиния** создается по команде:

- **DRAW/3DPOLY** - для полилинии, состоящей только из прямолинейных сегментов
- **DRAW/3D POLYLINE** – для создания замкнутого контура, включающего непрямолинейные сегменты.

Создание и редактирование трехмерных полилиний ничем не отличается от действий с двумерными полилиниями. Особенность заключается в том, что если редактирование происходит с помощью опции:

- **MODIFY/POLYLINE/EDIT/SPLINE CURVE**, то полученные при сглаживании кривые являются трехмерными. Точность построенного по контрольным точкам сглаживающего B-сплайна, как и для двумерных сплайнов, определяется системной переменной **SPLINEGES**, однако для аппроксимации используется только один линейный сегмент. Дуговая аппроксимация, получаемая путем задания отрицательной величины системной переменной **SPLINEGES** невозможна
- **EDIT VERTEX**, то к известным операциям редактирования добавляется еще две: **TANGENT** и **WIDTH**

### ФОРМИРОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ГРАНЕЙ

Методы поверхностного моделирования позволяют создавать вполне реалистические изображения объектов сложной формы. Поверхностные модели обладают большим преимуществом в сравнении с

каркасными, которое заключается в том, что такие модели могут закрывать объекты позади себя и отбрасывать тень.

AutoCAD создает трехмерные поверхности на основе многоугольных сетей. Принципом создания поверхностной модели является то, что кривизна любой поверхности получается путем аппроксимирования создаваемой сетью или набором плоских граней, расположенных под различными углами. Такая сеть задается набором **вершин** (узлов) – точками, где ребра граней пересекаются.

Представление криволинейных поверхностей из плоских граней производится путем их аппроксимации, поэтому поверхности, полученные из плоских участков получили название сети. Сеть – это модель поверхности объекта, состоящая из плоских граней, число которых задается матрицей  $M \times N$  ( $M$  – число строк,  $N$  – число столбцов). Следовательно дискретное значение  $M$  и  $N$  определяют ряд и столбец каждой вершины.

В AutoCAD предусмотрено несколько способов создания многоугольных сетей. С помощью вершин можно строить плоские поверхности и аппроксимировать криволинейные, причем точность аппроксимации управляется путем задания плотности сети.

К недостаткам поверхностных моделей можно отнести то, что из таких моделей невозможно получить сведения о физических свойствах объекта, таких как масса, центр тяжести и др. Поэтому моделирование реальных объектов с помощью сетей применяется в случаях, когда конструктору не особенно важно изучать влияние физических свойств материала из которого выполнен объект.

При создании элементарных поверхностей используется плавающая панель инструментов Surface (Поверхности), которая содержит 16 кнопок, позволяющих построить поверхности ряда стандартных геометрических тел.

Для создания моделей типового тела часто используются двумерные объекты созданные с помощью диалогового окна 3D Object, которое вызывается из падающего меню **DRAW/SURFACE/3D SURFACE (Рисование/Поверхности/3М поверхность)**.

Аналогичные действия можно произвести с помощью команд меню **DRAW** :

- **DRAW/SOLIDS** путем придания двумерной фигуре высоты
- **DRAW/REGION** путем преобразования области в поверхность при выполнении команды **HIDE**
- **DRAW/3DFACE** путем создания поверхности из плоских граней с несколькими ребрами.

Особенности работы с пространственными гранями:

- пространственные грани никогда не закрашивают, поэтому они отображаются как проволочные каркасы
- пространственные грани нельзя выдавливать
- если все углы пространственной грани лежат в одной плоскости, то эта грань становится непрозрачной для команды **HIDE**

## **СОЗДАНИЕ ТРЕХМЕРНЫХ ГРАНЕЙ ПО КОМАНДЕ 3DFACE**

Многоугольная пространственная грань создается аналогично двумерной фигуре по команде **DRAW/SURFACES/ 3DFACE**.

По этой команде создается поверхность из плоских граней с тремя или четырьмя ребрами, причем каждая грань может иметь собственную ориентацию. Грани можно стыковать, а разделяющие грани линии можно делать невидимыми, создавая таким образом граненные поверхности с эффектом сплошной поверхности.

Задавая различные координаты по оси  $Z$  угловых точек грани, можно создавать неплоские грани. Комбинируя такие грани можно моделировать сложные пространственные объекты.

Алгоритм построения трехмерной грани:

1. Щелкнуть по кнопке **3DFACE** на панели инструментов Surfaces
2. Последовательно ввести координаты вершин грани. Координаты точек должны вводиться только по часовой или против часовой стрелки
3. Для создания трехсторонней грани необходимо в ответ на запрос четвертой точки дважды нажать клавишу ENTER
4. Для создания четырехсторонней грани после ввода координат четвертой точки на последующий запрос о вводе третьей точки необходимо нажать клавишу ENTER
5. Для создания многогранной модели необходимо последовательно вводить координаты третьей и четвертой точки. В этом случае ребро грани образованное последней парой третьей и четвертой точками становится первым ребром новой грани

Опытные пользователи при построении сложных трехмерных многогранных поверхностей подготавливают несколько двумерных объектов, описывающих несколько или даже все грани. Затем, с помощью объектной привязки по конечным точкам, следует выбирать точки трехмерной многогранной поверхности.

Если соседние грани принадлежат одной плоскости, то ребро между ними может быть излишним, поэтому:

- ✓ любой край пространственной грани можно сделать невидимым, если первая точка этого ребра вводилась с признаком Invisible (Невидимый). Если все края грани будут невидимыми, то такая грань не будет видна в каркасных моделях, но сможет скрывать находящиеся за ней объекты в чертежах с удаленными скрытыми линиями. Но если провести тонирование такой призрачной грани, то она станет видимой
- ✓ самый простой способ управления видимостью ребер после создания модели – применение команды **DRAW/ SURFACES/EDGE**. Для создания невидимой грани можно щелкнуть по кнопке **EDGE** и последовательно указать ребра, которые должны быть невидимыми. Вторая опция этой команды **DISPLAY** позволяет сделать невидимые ребра видимыми (отображаются штриховыми линиями) и затем выбрав соответствующий ответ на запрос AutoCAD указать несколько или все ребра, которые должны стать видимыми
- ✓ если имеются полностью сформированные трехмерные грани, то управлять их видимостью можно с помощью диалогового окна **Modify 3D Face**, открываемого с помощью щелчка по кнопке Properties на панели инструментов Object Properties

Редактирование невидимых граней можно производить с помощью системной переменной **SPLFRAME**, задавая ей не нулевое значение, например 1. В этом случае все грани-призраки и невидимые края станут видимыми, и их можно будет редактировать. Присвоение этой системной переменной значения 0 вернет ребра в исходное состояние.

С помощью команды **DRAW/3DFACE** создаются поверхности, которым нельзя придать высоту и из них не могут быть получены. Однако с помощью команды **MODIFY/SOLIDS EDITING/EXTRUDE FACES** из трехмерной многогранной поверхности можно создать трехмерное тело.

### **СОЗДАНИЕ ТРЕХМЕРНЫХ ГРАНЕЙ ПО КОМАНДЕ PFACE**

Данная команда ориентирована на автоматизированное построение поверхностей, например с помощью программ на языке AutoLISP. Наиболее часто команда используется для построения трехмерной многоугольной сети произвольной топологии общего вида, которая может представлять собой совокупность нескольких несвязанных объектов. Произвольную сеть можно создавать, задавая каждую вершину и затем каждую грань сети.

Преимущества использования команды:

- многогранная поверхность может создаваться из граней с любым количеством ребер
- вся сеть рассматривается как один объект
- стыки граней не показываются, поэтому не возникает проблем с видимостью/невидимостью ребер
- многоугольные сети могут быть расчленены на трехмерные грани
- при расположении многоугольной сети в нескольких плоскостях каждой из плоскостей могут быть присвоены собственный слой и собственный цвет, что облегчает процесс тонирования

По команде **PFACE** можно строить поверхности в виде сети с произвольной топологией, которые удобнее всего редактировать с помощью ручек. Грани произвольных сетей можно располагать в слое, отличном от слоя основного примитива.

Алгоритм построения поверхности:

1. Ввести в командную строку команду **PFACE**
2. В ответ на запрос *Vertex 1 (Вершина 1)* следует ввести координаты первой вершины
3. В ответ на запрос *Vertex 2 (Вершина 2)* следует ввести координаты второй вершины
4. В ответ на последующие запросы о вершинах следует последовательно ввести координаты вершин
5. Для окончания ввода вершин следует нажать клавишу ENTER
6. В ответ на запрос *Face 1, Vertex 1 (Грань 1, Вершина 1)* ввести номер вершины, которая является первой в сети
7. В ответ на запросы последовательно ввести номера вершин последующих граней. Для завершения построения следует дважды нажать клавишу ENTER
8. При необходимости удаления невидимых линий выполнить команду **HIDE**

Каждая грань задается вводом номеров всех вершин, которые ее образуют. После ввода последней вершины следует ввести пустую строку, это означает, что AutoCAD запросит информацию о следующей грани. После задания всех граней снова вводится пустая строка, и на экране появляется сеть.

## СОЗДАНИЕ ТРЕХМЕРНЫХ ГРАНЕЙ ПО КОМАНДЕ 3DMESH

По команде **3DMESH** можно строить поверхности в виде сети с регулярной топологией на основе двухпараметрического массива вершин. По этой команде строится трехмерная многоугольная сеть из пространственных четырехугольных ячеек. Сеть строится как открытая в обоих направлениях M и N. Преобразование открытой сети в закрытую производится по команде **PEDIT**.

Такие сети рассматриваются в AutoCAD как особые полилинии и могут редактироваться по команде **PEDIT**

Алгоритм построения поверхности:

1. Щелкнуть по кнопке 3D MESH (3М сеть) на панели инструментов Surfaces
2. На запрос размере сети:
  - 2.1. *Mesh M size (Размер сетки M)* - необходимо ввести число M вершин в одном направлении
  - 2.2. *Mesh N size (Размер сетки N)* - необходимо ввести число N вершин в другом направлении
3. Задаются двумерные координаты каждой вершины. Ввод координат начинается с вершины с номером 0 и координатами (0,0). Никаких ограничений на выбор конкретного направления отсчета элементов массива вершин MxN не налагается

Поверхности созданные по команде **3DMESH** можно редактировать по команде **PEDIT**, имеющая следующие опции:

- ✓ **EDIT VERTEX** – позволяет изменять местоположения маркера, отмечающего текущую вершину.

Имеет подопции:

- ∅ **Next** – перемещение маркера к следующей вершине в соответствии с порядком их задания
- ∅ **Previous** – перемещение маркера к предыдущей вершине
- ∅ **Left** – перемещение маркера к соседней слева вершине
- ∅ **Right** – перемещение маркера к соседней справа вершине
- ∅ **UP** – перемещение маркера к соседней сверху вершине
- ∅ **Down** – перемещение маркера к соседней снизу вершине
- ∅ **Move** – перенесение отмеченной вершины в другое место
- ∅ **Regen** – перечерчивание трехмерной сети
- ∅ **Exit** – возврат к исходному запросу
- ✓ **Smooth** – обеспечивается сглаживание поверхности. Выбор класса сглаживающей поверхности зависит от значения системной переменной **SURFTYPE** (5– квадратичный B-сплайн, 6 – кубический B-сплайн, 8 – поверхность Безье
- ✓ **Desmooth** – возврат к состоянию сети до выполнения команды сглаживания
- ✓ **Mclose** – замыкание поверхности в направлении M (соединение последнего столбца вершин)
- ✓ **Nclose** – замыкание поверхности в направлении N (соединение последней строки вершин)
- ✓ **Undo** – отмена результата выполнения последней опции
- ✓ **eXit** – завершение выполнения команды **PEDIT**

Точность аппроксимации сети поверхностью определяется по команде **SETVAR**, которая позволяет задать значение системных переменных **SURFU** (плотность поверхности в направлении M) и **SURFV** (плотность поверхности в направлении N).

## СОЗДАНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ ВРАЩЕНИЯ ПО КОМАНДЕ REVSURF

Построение тела вращения с осевой симметрией обеспечивается с помощью команды **REVSURF** необходимо наличие образующей кривой - двумерного контура (профиля), вращая который вокруг заданной оси можно получить поверхность, описываемую трехмерной сетью. Основное требование для получения поверхности – образующая кривая должна быть одним объектом. Если в процессе ее создания использовались различные отрезки и дуги, то из них при помощи команды **PEDIT** должна быть создана полилиния, представляющая собой один объект AutoCAD.

Вращение образующей кривой может происходить на любой угол как в положительном, так и в отрицательном направлении отсчета углов.

Для выбора линии оси вращения необходимо указать в пространстве модели заранее созданный вспомогательный отрезок.



## Построение пространственных моделей

Осью вращения может являться любой созданный в пространстве модели отрезок. При задании какого-либо отрезка в качестве оси вращения следует обращать внимание на то, что AutoCAD воспринимает первую указанную конечную точку отрезка как начало оси вращения, а вторую – как конец. Т.о. задается положительное направление оси вращения, что в свою очередь определяет положительное направление приращения угла: *с конца оси положительный поворот виден в направлении против часовой стрелки.*

Алгоритм построения поверхности вращения:

1. Создать 2 отдельных слоя со своим цветом для построения образующей кривой и оси
2. Построить образующую кривую на своем слое, представляющую собой единый объект
3. Построить отрезок на своем слое который будет представлять собой ось вращения
4. Щелкнуть по кнопке Revolved Surfac. В ответ на запросы этой команды:
  - 4.1. *select path curve* – указать образующую линию
  - 4.2. *select axis of revolution* – указать ось вращения
  - 4.3. *start angle* - ввести значение начального угла ( по умолчанию начальный угол равен 0). Начальный угол определяет отступ начала поверхности вращения от определяющей кривой
  - 4.4. *included angle (+=ccw, -=cw)* - задать угол вращения (центральный угол), т.е. угол поворота кривой вокруг оси вращения. По умолчанию AutoCAD предлагает полный угол вращения ( $360^{\circ}$ ). При задании определенного угла вращения следует указать направление вращения: +=ccw – положительное (по ч.с.), -=cw –отрицательное (против ч.с.)

Плотность изолиний при формировании сети, аппроксимирующей поверхность, задается системными переменными:

- **SURFTAB1** определяет значение параметра M – плотность сети вдоль направляющей (дуги окружности)
- **SURFTAB2** определяет значение параметра N – плотность сети вдоль образующей

## **СОЗДАНИЕ ВЫДАВЛЕННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПО КОМАНДЕ TUBSURE**

По команде **TUBSURE** происходит создание трехмерного объекта из двумерного путем выдавливания, т.е. созданный с помощью образующей кривой профиль (контур) выдавливается вдоль заданного вектора, который определяет направление и расстояние выдавливания. При задании объекта, который будет являться направляющим вектором, следует помнить о том, что первая выбранная точка определяет направление выдавливания, т.к. выдавливание начинается от конца вектора, ближайшего к выбранной точке на отрезке.

При создании трехмерной модели методом выдавливания необходимо использовать созданное ранее двухмерное представление его проекции на некоторую плоскость. Проекция должна представлять собой замкнутую полилинию, либо область ( под областью понимается часть плоскости, ограниченная замкнутой линией и характеризуемая массогабаритными параметрами: весом, положением центра тяжести и т.п.)

Образованная таким способом трехмерная сеть из полилиний **называется поверхностью сдвига** и представляет собой набор многоугольников с параллельными направляющему вектору сторонами.

Алгоритм создания выдавленной поверхности:

1. Создать 2 отдельных слоя со своим цветом для построения контура и вектора выдавливания
2. Создать исходный контур (профиль) для выдавливания
3. Создать отрезок, который будет использоваться как вектор выдавливания
4. Щелкнуть по кнопке **TABULATED SURFACE**. На запросы команды:
  - 4.1. *select path curve* – указать объект, который является образующим поверхность профилем
  - 4.2. *select direction vector* – указать отрезок, который будет использоваться в качестве вектора

Отличие поверхности полученной методом сдвига от поверхностей, полученных заданием высоты в том, что при выдавливании направляющий вектор может иметь любое направление, а не только перпендикулярное к плоскости XY, на которой находится исходный контур.

## **СОЗДАНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ СОЕДИНЕНИЯ ПО КОМАНДЕ RULSURF**

Для связи двумерных или трехмерных объектов в единую поверхность применяется команда **RULSURF**. Эта команда предназначена для создания многоугольной сети, изображающей поверхность, натянутую на две заданные линии.

Алгоритм создания соединенных поверхностей:

1. Построить два объекта, которые будут соединяться поверхностью



2. Щелкнуть по кнопке **RULED SURFACE**. На запросы команды:
  - 2.1. *select first defining curve* – указать первую определяющую кривую (объект)
  - 2.2. *select second defining curve* – указать вторую определяющую кривую (объект)

Особенность использования этой команды заключается в том, что:

- если одна линия является замкнутой, то и вторая тоже должна быть замкнутой
- если одна линия является замкнутой, то вместо второй линии может использоваться точка
- порядок выбора точек на объектах влияет на вид соединяющей поверхности: если точки выбраны по разные стороны, то получается поверхность, которая сама себя пересекает.

### **СОЗДАНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ СОПРИКАСАЮЩИХСЯ ОБЪЕКТОВ (EDGESURE)**

При соединении четырех соприкасающихся объектов создается многоугольная сеть, называемая **поверхностью Кунса**. По команде **EDGESURE** создается поверхность, определяемая по четырем граням, ребра которых должны попарно смыкаться в конечных точках.

Алгоритм построения поверхности Кунса:

1. Построить четыре объекта, которые станут гранями поверхности
2. Для точного построения поверхности Кунса необходимо с помощью объектной привязки по конечным точкам обеспечить их соприкосновение. Для облегчения работы с промежуточными трехмерными ПСК рекомендуется использовать опорный параллелепипед, который строится по команде **AI\_BOX**
3. Щелкнуть по кнопке **EDGE SURFACE**
4. В любом порядке последовательно указать все грани с первой по четвертую

## СОЗДАНИЕ ТВЕРДОТЕЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ

Использование твердотельных моделей объемных тел позволяет создавать более реалистичные модели по сравнению с плоскими.

Тела, несмотря на их кажущуюся сложность, легче строить и редактировать, чем каркасные модели и сети. Как и сети, тела имеют внешний вид, аналогичный проволочным моделям до тех пор, пока к ним не применены операции подавления скрытых линий, раскрашивания и тонирования. Наличие возможности анализа массовых свойств (объема, момента инерции, центра массы и т.п.) позволяет экспортировать такие данные в различные приложения, для дальнейшего их использования.

Трехмерные объекты в AutoCAD создаются на основе базовых пространственных форм, называемых **твердотельными примитивами**: параллелепипедов, конусов, цилиндров, сфер, клинов и торов (колец). На основе операций булевой алгебры из этих форм путем их объединения, вычитания и пересечения создаются сложные пространственные тела.

Большинство команд формирования моделей пространственных тел запускается на выполнение с помощью панели инструментов **SOLIDS**. На этой панели имеются кнопки, позволяющие создавать модели типовых тел: параллелепипеда, шара, пирамиды, конуса. Пользователь может создавать собственные типовые тела, используя в качестве шаблона двумерные объекты типа полилинии или области, которые затем выдавливаются в нужном направлении.

Твердотельные примитивы можно также создавать из двумерных путем выдавливания или вращения.

### СОЗДАНИЕ ВЫДАВЛЕННЫХ ТЕЛ ПО КОМАНДЕ EXTRUDE

Команда **DRAW/SOLIDS/EXTRUDE** обеспечивает создание тел из замкнутых двумерных объектов (профилей) методом выдавливания, т.е. добавлением высоты. Если профиль состоит из нескольких примитивов, то следует с помощью команды **REGION** создать замкнутую полилинию (аналогичный результат достигается при использовании команды **POLRED/JOIN**). Направление выдавливания определяется траекторией или заданием глубины и угла конусности.

Команда очень удобна при создании объектов, имеющих сопряжения, фаски и аналогичного рода элементы, которые трудно воспроизвести, не используя выдавливание сечений. Особенно часто конусное выдавливание применяется при создании литейных форм. При выдавливании:

- по умолчанию боковые грани выдавленного тела формируются перпендикулярно плоскости исходного профиля
- для формирования сужающегося тела необходимо задать угол сужения положительным
- при задании отрицательного угла сужения выдавливаемое тело будет расширяться
- для образования сложного твердого тела выдавливание объекта может происходить вдоль некоторой направляющей, имеющую небольшую сложность и лежащую в плоскости, отличной от плоскости исходного объекта

Алгоритм создания выдавленного тела:

1. Создать исходные профили
2. Разместить исходные объекты на отдельном слое
3. Установить системную переменную **DELOBJ=0**, что обеспечивает сохранение исходных объектов после проведения операции выдавливания
4. Если выдавливание будет происходить вдоль направляющей, то создать ее
5. Щелкнуть по кнопке **EXTRUDE**
6. Указать объект/объекты для выдавливания
7. В ответ на приглашение
  - 7.1. *height of extrusion* - по умолчанию указать высоту выдавливания. На приглашение *extrusion taper angle* - ввести значение угла сужения
  - 7.2. *path* – выдавливание по направляющей. На приглашение *select path* – следует указать направляющий объект
8. Щелкнуть по кнопке **SE ISOMETRIC VIEWPOINT** для просмотра результатов построения
9. При необходимости удалить невидимые линии

## СОЗДАНИЕ ТЕЛ ВРАЩЕНИЯ

По команде **DRAW/SOLIDS/REVSURF** создаются тела, образованные вращением существующего двумерного замкнутого контура на заданный угол вокруг оси X или Y текущей ПСК. В каждый момент времени можно вращать только один профиль вокруг отрезка, полилинии или двух заданных точек.

Команда используется для создания тел, имеющих сопряжения и другие аналогичные элементы, которые трудно воспроизвести, не используя вращение сечений.

Алгоритм создания тела вращения:

1. Создать исходные профили
2. Разместить исходные объекты на отдельном слое
3. Установить системную переменную **DELOBJ=0**, что обеспечивает сохранение исходных объектов после проведения операции вращения
4. Щелкнуть по кнопке **REVOLVE**
5. В ответ на приглашение *select object* - указать замкнутый объект для его вращения
6. В ответ на приглашение *axis of revolution* следует:
  - 6.1. по опции *start point of axis* - по умолчанию указать начальную точку оси, а затем в ответ на соответствующий запрос указать конечную точку оси
  - 6.2. по опции **X** – как ось вращения выбирается ось X текущей ПСК
  - 6.3. по опции **Y** – как ось вращения выбирается ось Y текущей ПСК
  - 6.4. по опции **Object** – следует указать отрезок или прямолинейный сегмент полилинии, используемый в качестве оси
7. В ответ на приглашение *angle of revolution* следует:
  - 7.1. по умолчанию согласно опции *full circle* – задать вращение на  $360^{\circ}$
  - 7.2. задать угол вращения положительный или отрицательный

## СОЗДАНИЕ СЛОЖНЫХ ТЕЛ

Модель любого реального тела может рассматриваться как комбинация типовых тел созданных на основе булевых (логических) операций: вычитание, объединение и пересечение. Вызываются команды булевых операций из падающего меню **MODIFY/BOOLEAN** или путем нажатия соответствующих кнопок на панели инструментов **MODIFY II**

С помощью команды **UNION** можно создать сложный объект, занимающий суммарный объем всех его составляющих. Объединять можно как пересекающиеся, так и не пересекающиеся плоские области или тела. После создания сложного тела исходные объекты не сохраняются.

С помощью команды **SUBTRACT** можно создать сложный объект путем удаления из множества тел тех частей объема, которые принадлежат другому множеству. Наиболее часто команда используется для получения отверстий.

С помощью команды **INTERSECT** можно создать новое сложное тело, занимающее объем, общий для двух или более пересекающихся тел. Непересекающиеся части объемов при этом удаляются из рисунка.

С помощью команды **INTERFERE** создаются сложные тела занимающие объем, общий для двух или более пересекающихся тел. Непересекающиеся части объемов при этом из рисунка не удаляются. В этом случае AutoCAD создает третье тело из общего пространства двух тел. Наиболее часто команда используется для наглядного представления сложного чертежа

Алгоритм работы с командой **INTERFERE**:

1. Щелкнуть по кнопке **INTERFERE**
2. В ответ на приглашение *select the first set of solids* – выделить объекты, входящие в первое множество
3. В ответ на приглашение *select the second set of solids* – выделить объекты, входящие во второе множество
4. В ответ на приглашение *create interference solids?* – необходимо ответить Y, если требуется создать тело из пересечения
5. В ответ на приглашение *highlight pairs of interfering solids?* – необходимо ответить Y, если необходимо выделить первую пару пересекающихся тел
6. В ответ на приглашение *eXit/Next pair* - для выделения новой пары пересекающихся тел следует последовательно нажимать клавишу ENTER заканчивается просмотр после нажатия клавиши X

## **РЕДАКТИРОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ И ТЕЛ**

Для редактирования пространственных объектов применяются:

- команды редактирования в двумерном пространстве **MOVE, COPY, ROTATE, MIRROR, ARRAY, ERASE, SCALE, STRETCH, LENGTHEN, TRIM, EXTEND, BREAK, EXPLODE**
- команды редактирования только для трехмерного пространства **ROTATE3D, 3D ARRAY, MIRROR, CHAMFER, FILLET, OFFSET, ALIGN**

### **КОМАНДА ROTATE3D**

При помощи команды **ROTATE** для двумерного пространства можно вращать трехмерные объекты только в плоскости XY. С помощью команды **ROTATE3D** вращение модели может происходить в других плоскостях вокруг указанных двух точек, заданной оси или текущего направления взгляда. Команда **MODIFY/3D OPERATION/ ROTATE3D** имеет опции:

- **Object**– выбор объекта (отрезок, окружность, дуга, сегмент полилинии) вокруг которого будет осуществляться вращение
- **Last** – поворот вокруг оси, использовавшейся в предыдущей команде поворота
- **View** – поворот вокруг оси, выровненной вдоль направления вида текущего видового экрана и проходящий через заданную точку
- **Xaxis, Yaxis, Zaxis** – поворот вокруг оси параллельной осям X, Y, Z и проходящей через заданную точку
- **2point** – опция по умолчанию, обеспечивает поворот объекта вокруг оси заданной двумя трехмерными точками

После задания требуемых опций AutoCAD запросит ввести по умолчанию положительный или отрицательный угол поворота. Пользователь может задать относительный угол поворота в виде ссылки

### **КОМАНДА MIRROR3D**

Зеркальное отображение объекта осуществляется относительно плоскости, которая может представлять собой:

- плоскость уже существующего двумерного объекта
- плоскость параллельную одной из плоскостей координат и проходящую через заданную точку
- плоскость, заданную тремя трехмерными точками

При помощи команды **MIRROR** для двумерного пространства можно зеркально отображать трехмерные объекты, если линия зеркального отображения лежит в плоскости XY. Команда **ROTATE3D** обеспечивает получение зеркального отображения в любой другой плоскости

Команда имеет следующие опции:

- **Object** – выбор плоского объекта (отрезок, окружность, дуга, сегмент полилинии) относительно плоскости которого будет получено зеркальное отображение
- **Last** – получение зеркального отображения относительно плоскости, использовавшейся в предыдущей команде **ROTATE3D**
- **Zaxis** – отображение относительно плоскости, заданной двумя точками, одна из которых лежит на плоскости, а вторая определяет вектор нормали к плоскости
- **View** – отображение относительно плоскости, выровненной с плоскостью текущего видового экрана и проходящий через заданную точку
- **XY, YZ, ZX** – отображение относительно плоскости, выровненной с указанной в опциях плоскостью и проходящей через заданную точку
- **3point** – опция по умолчанию, обеспечивает отображение объекта вокруг плоскости заданной тремя трехмерными точками

### **КОМАНДА 3D ARRAY**

Команда **ARRAY** может использоваться в том случае, если массив определен в текущей плоскости XY. Команда **3DARRAY** позволяет создавать прямоугольный и круговой массивы объектов в трехмерном пространстве с обычными строками и столбцами, но дополнительно обеспечивается возможность создавать уровни по оси Z.

Алгоритм создания трехмерного массива:

1. Выполнить команду **MODIFY/3D OPERATION/ 3DARRAY**
2. Указать объекты, которые будут организованы в массив
3. В ответ на приглашения AutoCAD последовательно задать:
  - 3.1. прямоугольный или круговой массив.  
Для прямоугольного массива следует на запросы AutoCAD задавать
  - 3.2. число строк. Строки параллельны оси X
  - 3.3. число столбцов. Столбцы параллельны оси Y
  - 3.4. число уровней. Уровни параллельны оси Z
  - 3.5. расстояние между строками. Можно указать расстояние или указать на экране две точки
  - 3.6. расстояние между столбцами. Можно указать расстояние или указать на экране две точки
  - 3.7. расстояние между уровнями. Можно указать расстояние или указать на экране две точкиЕсли выбран круговой массив, то на запросы AutoCAD следует задавать:
  - 3.2. ввести общее количество элементов
  - 3.3. указать угол заполнения
  - 3.4. если объекты должны поворачиваться, то на запрос AutoCAD нажать клавишу ENTER
  - 3.5. указать центр кругового массива, определяющую первую точку оси вращения
  - 3.6. указать вторую точку, принадлежащую оси вращения

## **ОБРЕЗКА И УДЛИНЕНИЕ ТРЕХМЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ**

Любой трехмерный объект может быть обрезан или удлинён до другого объекта, независимо от того, лежат они в одной плоскости и параллельны ли режущим или граничным кромкам. Для этого с помощью системных переменных **PROJMODE** или **EXTEDGE** можно выбрать одну из трех проекций: плоскость XY текущей ПСК, плоскость текущего вида или реальное 3М пространство.

Чтобы операции обрезки и удлинения были выполнены успешно, объекты должны пересекаться с граничными кромками в пространстве. Иначе в результате обрезки или удлинения с проецированием на плоскость XY текущей ПСК может получиться, что новые границы объектов не будут соответствовать указанным кромкам в пространстве.

Команды **STRETCH**, **TRIM**, **EXTEND**, **BREAK** применяются только для плоских объектов. Для обрезки части объекта по заданной границе по команде **TRIM** и для вытягивания до границы по команде **EXTEND** используется опция **PROJECT**, которая определяет режим отсечения/вытягивания. Опция **PROJECT** содержит подопции:

- **None** – обрезаются и удлиняются только те объекты, которые пересекаются, или могут пересекаться в трехмерном пространстве
- **UCS** – опция по умолчанию, обеспечивает проецирование объектов на плоскость XY текущей ПСК. Использование этой опции позволяет обрезать/удлинять одну из двух скрещивающихся в трехмерном пространстве линий со ссылкой на другую координаты которых по оси Z различны
- **View** – объекты проецируются параллельно текущему виду и обрезаются/удлиняются в соответствии с тем, как они выглядят на экране

## **СОЗДАНИЕ СЕЧЕНИЙ ТЕЛ**

Команда **SECTION** применяется для создания плоских областей из поперечных сечений объемной модели по заданной плоскости, оставляя исходные объекты неизменными. **Поперечное сечение** является пересечением плоскости и выбранного тела.

В связи с тем, что создаваемые сечения располагаются на текущем слое, то рекомендуется текущий слой для таких сечений делать иного цвета, чем цвет объекта, что бы сечение было отчетливо видно.

Команда **DRAW/SOLIDS/SECTION** имеет следующие опции:

- **Object**– выбор объекта (окружность, дуга, эллипс, сплайн, полилиния)
- **Zaxis** – указание оси Z по двум точкам, первая из которых определяет начало координат. Сечение создается плоскостью XY, перпендикулярной заданной оси Z.
- **View** – сечение определяется как плоскость, параллельная текущему виду и проходящий через заданную точку
- **XY, YZ, ZX** – плоскость сечения определяется как плоскость, параллельная указанным плоскостям и проходящая через заданную точку
- **3point** – опция по умолчанию, обеспечивает задание трех трехмерных точек, определяющих плоскость сечения



## **СОЗДАНИЕ РАЗРЕЗОВ ТЕЛ**

Создание нового тела путем разрезания уже существующего на две части производится по команде **SLICE**. Полученные части могут оставаться на чертеже, или одна из них может быть удалена. При необходимости исходный объект может быть восстановлен командой **UNION**. Разрезанные тела являются новыми составными телами, но сохраняют цвет и слой исходного тела.

Команда **DRAW/SOLIDS/SLICE** имеет следующие опции:

- **Object**– выбор плоскости сечения с помощью плоского объекта (отрезок, окружность, дуга, эллипс, сплайн, полилиния)
- **Zaxis** – указание оси *Z* по двум точкам, первая из которых определяет начало координат. Сечение создается плоскостью *XY*, перпендикулярной заданной оси *Z*.
- **View** – сечение определяется как плоскость, параллельная текущему виду и проходящий через заданную точку
- **XY, YZ, ZX** – плоскость сечения определяется как плоскость, параллельная указанным плоскостям и проходящая через заданную точку
- **3point** – опция по умолчанию, обеспечивает задание трех трехмерных точек, определяющих плоскость сечения

## **СОПРЯЖЕНИЕ ТРЕХМЕРНЫХ ТЕЛ**

Плавное сопряжение может выполняться только для твердотельных моделей по команде **FILLET**. Тела могут скругляться также, как и плоские объекты, задавая радиус скругления и затем определяя ребра.

Алгоритм создания сопряжений:

1. Щелкнуть по кнопке **FILLET**
2. В ответ на запрос AutoCAD использовать только опцию по умолчанию *select first object* – указать грань объекта, к которой будет применено сопряжение
3. Ввести радиус сопряжения
4. В ответ на запрос AutoCAD:
  - 4.1. *chain (цепочка)* – применение сопряжения к набору соприкасающихся граней, затем следует приглашение, обеспечивающее:
    - 4.1.1. *edge* – указание отдельной грани
    - 4.1.2. *radius* – изменение величины радиуса между отдельными гранями
    - 4.1.3. *select edge chain* – опция по умолчанию, обеспечивающая последовательный выбор граней
  - 4.2. *radius* – изменение величины радиуса между отдельными гранями
  - 4.3. *select edge* – опция по умолчанию, обеспечивающая сопряжение выделенных граней

## **СОЗДАНИЕ ФАСОК НА ТВЕРДОТЕЛЬНЫХ МОДЕЛЯХ**

Снятие фасок можно производить только в твердотельных моделях на пересечениях смежных граней по команде **CHAMFER**

Алгоритм построения фаски:

1. Щелкнуть по кнопке **CHAMFER**
2. В ответ на приглашение AutoCAD следует указать ребро, с которого необходимо снять фаску
3. В ответ на следующий запрос можно:
  - 3.1. нажать клавишу **ENTER** и подсвеченная поверхность станет базовой
  - 3.2. если два катета фаски не равны (угол фаски не равен  $45^0$ ), то необходимо определить базовую поверхность путем введения символа *n* в командную строку. Будет подсвечена следующая поверхность
4. В ответ на следующий запрос следует ввести длину фаски для первой поверхности
5. В ответ на следующий запрос следует ввести длину фаски для другой поверхности
6. В ответ на следующий запрос следует:
  - 6.1. указать ребро, с которого будет сниматься фаска
  - 6.2. можно использовать опцию **LOOP**, позволяющую выбирать ребро по периметру
7. По окончании выбора граней или циклов граней нажать клавишу **ENTER**

## **РАСЧЛЕНЕНИЕ ТРЕХМЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ**

Команды **EXPLODE** имеет некоторые особенности при работе с трехмерными объектами:



- у тела плоские поверхности становятся областями
- у произвольных тел криволинейные поверхности становятся одноповерхностными произвольными телами
- у произвольного тела плоские заполненные тела становятся областями или кривыми
- сети с произвольной топологией превращаются в трехмерные грани
- сети с регулярной топологией превращаются в трехмерные грани
- полилинии с толщиной превращаются в отрезки

**Произвольные тела** – это тела произвольной формы, которые используются когда объект трехмерной модели не подходит ни под какую другую категорию объектов.

## ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ТРЕХМЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ

Для ряда технических и научных задач конечной целью трехмерного моделирования является именно создание модели и исследование ее свойств, что позволяет избавиться от необходимости изготавливать реальное изделие. Для таких целей вполне достаточно бывает получение твердотельной модели.

В процессе разработки нового изделия конструктор, работающий в AutoCAD, старается работать с каркасными поверхностями, независимо от типа объекта. Это позволяет обеспечить быстрое отображение объектов на экране в реальном времени. И только в конце проектирования возникает необходимость получать реалистичное изображение, т.е. применять тонирование, раскрашивание в реальные цвета, наносить текстуры на поверхность и реальные светотени, делать объекты прозрачными, делать наложения и др.

Чем выше требования к реалистичности изображения, тем по более сложному алгоритму оно формируется. Пространственные изображения с элементами реалистичности могут быть классифицированы по сложности:

- каркасная модель
- с удаленными скрытыми линиями
- с раскрашенными поверхностями
- тонированные изображения с текстурой, отражающей физические свойства материалов
- изображения с заданным освещением от одного источника света
- изображения с заданным освещением от нескольких источников света
- изображения со светотенью
- изображения с заданным освещением и трассировкой всех световых лучей

В процессе раскрашивания и тонирования AutoCAD вначале всегда удаляет скрытые линии. В ходе операции удаления скрытых линий, раскрашивания и тонирования различные типы поверхностей обрабатываются по разному. Если модель сформирована только из твердотельных объектов, то она тонируется с наивысшим качеством за кратчайшее время по сравнению со всеми другими вариантами. На основе не всякой модели можно построить реалистическое изображение.

- ✓ операция по удалению невидимых линий проводится над всеми объектами, отображаемыми на экране (в пространстве модели) или в текущем видовом экране (в пространстве листа)
- ✓ закрашенные фигуры, полосы, круги и широкие полилинии при назначении им высоты рассматриваются только как поверхности, имеющие основание и верхнюю часть. Применение команд **CHANGE** и **CHPROP** только придает двумерным объектам вид трехмерных. Фигуры и полосы, получив высоту, становятся призмами с тремя или четырьмя боковыми гранями. Окружность принимает вид вертикального столба, а при раскрашивании приобретает вид и свойства твердотельного цилиндра
- ✓ многоугольные сети и трехмерные грани не могут быть выдавлены, однако они определяют поверхности для операций удаления скрытых линий, раскрашивания и тонирования
- ✓ модель полученная путем выдавливания двумерной фигуры рассматривается как твердотельный объект
- ✓ замкнутые полилинии нулевой ширины при назначении им высоты выдавливания обрабатываются обычным образом. Т.н. область, ограниченная замкнутой полилинией не рассматривается при удалении скрытых линий, раскрашивании и тонировании ни как верхняя, ни как нижняя поверхность
- ✓ текст является особым объектом при операции удаления невидимых линий. Текст игнорируется командой **HIDE**, если он не обладает хотя бы минимальной высотой выдавливания. Операция выдавливания позволяет тонировать строки текста. Если выдавливание не применялось, то строки текста при тонировании не отображаются
- ✓ в процессе удаления скрытых линий могут возникать затруднения, если нарисованные объекты примыкают друг к другу или пересекаются в пространстве, поэтому избежать многих проблем можно, применяя к реальным трехмерным объектам булевы операции.

## Создание твердотельных моделей

- ✓ объекты, расположенные в выключенных слоях, т.е. не отображаемые на экране, могут повлиять на конечный результат отображения. Если объекты находятся на замороженных слоях, они не влияют на процесс удаления невидимых линий

# НАСТРОЙКА СИСТЕМЫ ТРЕХМЕРНОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ

Система трехмерного отображения в AutoCAD позволяет учитывать свойства материала при выполнении раскрашивания. Для настройки системы визуализации необходимо на вкладке **System** диалогового окна **Options** в списке **Current 3D graphics display** выбрать требуемую графическую систему и щелкнуть по кнопке **Properties**. В зоне **Materials** следует установить флажок **Enable materials**, позволяющий применять материалы.

## УДАЛЕНИЕ НЕВИДИМЫХ ЛИНИЙ

Сложные трехмерные модели часто оказываются перегруженными, что затрудняет их чтение и просмотр результатов выполнения какой-либо команды на объекте. Наиболее простой способ получения реалистической поверхности модели в процессе разработки – удаление невидимых линий, т.е. линий, находящихся позади поверхности при текущей настройке положения камеры и направлении визирования.

Для удаления скрытых линий используется команда **VIEW/HIDE**, соответствующая кнопка на панели инструментов **RENDER** либо экранного меню **VIEW2**.

До удаления невидимых линий тела отображаются в виде каркаса. При таком представлении поверхность тела аппроксимируется ребрами граней и образующими линиями искривленных поверхностей. Для визуализации криволинейных элементов модели используются линии искривления, плотность которых определяется системной переменной **ISOLINES** в момент создания объекта

При удалении невидимых линий твердотельного объекта генерируются и удаляются невидимые линии объекта, представленного сетью. Управляет удалением невидимых линий системная переменная **DISPSLN**. При ее значении равным 0, объект с удаленными линиями отображается в виде сети, если =1, то в виде силуэтных линий.

## РАСКРАШИВАНИЕ ТРЕХМЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ

Удаление скрытых линий только улучшает восприятие рисунка, более реалистичное представление дает метод ее раскрашивания. **Раскрашивание** – это упрощенная версия тонирования в AutoCAD. Применяется раскрашивание при необходимости быстрого получения наглядного представления о модели, особенно если эта модель состоит из пространственных объектов с поверхностями. При раскрашивании по умолчанию принимается, что в наличии имеется один источник освещения, размещенный за точкой обзора.

Команда **SHADE** обеспечивает удаление невидимых линий и нанесение монотонных светов на видимые поверхности на текущем видовом экране. При раскрашивании предполагается, что источник света один и расположен за спиной пользователя, т.н. «свет из-за плеч».

При вычислении оттенка цвета каждой грани учитываются угол наклона поверхности к направлению взгляда и значения системной переменной **SHADEDIR**. Чем круче угол наклона поверхности по отношению к направлению взгляда, тем темнее оттенок ее расцветки

Для получения раскрашенных поверхностей необходимо правильно установить значения системных переменных:

- ✓ **SHADEDIR** - определяет контрастность и яркость изображения чем больше значение системной переменной, тем выше контрастность отображения. Эта переменная контролирует степень диффузно отраженного света, т.е. процент светового потока, который отражается от модели. По умолчанию значение равно 70, что означает 70 % света, отражаемого поверхностью представляет собой диффузное отражение света, поступающего от источника, а остальные 30 % - это отраженный свет. Если задать значение системной переменной очень маленьким, то модель на чертеже будет слишком освещенной и недостаточно контрастной
- ✓ **SHADEEDGE** - обеспечивает выбор одного из четырех методов раскрашивания. Эта переменная позволяет контролировать уровень освещенности граней. В зависимости от значения системной переменной
  - **0** – грани раскрашиваются без выделения их ребер
  - **1** - грани раскрашиваются с выделением их ребер
  - **2** – поверхности принимают цвет фона, а видимые ребра – цвет объектов
  - **3** – опция по умолчанию, позволяющая раскрашивать грани цветами объектов, при этом ребра выделяются цветом фона, эффект подсветки отсутствует

- ✓ **FACETRES** – регулирует плавность, т.е. степень сглаживания тонированных изображений, при раскрашивании объектов с подавлением скрытых линий
- ✓ **FACETRATIO** – определяет плотность сети, создаваемой для конических и цилиндрических тел. Значение переменной =0 обеспечивает обычную плотность, значение =1 плотность сети увеличивается, что позволяет повысить качество тонирования и раскрашивания при обработке криволинейных поверхностей
- ✓ **HIDEPRECISION** – при значении =0 вычисления в процессе удаления невидимых линий и раскрашивания выполняются с одинарной точностью. При значении переменной =1 вычисления проводятся с удвоенной точностью, на что потребуется больше времени и больше памяти

При раскрашивании с помощью команды **SHADE** невозможно получить блики, перемещать имеющийся источник света и добавлять новые источники света.

Освещенные объекты нельзя сохранять или печатать, они могут быть использованы только как слайды.

Для замены раскрашенного изображения на первоначальный рисунок используется команда **REGEN**. Эта же команда применяется при работе с теми видами моделей, который были созданы с помощью функций наложения теней или тонирования.

### **ТОНИРОВАНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ ТРЕХМЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ**

**Тонирование** (рендеринг) – это сложное средство визуализации чертежей, позволяющее создавать абсолютно реалистические изображения трехмерных поверхностей и твердотельных моделей с учетом различных оптических эффектов, в т.ч. прозрачности и наложения. Тонированные изображения выглядят более реалистично по сравнению с каркасными изображениями.

В AutoCAD имеется три вида тонирования:

- **Render** – упрощенное тонирование, которое обладает наименьшими возможностями настройки и моделирования различных эффектов визуализации, но является наиболее быстрым
- **Photo Real** – фотореалистичное, которое формируется на экране построчно. Позволяет включать фрагменты растровых рисунков, создавать прозрачные материалы и моделировать эффекты при отображении теней
- **Photo Raytrace** - обеспечивает тонирование на основе алгоритма обратной трассировки светового луча для генерации отражения, преломления и точного определения освещенности

Тонирование представляет собой отдельный процесс при создании проекта нового изделия. Процесс тонирования разделяется на несколько этапов:

1. Подготовка моделей для тонирования.
  - 1.1. обеспечивается контроль за способами формирования объектов
  - 1.2. задается настройка точности отображения
2. Создание освещение модели
  - 2.1. создание источников света на основе четырех типов источников: рассеянный, удаленный, точечный, направленный источник света (прожектор)
  - 2.2. настройка источников света под текущую задачу. Необходимо создать **сцены** – виды с источником света
3. Выбор материалов для поверхности объекта. **Материал** – это совокупность поверхностных характеристик, в состав которых входит цвет и/или образец текстуры поверхности, рассеяние, отражение, шероховатость, прозрачность, преломление и карта микрорельефа
  - 3.1. выбор из имеющейся библиотеки отражательных характеристик материалов
  - 3.2. присвоение различных видов материалов видимым поверхностям
4. Непосредственное проведение тонирования. В связи со сложностью проведения данного процесса обычно требуется достаточно большое количество пробных действий для получения нужного результата
  - 4.1. первая попытка тонирования проводится согласно установкам по умолчанию. Оценка полученного результата позволяет определить настройки, требующие изменений
  - 4.2. если необходимо установить новые параметры тонирования
  - 4.3. можно добавить фон или эффект тумана (рассеяние света в воздушной среде)

Тонирование желательно начинать с предварительного варианта, который выполняется на базе опций тонирования по умолчанию, что позволяет определить, какие материалы и источники света нужно создать. Для проведения предварительного тонирования достаточно воспользоваться кнопкой **Render** панели инструментов **RENDER**.

Процесс тонирования может быть значительно сокращен по времени, если обрабатывать только некоторые объекты модели. Для этого используются опции поля **RENDERING PROCEDURE** диалогового окна **Render**.

## ПОДГОТОВКА МОДЕЛИ ДЛЯ ТОНИРОВАНИЯ

**Наличие закрытых граней.** Перед началом тонирования необходимо удалить все скрытые поверхности, т.к. процесс их тонирования является бессмысленным и только требует значительных затрат времени. Для того, что бы определить какая из поверхностей является передней или задней используется нормаль к каждой из граней. Процесс удаления задних граней заключается в том, что при тонировании AutoCAD вычисляет все нормали, направленные от точки зрения, и удаляет из сцены связанные с ними многоугольники.

После того, как задние грани будут удалены, AutoCAD сравнивает относительные расстояния по оси Z. Если одна из граней перекрывает другую, то AutoCAD удаляет невидимую грань.

У твердотельных объектов векторы нормалей всегда правильно ориентированы. Проблемы с правильной ориентацией векторов нормалей поверхностей возникают только при тонировании объектов, не имеющих толщины: двумерных и трехмерных граней, сетчатых поверхностей и выдавленных дуг и отрезков.

Для включения команды **RPREF** удаления невидимых граней необходимо в диалоговом окне **RENDERING PREFERENCE**, открываемого по команде **VIEW/RENDER/PREFERENCE** в области **Rendering option** щелкнуть по кнопке **More options**. В открывшемся диалоговом окне **Render options**, в области **Face control** установить галочку у опции **Discard back faces**.

Если процесс тонирования проводится с моделью, которая создана без учета требований к векторам нормалей поверхностей, то опции **Discard Back Faces** и опция **Back face normal is negative** должны быть отключены. Отключение этих опций значительно замедляет получение тонированного изображения, но позволяет обеспечить корректное изображение объекта.

**Количество граней и вершин.** От их количества зависит время, требуемое для построения тонированного изображения. При упрощении структуры поверхности и минимизации числа граней процесс тонирования значительно упрощается и меньше времени тратится на определение цвета каждого пикселя грани.

Если при тонировании геометрических объектов возникают трудности, можно рекомендовать работать с такими объектами в режимах **PHOTO REAL** и **PHOTO RAYTRACE**.

**Пересекающиеся и перекрывающие грани.** При упрощении процесса формирования модели может возникать ситуация, при которой одна грань проходит через другую. При возникновении таких ситуаций рекомендуется тонировать режимах **PHOTO REAL** и **PHOTO RAYTRACE**.

Если производится тонирование перекрывающих друг друга граней с противоположно направленными нормальными необходимо контролировать, что бы линии контура граней нигде не пересекались.

**Трехмерные сети.** Основная проблема при тонировании таких объектов это их сглаживание. Режим плавного тонирования перехода через кромку грани включается опцией **SMOOTH SHADE** по команде **RPREF/RENDERING PREFERENCES/RENDERING OPTIONS**. Сглаживание не может происходить, если угол между соседними гранями превышает определенную величину.

**Точность и разрешение отображения.** Определяется командой **VIEWRES**. Точность аппроксимации, устанавливаемая данной командой, управляет плавностью представления кругов, дуг и эллипсов: чем выше точность аппроксимации, тем плавнее дуги и окружности, но длительнее из процесс регенерации.

Для повышения производительности рекомендуется в ходе проектирования устанавливать как можно меньшую точность аппроксимации, а перед тонированием увеличить ее для получения требуемого качества

## ПАРАМЕТРЫ ТОНИРОВАНИЯ

Тонирование объектов полученных из криволинейных поверхностей в большой мере зависит от заданных параметров этого процесса. Такая криволинейная поверхность может тонироваться как граненная (быстрый способ) или как гладкая.

Загрузка системы тонирования происходит автоматически при первом запуске любой команды тонирования (**RENDER**, **SCENE**, **LIGHT**, **RMAT**, **MATLIB**, **BACKGROUND** и др). Кроме того, систему тонирования можно загрузить/выгрузить с помощью команды **ARX**, имеющей следующие опции:

- ? - выводит список загруженных ARX-приложений



## Настройка системы визуализации

- **LOAD** – загружает ARX-приложение. Для загрузки тонирования в ответ на дополнительный запрос следует ввести **render**
- **UNLOAD** - выгружает ARX-приложение. Для выгрузки тонирования в ответ на дополнительный запрос следует ввести **render**
- **OPTIONS** - устанавливает параметры, связанные с конкретным ARX-приложением  
Параметры тонирования устанавливаются в диалоговом окне **RENDER**, которое открывается по команде **VIEW/RENDER/RENDER**. Окно содержит следующие компоненты:
  - ✓ список **RENDERING TYPE**, в котором выбирается режим тонирования:
    - Ø **Render** – позволяет задать основной тип тонирования в AutoCAD. Тонирование без возможности добавления источников света, присвоения материалов и определения сцен. Единственный источник света располагается как бы за спиной у наблюдателя, и не может быть изменен или перемещен.
    - Ø **Photo real** – реалистичное тонирование с возможностью отображения растровых и прозрачных материалов, а также с улучшенным отображением теней. Источник света
    - Ø **Photo raytrace** – наиболее реалистичное тонирование, обеспечивающее эффект отражения, рефракции, точных теней
  - ✓ Список **SCENE TO RENDER** позволяет выбрать сцену из перечисленных в списке
  - ✓ область **RENDERING PROCEDURE**, в котором имеются флажки:
    - Ø **Query for selection** обеспечивает тонирование только предварительно выбранные объекты. Опция используется для проверки настройки операции тонирования на одном или нескольких объектах
    - Ø **Crop windows** позволяет задавать в текущем экране область тонирования в виде прямоугольного фрагмента
    - Ø **Skip render dialog** позволяет отменить появление диалогового окна команды **RENDER**, что позволяет в следующий сеанс редактирования начать тонирование немедленно после ввода команды
  - ✓ поле **LIGHT ICON SCALE** позволяет задать значение коэффициента масштабирования блоков/пиктограмм источников света. Для этого используется коэффициент масштабирования чертежа
  - ✓ поле **SMOOTHING ANGLE** позволяет определить угол между гранями, при котором начинает работать режим сглаживания. Угол сглаживания – максимальный угол между соприкасающимися гранями, для которых в процессе тонирования выполняется сглаживание поверхности. По умолчанию грани с ориентацией, превышающей 45°, рассматриваются как имеющие между собой ребро. Чем меньше угол сглаживания, тем больше ребер на граненном объекте
  - ✓ область **RENDERING OPTIONS**, в котором включение ниже перечисленных флажков и кнопки обеспечивает:
    - Ø **Smooth shade** – включение режима плавного отображения криволинейных поверхностей. Используется для сглаживания многогранных объектов, причем на границе смежных граней происходит смешение цветов
    - Ø **Apply materials** – включение режима отображения материалов. Используется при импортированных и привязанных материалов
    - Ø **Shadows** - включение режима наличия теней у объектов. Работает только в режиме фотореалистичности **Photo Real** или в режиме трассировки луча **Photo Raytrace**.
    - Ø **Render cache** – включение режима сохранения результатов отображения на жестком диске. Используется при необходимости тонирования одной сцены несколько раз, т.к. AutoCAD использует сохраненные данные для последующих операций, сокращая время необходимое для повторного анализа модели
    - Ø кнопка **More options** - вызвать различные диалоговые окна в зависимости от установленного режима тонирования. При выборе режимов трассировки луча и фотореалистичности в области **Anti-aliasing** можно включить переключатель разрешающей способности сглаживания **Min/Low/Medium/High**
  - ✓ область **DESTINATION** – содержит раскрывающийся список выбора направления, в которое будет помещено тонированное изображение
    - Ø **Viewport** – опция по умолчанию, обеспечивает помещение изображения в видовой экран
    - Ø **Render window** - помещение изображения в отдельное окно тонирования Render, которое представляет собой обычное окно Windows, позволяющее копировать результат тонирования в буфер обмена или сохранить его как файл **.bmp**. Работа с этим окном позволяет использовать широкие возможности AutoCAD для дальнейшей обработки изображения.
    - Ø **File** - помещение изображения в файл



- ✓ область **SUB SAMPLING** – содержит раскрывающийся список режимов обработки эффектов типа «тень». Позволяет установить относительное количество тонируемых пикселей. По умолчанию установлено отношение 1:1, т.е. тонируется каждый пиксель. Если установить меньшее отношение, то значительно ускорится процесс тонирования
- ✓ кнопка **BACKGROUND** вызывает на экран диалоговое окно одноименной команды, содержащее следующие компоненты:
  - Ø **SOLID** – одноцветный фон, выбранный из палитры цветов. Представляет собой сплошную заливку определенным цветом
  - Ø **GRADIENT** – градиентный (плавный) переход между тремя цветами **TOP/MIDDLE/BOTTOM**. Настройка перехода определяется в правой нижней области движков **Horizon/Height/Rotation**
  - Ø **IMAGE** – в виде фона используется растровое изображение, которое может иметь определенные размеры, или может быть размножено по прямоугольной сетке, заполняя весь фон
  - Ø **MERGE** - в качестве фона используется текущее изображение на экране AutoCAD. Применяется в том случае, когда тонирование выполняется только по отношению к части экрана, что обеспечивает формирование совмещенного изображения тонированного объекта и не тонированного фона
  - Ø поле **ENVIRONMENT** позволяет выбрать дополнительный файл для создания эффекта отражения. AutoCAD накладывает это изображение на сферу, окружающую сцену.
- ✓ кнопка **FOG/DEPTH** вызывает на экран диалоговое окно одноименной команды
- ✓ кнопка **RENDER** позволяет провести просмотр результатов тонирования

## СОХРАНЕНИЕ, РАСПЕЧАТКА И ЭКСПОРТ ТОНИРОВАННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Созданное тонированное изображение может быть передано:

- в видовое окно на экране AutoCAD. В этом случае используются настройки по умолчанию, а сам процесс наиболее часто используется при отладке – выборе вида и набора источников освещения. Сохранение производится по команде **TOOLS/DISPLAY IMAGE/SAVE**, затем необходимо указать тип файла. После щелчка по кнопке ОК в открывшемся диалоговом окне следует задать имя для файла и место его хранения
- в специальное окно **RENDER**. Применяется при сохранении окончательного результата тонирования и вывода на печать. После тонирования в отдельное окно **RENDER** (в списке **Destination** выбрана опция **Render Window**) необходимо выполнить команду **FILE/SAVE** и задать имя для файла с расширением **.bmp**
- в файл. Применяется для сохранения результатов тонирования в электронном виде на будущее.

Вывод сохраненного изображения на экран монитора производится по команде **TOOLS/DISPLAY IMAGE/VIEW**. Для возвращения к чертежу необходимо выполнить регенерацию.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА И ТЕНЕЙ

Задавая источники света и материал поверхности трехмерных объектов при тонировании можно обеспечивать полное использование эффектов цветовой гаммы, особенностей отражения света и светотеней. Свет от источников позволяет создавать тень только в режимах визуализации **PHOTO REAL** и **PHOTO RAYTRACE**

В AutoCAD имеется четыре вида источников света, один рассеянный и три направленных:

1. рассеянный – это фоновый свет, равномерно освещающий все поверхности объекта, не имеющий источника света и не имеющий направления освещения. Обычно используется для подсветки поверхностей, на которые не попадает направленный свет. Пользователь может устанавливать величину интенсивности рассеянного света или совсем отключить его.
2. удаленный – лучи света распространяются бесконечно, исходят параллельно и в одном направлении. Интенсивность света от удаленного источника не уменьшается с расстоянием. Используется для равномерного освещения объектов или заднего плана сцены, а также для имитации солнечного света
3. точечный - лучи света распространяются во всех направлениях, а интенсивность света уменьшается с расстоянием. Используется для имитации света электрических ламп, особенно в качестве вспомогательных источников света для подсветки отдельных поверхностей
4. прожектор – луч света распространяется в виде конуса, направление и размер которого задается пользователем. Интенсивность света прожекторов уменьшается с расстоянием. Прожектор применяется для выборочной подсветки отдельных областей и элементов модели.

## Настройка системы визуализации

Создание и редактирование источников света осуществляется с помощью диалогового окна **LIGHTS** открываемого по команде **VIEW/RENDER/LIGHT** и имеющего следующие компоненты:

- ✓ область **LIGHTS**, в котором с помощью кнопок можно изменять уже созданные источники света. Любая кнопка предназначена для редактирования только одного источника света, выделенного в этой области:
    - ∅ **Modify**
    - ∅ **Delete**
    - ∅ **Select**
  - ✓ область **AMBIENT LIGHTS**, в котором регулируются параметры рассеянного света
    - ∅ регулятор **Intensity** - позволяет изменить интенсивность света в диапазоне от 0 до 1. Интенсивность по умолчанию устанавливается в зависимости от заданного закона спада и геометрических размеров модели:
      - § при линейной инверсии интенсивность по умолчанию равна половине расстояния от левого нижнего угла до правого верхнего угла пространства модели
      - § при квадратичной инверсии – будет равна квадрату половины расстояния от левого нижнего угла до правого верхнего угла пространства модели
      - § при постоянной интенсивности светового потока – равна **1**
    - ∅ поле **Color** – позволяет с помощью трех регуляторов регулировать спектральные характеристики рассеянного света
    - ∅ кнопка **Select Custom Color** открывает диалоговое окна **COLOR** в котором рассеянному свету можно задать цвет по двум вариантам: по системе RGB (red/green/blue – красный/зеленый/синий), или по системе HLS (hue/lightness/saturation – оттенок/яркость/насыщенность)
    - ∅ кнопка **Select From ACI** открывает диалоговое окна **SELECT COLOR** в котором рассеянному свету можно задать цвет согласно индексу цветов AutoCAD
  - ✓ кнопка **NEW** позволяет задать новые источники света (точечный, удаленный или прожектор). Перед формированием нового источника света необходимо выбрать вид источника с помощью раскрывающегося меню, расположенного справа от кнопки, щелкнуть по этой кнопке и с помощью вспомогательного диалогового окна, соответствующего выбранному источнику света. Для точечного источника света:
    - ∅ в поле **Light name** задается его уникальное имя
    - ∅ в поле **Intensity** с помощью числового значения или с помощью регулятора задается интенсивность источника света
    - ∅ в области **Position** с помощью соответствующих кнопок можно задать и проверить местоположение источника света
    - ∅ в области **Color** с помощью соответствующих регуляторов или кнопок выбора из палитры (select custom color) или из спектра ACI (select from ACI) можно задать спектральные характеристики
    - ∅ в области **Attenuation** с помощью соответствующих переключателей **None**, **Inverse Square** или **Inverse linear** можно установить ослабление света в зависимости от расстояния до источников
    - ∅ в области **Shadows** указывается, будет ли данный источник света отбрасывать тень
- В диалоговом окне для редактирования удаленного источника света в сравнении с диалоговым окном для точечного источника света:
- ∅ область **Attenuation** отсутствует
  - ∅ местоположение источника света вместо кнопок области **Position** задается:
    - ∅ в области **Light source** vector задается точка вектора, из которой удаленный источник света «смотрит» на начало системы координат
    - ∅ параметрами **Azimuth** и **Altitude** задается азимут и угол наклона источника относительно «севера» и «линии горизонта»
    - ∅ кнопкой **Sun angle calculator** в архитектурно-дизайнерских проектах задается положение источника для любой точки земного шара, любого дня в году, любого времени суток
- В диалоговом окне для редактирования источника света в виде прожектора в сравнении с диалоговым окном для точечного источника света имеется две дополнительные области:
- ∅ **Falloff**, определяющая угол полного светового конуса
  - ∅ **Hotspot**, определяющая угол конуса света
- ✓ кнопка **NORTH LOCATION** позволяет выбрать направление на север относительно мировой системы координат

После выбора источника света пользователь может использовать тени. Тени бывают трех видов: *объемные, карта теней и тени трассировки луча*, и настройка типа тени осуществляется в диалоговом окне любого типа источника света.

Для задания любого вида тени необходимо в области **Shadows** установить флажок **Shadows On** и нажать кнопку **Shadows Option** и в открывшемся одноименном диалоговом окне включить флажок **Shadow Volumes/Raytrace Shadows**. Карта теней генерируется для режимов фотореалистичности и трассировки луча во время предварительного тонирования.

Для каждого источника можно задать размер генерируемой карты теней в пределах от 64 до 4096 квадратных пикселей. Чем больше размер карты теней, тем выше их точность. После щелчка по кнопке **SHADOW BOUNDING OBJECTS** происходит временный возврат к чертежу для выбора объект, ограничивающий его параллелепипед будет использован для обрезания карты теней.

Мягкость тени **SHADOW SOFTNESS** изменяется от 1 до 10 пикселей. Значение плавности перехода – число пикселей на границе тени, которые являются переходными между тенью и изображением и создают эффект плавного перехода. Рекомендуемые значения от 2 до 4.

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ**

Для придания реалистичности тонированном изображению используются оптические свойства материалов. Под материалом в AutoCAD понимается оптическое свойство отдельного объекта модели – цвет, шероховатость, текстура поверхности, способность к поглощению и отражению света.

Материалы, используемые для тонирования обычно объединяются в библиотеки и могут быть связаны с конкретными объектами, индексами цветов, блоками и слоями. Пользователь может использовать имеющиеся библиотеки или создавать материал самостоятельно. Информация о материалах хранится в файле с расширением **.mli**

Задать материал поверхности тела в AutoCAD это означает задать следующие параметры:

- основной цвет/текстуру поверхности
- цвет рассеянного освещения от освещения рассеянным светом
- отраженный цвет/текстуру бликов
- шероховатость поверхности материала
- прозрачность материала, которая задается текстурой прозрачности
- преломление прозрачного материала
- текстуру выдавливания поверхности, определяющую эффект рельефа

В качестве текстуры могут использоваться цветные и черно-белые рисунки представляющие собой растровые изображения с расширениями **.bmp, .tga, .tif, .gif, .jpg** и **.pcx**. Текстуры разных типов можно комбинировать, например цветовую текстуру и текстуру выдавливания.

Применяемые в AutoCAD материалы могут быть разделены на две группы:

- растровые изображения – на поверхность детали накладывается файл изображения в одном из растровых форматов
- процедурные материалы – AutoCAD на основании заданного набора оптических свойств самостоятельно определяет, как поверхность из этого материала будет взаимодействовать с источниками света и другими поверхностями, включенными в сцену.

Пользователь может импортировать, подключать материалы к объектам, создавать новые или модифицировать имеющиеся материалы. Создание нового материала осуществляется путем:

- модифицирования существующего материала
- дублирования существующего материала и модификации его копии
- создание нового материала с «нуля»

Задать материал поверхности объекта можно в одноименном диалоговом окне открываемом по команде **VIEW/RENDER/MATERIAL** и содержащем следующие компоненты:

- ✓ поле **MATERIALS** – содержит список имен всех определенных в конкретном чертеже материалов
- ✓ кнопка **PREVIEW** – позволяет открыть окно для просмотра материала на сферической или кубической поверхности
- ✓ кнопка **Materials library** – позволяет осуществить переход в диалоговое окно библиотеки материалов, которое можно также открыть по команде **MATLIB**
- ✓ кнопка **SELECT** – используется для определения имени материала, присвоенного объекту
- ✓ кнопка **MODIFY** – позволяет редактировать уже существующие материалы.
- ✓ кнопка **Duplicate** – позволяет копировать уже существующие материалы

## Настройка системы визуализации

✓ кнопка **NEW** - позволяет открыть диалоговое окно **New standard material**, вид которого зависит от типа материала, выбранного в раскрывающемся списке под этой кнопкой. В общем случае такое диалоговое окно содержит компоненты:

- ∅ область **Material name** предназначена для ввода уникального имени материала
  - ∅ область **Attributes** предназначена для задания всех характеристик материала:
    - § **Color/Pattern** – основной цвет поверхности
    - § **Ambient** – цвет рассеянного освещения
    - § **Reflection** – отраженный цвет бликов
    - § **Roughness** – шероховатость поверхности
    - § **Transparency** – прозрачность материала
    - § **Refraction** – преломление прозрачного материала
    - § **Bump map** – текстура выдавливания
  - ∅ список **STANDARD MATERIALS** содержит четыре predetermined типа материалов:
    - § **Standard** – соответствует стандартному материалу
    - § **Marble** - соответствует материалу, имитирующему мрамор. При использовании этого материала в диалоговом окне задается турбулентность и резкость прожилок, а также масштаб прожилок для всего объекта из мрамора
    - § **Granite** - соответствует материалу, имитирующему гранит. При использовании этого материала в диалоговом окне задается один из четырех цветов и их резкость, масштаб текстуры относительно всего объекта из гранита
    - § **Wood** - соответствует материалу, имитирующему мрамор. При использовании этого материала в диалоговом окне задается соотношение светлых и темных волокон, плотность и ширина годовых колец древесины, а также масштаб колец относительно всего объекта из дерева
  - ∅ область **Value** предназначена для изменения значения составляющих любой характеристики
  - ∅ область **Color** предназначена для цветового определения характеристик, с флажками-выключателями
    - § **By ACI** – применение цвета имеющегося объекта AutoCAD
    - § **Lock** – применение основного цвета материала
    - § **Mirror** – применение цвета, зеркального по отношению к основному
  - ∅ область **Bitmap blend** предназначена для определения пропорции присутствия текстуры в характеристике. Это позволяет задать степень влияния на основной материал в процессе тонирования. При значении доли меньше 1 сквозь наложенную текстуру в определенной мере будет проглядывать основной материал
  - ∅ область **File name** предназначена для задания имени текстуры
  - ∅ кнопка **Adjust bitmap Placement** предназначена для вызова диалогового окна **Adjust Material Bitmap Placement** позволяющего производить редактирование текстуры с помощью следующих элементов окна:
    - § область **Offset** с соответствующими полями позволяет задать местоположение текстуры
    - § область **Scale** с соответствующими полями позволяет задать масштаб текстуры
    - § область **Tiling** позволяет задать способ наложения текстуры:
      - **Tile** – для наложения текстуры своеобразными плитками
      - **Crop** – для применения способа одиночного наложения
    - § флажок **Maintain aspect ratio** – включение флажка позволяет обеспечить пропорциональность накладываемой текстуры
  - ∅ кнопка **Find file** предназначена для поиска файлов текстур
- ✓ кнопка **ATTACH** – позволяет присвоить материал всему объекту
- ✓ кнопка **DETACH** – позволяет снять присвоенный материал объекту
- ✓ кнопка **BY ACI** – позволяет присвоить материал всему объекту с заданным цветом AutoCAD
- ✓ кнопка **BY LAYER** – позволяет присвоить материал всему объекту с заданным слоем

Обычно в своей работе конструктор или дизайнер при выборе материала его модифицировании и добавлении в библиотеку вновь созданного использует имеющуюся библиотеку материалов, работа с которой осуществляется с помощью диалогового окна **Materials Library**, открываемого по команде в командной строке **MATLIB** или по команде **VIEW/RENDER/ MATERIALS LIBRARY**. Основные компоненты диалогового окна:

- ✓ поле **MATERIAL LIST** представляет перечень материалов, используемых из открытой библиотеки в данном чертеже
- ✓ кнопка **PURGE** позволяет удалить из чертежа неиспользуемые материалы



- ✓ кнопка **SAVE** позволяет сохранять все материалы использованные в чертеже в виде отдельной библиотеки
- ✓ кнопка **PREVIEW** позволяет просмотреть как будет выглядеть выбранный материал на сферической (криволинейной) или кубической (прямолинейной) поверхности. Вид поверхности выбирается из ниже расположенного списка
- ✓ кнопка **IMPORT** позволяет добавить выбранный из библиотеки материал в чертеж
- ✓ кнопка **EXPORT** позволяет добавить материал в библиотеку
- ✓ кнопка **DELETE** позволяет удалить из чертежа и из библиотеки любые материалы
- ✓ поле **LIBRARY LIST** позволяет выбрать подходящий материал из имеющихся в библиотеке
- ✓ кнопка **Open** позволяет открыть новую библиотеку
- ✓ кнопка **Save** позволяет сохранить все изменения сделанные в открытой библиотеке

Для добавления нового материала к чертежу модели необходимо выполнить действия по алгоритму:

1. Выбрать материал из списка библиотеки в правой части диалогового окна
2. щелкнуть по кнопке **IMPORT**
3. Из списка **MATERIALS LIST** выбрать исходный материал
4. В раскрывающемся списке **PREVIEW** в зависимости от типа поверхности объекта для которого будет использоваться материал выбрать тип предварительного просмотра
5. Щелкнуть по кнопке **PREVIEW** для просмотра фрагмента выбранного материала
6. После выбора всех нужных материалов щелкнуть по кнопке **OK**

В AutoCAD можно использовать три способа привязки материала к модели:

- привязка материала к конкретному объекту (тело, поверхность, блок)
- привязка материала к цвету. Все объекты, которым будет назначен данный цвет, будут обладать одинаковыми оптическими свойствами
- привязка материала к слою. Все объекты, которые будут принадлежать данному слою будут обладать одинаковыми оптическими свойствами. Привязка такого типа является эффективной в том случае, если она планируется заранее

Для проецирования плоских изображений на поверхность трехмерных объектов применяется наложение деколей на криволинейную поверхность. При наложении указывается место размещения и размер налагаемой текстуры. Процесс наложения производится с помощью диалогового окна **MAPPING**, открываемого после щелчка по одноименной кнопке на панели инструментов **Render**.

Диалоговое окно имеет следующие основные компоненты:

- ✓ область **PROJECTION** позволяет выбрать один из четырех режимов наложения, соответственно типу поверхности, на которую накладывается текстура:
  - Ø **Planar** - проекция на плоскую поверхность или поверхность малой кривизны
  - Ø **Cylindrical** – проекция на цилиндрическую поверхность
  - Ø **Spherical** – проекция на сферическую поверхность
  - Ø **Solid** – проекция на объект с несколькими плоскими гранями
- ✓ кнопка **ADJUST COORDINATES** открывает диалоговое окно, в котором для каждого из четырех вариантов проектирования текстуры определяются опции размещения текстуры

Совокупность настроек, выполненных в процессе тонирования представляет собой сцену, сохранение которой избавляет конструктора или дизайнера от необходимости повторного выполнения настроек.

Для создания сцены необходимо выполнить действия по следующему алгоритму:

1. Щелкнуть по кнопке **SCENES** на панели инструментов **RENDER**. В открывшемся одноименном диалоговом окне можно выбрать любую из ранее созданных сцен, или создать новую сцену
2. Для создания новой сцены необходимо щелкнуть по кнопке **NEW** в этом диалоговом окне
3. Задать оригинальное и информативное имя для новой сцены в текстовом поле **SCENE NAME**
4. Выбрать нужный вид модели
5. Выбрать необходимые источники света. Выбор более чем одного источника осуществляется при нажатой клавише **CTRL**
6. Щелкнуть по кнопке **OK**

## **КОМПОНОВКА ЧЕРТЕЖЕЙ ТРЕХМЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ**

Для компоновки в пространстве листа чертежей трехмерной модели реального объекта предназначены команды **SOLVIEW**, **SOLDRAW**, **SOLPROOF**, соответствующие пиктограммы которых представлены на панели инструментов **Solids**.



## **СОЗДАНИЯ ВИДОВЫХ ЭКРАНОВ И ОРТОГОНАЛЬНЫХ ПРОЕКЦИЙ (SOLVIEW)**

Команда автоматизирует процесс создания видовых экранов и ортогональных проекций (видов) и для ее запуска необходимо щелкнуть по кнопке **SETUP VIEW**. После выполнения команды в базе чертежа создается целый набор новых слоев, в т.ч. и специальные слои для нанесения размеров в пространстве листа – по одному для каждого вида

Команда имеет пять опций:

- Ø **UCS** - выбор текущей ПСК. Затем необходимо задать масштаб отображения модели, ввести точку определяющую центр вида. После нажатия клавиши ENTER необходимо указать углы рамки отсечения, определяющие размеры видового экрана и на запрос *View name* ввести оригинальное имя для данного видового экрана (имя не должно иметь пробелов и желательно должно нести определенную смысловую нагрузку).
- Ø **Ortho** – создание ортогональных проекций. На запрос *AutoCAD Pick side of viewport to project* необходимо указать первую сторону видового экрана для проекции, и затем последовательно выбрать центр и углы рамки вида для создания нового видового экрана. Присвоить имя новому виду. Для облегчения визуализации модели в выбранном направлении проецирования рекомендуется выбирать видовой экран в пространстве модели при отключенном индикаторе TILE (Неперекр) в строке состояния и задавать наиболее удобные размер и расположение окна
- Ø **Auxiliary** – создание наклонных видов. Подопции команды:
  - § **Inclined plane's 1st point** – выбор первой точки наклонного вида на видовом экране
  - § **Inclined plane's 2nd point** – выбор второй точки наклонного вида в том же видовом экране
  - § **Side to view from** – задание точки, определяющей с какой стороны расположен видПосле определения расположения наклонного вида следует задать центр, углы рамки и имя вида
- Ø **Section** – формирование поперечных сечений. Имеет подопции:
  - § **Cutting plane's 1st point** – задание первой точки секущей плоскости на видовом экране
  - § **Cutting plane's 2nd point** – задание второй точки секущей плоскости с другой стороны моделиЗатем указывается сторона с которой следует показать сечение, масштаб изображения, центр вида, углы рамки и имя вида
- Ø **Exit** – завершение выполнения команды **SOLVIEW**

## **НАНЕСЕНИЕ ШТРИХОВКИ И ФОРМИРОВАНИЯ СКРЫТЫХ ЛИНИЙ (SOLPROOF)**

Это команда нанесения штриховки и формирования скрытых линий. На основании полученных видов по этой команде можно создавать плоские сечения, в которых контуры вычерчиваются сплошными и пунктирными линиями, а в разрезе используется штриховка. Для запуска команды используется кнопка **SETUP DRAWING**. Затем после перехода в пространство листа следует запрос на выбор объектов – плавающих видовых экранов. После этого виды с разрезами создаются автоматически

После выполнения команды все исходные слои, созданные по команде **SOLVIEW** замораживаются, видимыми остаются только те, которые необходимы для отображения разреза в данном видовом экране в пространстве листа.

## **СОЗДАНИЕ СЕЧЕНИЙ (SOLPROOF)**

Это команда без предварительного выполнения команды **SOLVIEW**. Запуск команды осуществляется с помощью кнопки **SETUP PROFILE** после создания плавающего видового экрана при нахождении чертежа в пространстве листа. Имеет опции:

- ✓ **Display hidden profile lines on separate layer** – позволяет включать и отключать слой, содержащий скрытые элементы модели и трехмерные модели, которые находятся позади текущего объекта
- ✓ **Project profile lines onto a plane** – позволяет создавать двумерные объекты путем проецирования линий сечения на плоскость
- ✓ **Delete tangential edges** - позволяет удалять касательные грани, т.е. линии стыковки двух сливающихся поверхностей

## ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

### ЗАНЯТИЕ 1

**Цель занятия** - познакомиться с интерфейсом AutoCAD (диалоговое окно **OPTIONS**), опциями настройки и параметров чертежа **DRAFTING SETTINGS, SNAP, GRID, POINT STYLE** и панелями инструментов для создания трехмерных моделей, основными командами AutoCAD для:

- задания трехмерных координат и использования координатных фильтров
- выбора стандартной точки зрения с помощью панели инструментов **View**
- задание высоты с помощью диалогового окна **Properties**
- выдавливание по команде **ELEV**
- создания неперекрывающихся и плавающих ВЭ
- работы с видовыми экранами (ВЭ), задания точки зрения в плане, ортогональный и перспективной проекции

**Результат занятия:**

**Порядок проведения занятия:**

1. Открыть AutoCAD любым известным способом:
  - 1.1. с помощью кнопки **Start**. Выбрать **Programs/AutoCAD**
  - 1.2. с помощью ярлыка AutoCAD на Рабочем столе
  - 1.3. с помощью кнопки Start. Выбрать пункт Run..., щелкнуть по кнопке Browse..., на диске C найти папку Programs/AutoCAD
2. Создание нового файла производится с помощью диалогового окна **STURUP**
3. Для настройки вспомогательных графических средств выполнить команду **TOOLS/DRAFTING SETTINGS**. Аналогичный результат можно получить после введения команды **DSETTINGS** в командную строку. Для настройки системных переменных и графического интерфейса AutoCAD, открыть диалоговое окне **OPTIONS** по команде **TOOLS/OPTIONS**.
  - 3.1. Загрузить требуемые типы линий по команде **FORMAT/LINETYPE** согласно таблице

Описание	Тип линии
Линии невидимого контура	hidden
Осевые линии	center2
Линии вспомогательных построений	ACAD_ISO02W100

- 3.2. Создать требуемые слои по команде **FORMAT/LAYERS**. с цветом, типом линии и толщиной согласно таблице

Имя слоя	Цвет линии	Тип линии	Толщина линии
Оси	красный стандартный	Center 2	0,3
Вспомогательный	синий стандартный	ACAD_ISO 02W100	0,2
Невидимые	зеленый стандартный	hidden	0,5
Размерные	желтый стандартный	continuous	0,3
Рамка	черный стандартный	continuous	0,7
Основная_надпись	Фиолетовый 200	continuous	0,3
Штриховка	голубой стандартный	continuous	0,3
Текст	фиолетовый стандартный	continuous	0,3
Основные_тонкие	Черный 248	continuous	0,3
Эскиз	Зеленый 100	continuous	0,3
Допуски	Желтый 50	continuous	0,3
Блоки	Коричневый 245	continuous	0,5

- 3.3. В учебных целях рекомендуется в процессе освоения AutoCAD включить режим отображения точки на экране монитора по команде **FORMAT/POINT STYLE**. Если в процессе работы над

- созданием модели необходимо будет отключить вывод изображения точки на экран, то следует выбрать пиктограмму в виде точки или вообще без отображения.
4. Ввод координат в трехмерном пространстве желательно производить с выведенным на экран монитора знаком ПСК
    - 4.1.1. для вывода на экран монитора знака ПСК следует выполнить команду **VIEW/DISPLAY/UCS ICON/ON**
    - 4.1.2. для удобства работы с ПСК можно использовать опции команды **UCSICON**, которая вводится в командную строку
      - 4.1.2.1. для отключения вывода на экран монитора знака ПСК необходимо выбрать опцию **Off**
      - 4.1.2.2. опция **Noorigin** (Безначала) обеспечивает размещение знака ПСК в левом нижнем углу ВЭ независимо от положения начала ПСК
      - 4.1.2.3. опция **Origin** (Начало) обеспечивает размещение знака ПСК в начальной точке текущей ПСК
  5. Для изучения правил работы с трехмерными координатами, координатными фильтрами и опциями привязки будет выполнено создание трехмерной каркасной модели кронштейна (рисунок 1). Алгоритм построения:
    - 5.1. создать слой с именем «Корпус\_кронштейна» со всеми необходимыми настройками, и сделать его текущим
    - 5.2. перенести ПСК в точку с координатами **70,90,0**
    - 5.3. щелкнуть по пиктограмме **Rectangle** панели инструментов **Draw** и ввести координаты левого нижнего угла основания кронштейна **0,0,20**. Для правого верхнего угла задать координаты **200,110**.
    - 5.4. для задания толщины основания кронштейна 5 мм следует создать копию первоначального прямоугольника, расположенного на 5 мм выше исходного. Для этого:
      - 5.4.1. выполнить команду **COPY**
      - 5.4.2. на запрос AutoCAD о выборе объекта, указать исходный прямоугольник
      - 5.4.3. на запрос AutoCAD о базовой точке ввести координаты **0,0,5**
      - 5.4.4. на запрос AutoCAD о второй точке щелкнуть по клавише **ENTER**
      - 5.4.5. теперь имеется два прямоугольника, но виден только один, т.к. на экране монитора представлен вид сверху. Для обеспечения видимости обоих прямоугольников следует включить один из изометрических видов. Для этого следует использовать одну из кнопок панели инструментов **View**, например **SE Isometric view**
      - 5.4.6. для создания каркаса основания кронштейна используется команда **LINE** и опция привязки **Intersection**. Соединяем линией левые нижние углы двух прямоугольников
      - 5.4.7. с помощью команды **COPY** построить копии только что созданного отрезка. После выбора отрезка для копирования на запрос AutoCAD о базовой точке ввести координаты для смещения (длину основания 200 мм) по оси X **200,0,0**. На запрос о второй точке щелкнуть по клавише **ENTER**
      - 5.4.8. с помощью команды **COPY** построить копии только что двух созданных отрезков. После выбора для копирования этих отрезков на запрос AutoCAD о базовой точке ввести координаты для смещения по оси Y (ширина основания 110 мм) **0,110,0**. На запрос о второй точке щелкнуть по клавише **ENTER**
    - 5.5. построение вертикальной стойки кронштейна производится в новом слое «Стойка» с использованием координатных фильтров
      - 5.5.1. ввести команду **LINE**, последовательно отвечая на запросы AutoCAD
      - 5.5.2. о первой точке - указать левый нижний угол верхнего прямоугольника
      - 5.5.3. следующей точки – ввести **.yz** (указывается смещение по оси X, при сохранении координат по осям Y и Z)
      - 5.5.4. на запрос **of** опять указать левый нижний угол верхнего прямоугольника
      - 5.5.5. на запрос (need X) ввести величину смещения по оси X **95**
      - 5.5.6. ввести **.xz**
      - 5.5.7. указать любую точку на нижней линии прямоугольника
      - 5.5.8. с помощью привязки **Normal** указать точку на верхней линии прямоугольника



Рисунок 1. Кронштейн

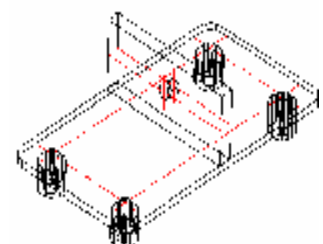


Рисунок 2. Кронштейн

- 5.5.9. ввести **.xu**
- 5.5.10. указать точку на верхней линии прямоугольника
- 5.5.11. на запрос (need Z) ввести величину смещения по оси Z **50**
- 5.5.12. окончить построение можно путем введения в командную строку символа **C** (замкнуть многоугольник)
- 5.6. Правый контур стойки построить путем копирования примитивов левой стойки и их смещения по оси X на 10 мм
- 5.7. Закончить построение следует построением отрезка соединяющего вершины левого и правого контура стойки
- 5.8. Сохранить чертеж под именем «Кронштейн каркасный»
- 6. С помощью пиктограмм, расположенных на панели инструментов **View** просмотреть каркасную модель кронштейна как вид сверху, снизу, слева, справа, спереди и сзади. Создать предлагаемые AutoCAD изометрические виды
- 7. Построение кронштейна путем выдавливания - придания высоты двумерному объекту (рисунок 2). Алгоритм построения:
  - 7.1. создать слой с именем «Корпус\_кронштейна» со всеми необходимыми настройками, и сделать его текущим
  - 7.2. перенести ПСК в точку с координатами **70,90,0**
  - 7.3. щелкнуть по пиктограмме **Rectangle** панели инструментов **Draw** и ввести координаты левого нижнего угла основания кронштейна **0,0,20**. Для правого верхнего угла задать координаты **200,110**
  - 7.4. открыть диалоговое окно **Properties** в строке свойства **Thickness** задать высоту основания кронштейна 5 мм
  - 7.5. щелкнуть по пиктограмме **Rectangular** и на верхней плоскости основания кронштейна нарисовать прямоугольник, являющийся проекцией стойки на основание, толщиной 10 мм и расположенный по середине основания.
  - 7.6. выбрать созданный прямоугольник, открыть диалоговое окно **Properties** в строке свойства **Thickness** задать высоту стойки кронштейна 50 мм
  - 7.7. с помощью пиктограмм, расположенных на панели инструментов **View** просмотреть модель кронштейна как вид сверху, снизу, слева, справа, спереди и сзади. Оставить для дальнейшей работы вид **SE Isometric view**, обеспечить удобное положение кронштейна для просмотра с помощью пиктограммы **3D Orbit**, расположенной на панели инструментов **Standard Toolbar**
  - 7.8. для создания бобышек под крепежные винты:
    - 7.8.1. в слое "Оси" по команде **LINE** провести осевые линии на расстоянии 10 мм от краев основания кронштейна
    - 7.8.2. ввести команду **ELEV** и на запрос AutoCAD о новом текущем уровне ответить **0**, а на запрос о новой текущей высоте ответить **20**
    - 7.8.3. по команде **CIRCLE** вычертить отверстие в центре пересечения осевых линий и диаметром 20 мм
  - 7.9. для создания отверстий под крепежные винты следует:
    - 7.9.1. ввести в командную строку команду **ELEV** и задать текущую высоту **0** и уровень **-25** (20 мм высота бобышки и 5 мм толщина основания)
    - 7.9.2. по команде **CIRCLE** вычертить отверстие в центре пересечения осевых линий и диаметром 10 мм
  - 7.10. скопировать бобышки с отверстиями и поместить копии в центрах пересечения осевых линий
  - 7.11. с помощью пиктограммы **FILLET** выполнить сопряжения прямоугольных участков основания кронштейна радиусом 10 мм
- 8. Для создания отверстия в стойке кронштейна необходимо выполнить построения модели объекта не параллельного оси XY. Для выполнения такого построения необходимо, чтобы плоскость XY была параллельна плоскости порождающего круга. Изменение положения плоскости XY обеспечивается при изменении ориентации и положения ПСК
  - 8.1. в слое «Оси» задать центр отверстия, расположенный на левой грани стойки, по ее центру и на 20 мм ниже верхней плоскости
  - 8.2. с помощью кнопки **Locate Point** панели инструментов **Inquiry** определить координаты центра отверстия
  - 8.3. перенести ПСК в плоскость, параллельную текущей и которой ,будет принадлежать горизонтальная осевая линия:

## Практические занятия

- 8.3.1. выполнить команду **TOOLS/NEW UCS/OBJECT**
- 8.3.2. в ответ на запрос AutoCAD о выборе объекта указать на левую часть горизонтальной осевой линии
- 8.3.3. по команде **TOOLS/NEW UCS/X** ввести угол поворота ПСК  $90^{\circ}$
- 8.3.4. плоскость XY стала совпадать с левой гранью стойки кронштейна, а направление оси Z можно определить самостоятельно по правилу правой руки
- 8.3.5. с помощью пиктограммы **New** на панели инструментов **UCS** перенести ПСК в точку пересечения осевых линий на левой плоскости стойки кронштейна
- 8.4. в слое «Корпус\_кронштейна» вычертить отверстие с центром в точке пересечения осевых линий и  $\varnothing 10$  мм
- 8.5. с помощью диалогового окна **Properties** задать текущую толщину –10 (по оси Z)
9. Произвести раскрашивание модели кронштейна
  - 9.1. для раскрашивания без тени необходимо выполнить команду **VIEW/SHADE/FLAT SHADED**
  - 9.2. для раскрашивания по Гуро необходимо выполнить команду **VIEW/SHADE/GOURAUD SHADED**
  - 9.3. для раскрашивания по Гуро с кромками необходимо выполнить команду **VIEW/SHADE/GOURAUD SHADED EDGES ON**
10. Сохранить чертеж

### ЗАНЯТИЕ 2

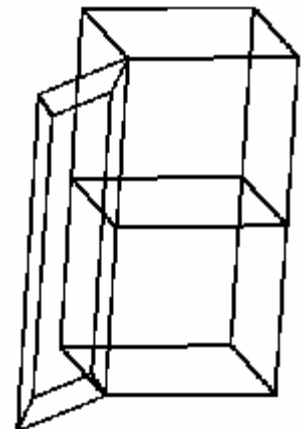
**Цель занятия** познакомится с:

- ✓ командами AutoCAD:
  - ∅ создания поверхностей путем придания толщины по команде **SOLID**
  - ∅ создания областей путем преобразования в поверхность по команде **REGION**
  - ∅ задания режима невидимости ребрам соседних граней **INVISIBLE**
- ✓ панелью инструментов **Surfaces**:
  - ∅ создания поверхностей из плоских граней по команде **3DFACE**
  - ∅ управления видимостью ребер **EDGE**
- ✓ диалоговым окном **MODIFY 3D FACE**
- ✓ системной переменной **CPLFRAME**

**Результат занятия:** создание трехмерной поверхностной модели инструментального шкафчика (рисунок 3)

**Порядок проведения занятия:**

1. Открыть новый чертеж на базе шаблона формата A4 со всеми настройками для двух- и трехмерного проектирования:
  - 1.1. установить ПСК в левом нижнем углу внутренней рамки
  - 1.2. поместить на экране монитора панель инструментов **Surfaces**
  - 1.3. дать чертежу название «Поверхностная модель инструментального шкафа»
  - 1.4. сохранить файл под именем «Инструментальный шкаф»
2. Для создания многогранной трехмерной поверхности (рисунок 3) необходимо в новом слое с именем «Шкаф»:
  - 2.1. для построения нижней полки шкафа щелкнуть по пиктограмме **3DFACE** панели инструментов **Surfaces**
    - 2.1.1. на запрос о вводе первой точки указать координаты 20,110
    - 2.1.2. на запрос **Specify second point or [Invisible]**: ввести ширину шкафа @60,0
    - 2.1.3. на запрос **Specify third point or [Invisible] <exit>**: ввести длину шкафа @0,60
    - 2.1.4. на запрос **Specify fourth point or [Invisible] <create three-sided face>**: ввести ширину шкафа @-60,0
    - 2.1.5. на запрос **Specify third point or [Invisible] <exit>**: для получения замкнутого контура ввести символ **c** в командную строку
    - 2.1.6. закончить построение нажатием клавиши **ENTER**
  - 2.2. для построения средней и верхней полки шкафа применяется команда **COPY**. В ответ на приглашения:
    - 2.2.1. **Select objects**: указать созданный квадрат
    - 2.2.2. **Select objects**: закончить выбор объектов
    - 2.2.3. **Specify base point or displacement, or [Multiple]**: ввести символ многократного копирования **m**



**Рисунок 3**  
Поверхностная модель инструментального шкафчика



- 2.2.4. Specify base point: указать любую точку на контуре
- 2.2.5. Specify second point of displacement or <use first point as displacement>: указать высоту расположения средней полки @0,0,60
- 2.2.6. Specify second point of displacement or <use first point as displacement>: указать высоту расположения верхней полки @0,0,120
- 2.2.7. Specify second point of displacement or <use first point as displacement>: закончить копирование
- 2.3. для удобства дальнейшей работы необходимо создать один из изометрических видов, например **SE Isometric view**
- 2.4. выполнить команду **3DFACE**. Далее в соответствии с запросами с помощью привязок последовательно указать левую заднюю точку нижней полки, левую заднюю точку верхней полки, правую заднюю точку верхней полки, правую заднюю точку нижней полки, правую переднюю точку нижней полки, правую переднюю точку верхней полки, левую переднюю точку верхней полки и левую переднюю точку нижней полки
- 2.5. для построения дверцы шкафа необходимо перейти в слой «вспомогательный» построить отрезки длиной 60 мм под углом  $225^{\circ}$  от левой задней точки нижней и верхней полок
- 2.6. дальнейшие построения удобнее производить в новой ПСК, в которой плоскость XY совпадает с плоскостью дверцы, а начало координат совпадает с левым концом нижней вспомогательной линии
  - 2.6.1. выполнить команду **TOOLS/NEW UCS/ 3 POINT**
  - 2.6.2. на запрос *Specify new origin point <0,0,0>*: указать точку начала новой ПСК
  - 2.6.3. *Specify point on positive portion of X-axis <-21,68,0>*: для задания положительного направления оси X указать любую точку на нижней вспомогательной линии
  - 2.6.4. *Specify point on positive-Y portion of the UCS XY plane <-23,68,0>*: для задания положительного направления оси Y указать левую конечную точку на верхней вспомогательной линии
- 2.7. в вспомогательном слое произвести построение внутреннего контура дверцы (проем под стекло). Включить режим **ORTO** и выполнить команду **LINE**. На запросы отвечать:
  - 2.7.1. *Specify first point*: с помощью объектной привязки **FROM** от левой конечной точки верхней вспомогательной линии
  - 2.7.2. *Base point: <Offset>*: ввести относительные координаты левой верхней точки рамки окна @10,-10
  - 2.7.3. *Specify next point or [Undo]*: переместить курсор вправо и ввести **40**
  - 2.7.4. *Specify next point or [Undo]*: переместить курсор вниз и ввести **100**
  - 2.7.5. *Specify next point or [Close/Undo]*: переместить курсор влево и ввести **40**
  - 2.7.6. *Specify next point or [Close/Undo]*: закончить построения контура рамки окна введением символа **c** в командную строку
- 2.8. сделать слой «Шкаф» текущим. Построение внешней рамки дверцы производится по команде **3DFACE**. На запросы о вводе точек для построения многогранной поверхности последовательно указать:
  - 2.8.1. левую нижнюю заднюю точку нижней полки
  - 2.8.2. правую нижнюю точку рамки окна
  - 2.8.3. левую нижнюю точку рамки окна
  - 2.8.4. левую точку нижней вспомогательной линии
  - 2.8.5. из контекстного меню выбрать команду **INVISIBLE** и указать на левую точку верхней вспомогательной линии
  - 2.8.6. левую верхнюю точку рамки окна
  - 2.8.7. из контекстного меню выбрать команду **INVISIBLE** и указать на правую верхнюю точку рамки окна
  - 2.8.8. правую точку верхней полки шкафа
  - 2.8.9. левую нижнюю заднюю точку нижней полки
  - 2.8.10. правую нижнюю точку рамки окна
- 2.9. с помощью команды **EDGE** (пиктограмма на панели инструментов Surface) сделать невидимыми два ребра между рамкой окна и вспомогательными линиями
- 3. для дальнейшей работы с пространственной моделью желательно перейти в мировую систему координат по команде **TOOLS/NEW UCS/WORLD**
  - 3.1. для изменения точки зрения на инструментальный шкаф выполнить команду **VIEW/3D VIEWS/VIEWPOINT PRESETS**

- 3.2. в открывшемся диалоговом окне **VIEWPOINT PRESETS** в поле **From** указать угол от оси X равным , а угол с плоскостью XY задать  $30^{\circ}$ . Щелкнуть по кнопке ОК
- 3.3. для просмотра пространственной модели можно скрыть невидимые линии по команде **VIEW/HIDE**
4. Для того, что бы сделать все ребра трехмерной поверхности стали видимыми необходимо системной переменной **SPLFRAME** задать значение 1, а затем выполнить регенерацию чертежа по команде **VIEW/REGEN**. Если этой системной переменной задать значение 0, то ребра приобретут состояние невидимости

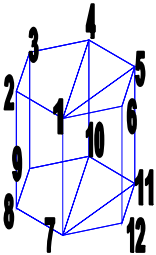
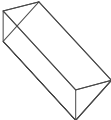
### ЗАНЯТИЕ 3

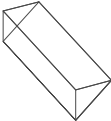
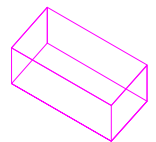
**Цель занятия** - познакомиться с командами AutoCAD для построения трехмерных поверхностей в виде сети:

- с произвольной топологией **PFACE**
- с регулярной топологией **3DMESH**

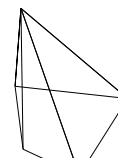
**Результат занятия:** построение трехмерных поверхностей в виде сети

**Порядок проведения занятия:**

1. Построение шестигранной призмы как многоугольной сети производится по алгоритму:
  - 1.1. построить два шестиугольника расположенных друг над другом по оси Z на 100 мм
  - 1.2. ввести в командную строку команду **PFACE**
  - 1.3. в ответ на приглашения AutoCAD в командной строке последовательно (по часовой стрелке) указать все вершины верхнего шестиугольника, а затем не прекращая действие команды, все вершины нижнего шестиугольника.
  - 1.4. после определения всех вершин на запрос AutoCAD *specify location for vertex 13 or <define faces>* нажать клавишу ENTER
  - 1.5. в ответ на приглашение *Face 1, vertex 1: Enter a vertex number or [Color/Layer]:* ввести номер вершины, которая является первой в сети, т.е. **1**
  - 1.6. в ответ на последующие приглашения последовательно ввести номера вершин, образующих первую грань (верхний шестиугольник), т.е. **2...6**
  - 1.7. на запрос *Face 1, vertex 7: Enter a vertex number or [Color/Layer] <next face>*: закончить определение первой грани нажатием клавиши ENTER
  - 1.8. далее определяется следующая грань. На запрос AutoCAD *Face 2, vertex 1: Enter a vertex number or [Color/Layer]:* можно последовательно ввести номера вершин 12, 6, 5, 11
  - 1.9. аналогично определяются все остальные боковые грани шестигранной призмы и нижний шестиугольник
  - 1.10. Построения заканчиваются двойным нажатием клавиши ENTER
  - 1.11. по команде **VIEW/HIDE** можно удалить линии невидимого контура. Т.к. на грань 1-6-12-7 при построении не была сформирована, то она воспринимается как отсутствующая стенка
2. Для построения типовых трехмерных фигур на основе команды **3DMESH** можно использовать пиктограммы на панели инструментов **Surface**
  - 2.1. для построения параллелепипеда необходимо щелкнуть по соответствующей кнопке
    - 2.1.1. в ответ на три приглашения последовательно задать координаты левого нижнего угла основания параллелепипеда; задать его длину (размер по оси X), ширину (размер по оси Y) и высоту (размер по оси Z)
    - 2.1.2. в ответ на приглашение *Specify rotation angle of box about the Z axis or [Reference]:* требуется задать любое значение угла поворота вокруг оси Z (в т.ч. 0)
  - 2.2. для построения поверхности в виде клина необходимо щелкнуть по соответствующей кнопке на панели инструментов **Surface**
    - 2.2.1. в ответ на три приглашения AutoCAD последовательно задать координаты левого нижнего угла основания клина; задать его длину (размер по оси X), ширину (размер по оси Y) и высоту (размер по оси Z)
    - 2.2.2. в ответ на приглашение *Specify rotation angle of box about the Z axis or [Reference]:* требуется задать любое значение угла поворота клина в плоскости XY вокруг оси Z (разрешается ввести значение равное 0)



2.3. для построения поверхности в виде пирамиды можно использовать треугольное или четырехугольное основание, и завершаться пирамида может точкой или быть усеченной. Построение проводится по алгоритму:



2.3.1. щелкнуть по соответствующей кнопке на панели инструментов **Surface**

2.3.2. в ответ на три приглашения AutoCAD последовательно задать координаты первой, второй и третьей точек основания

2.3.3. в ответ на приглашение *Specify fourth corner point for base of pyramid or [Tetrahedron]:*

2.3.3.1. для пирамиды с четырехугольным основанием ввести четвертую точку основания пирамиды

2.3.3.2. для построения пирамиды с треугольным основанием выбрать опцию **Tetrahedron** (тетраэдр)

2.3.4. если создается тетраэдр, то на приглашение *Specify apex point of Tetrahedron or [Top]:*

2.3.4.1. для пирамиды завершаемой точкой необходимо указать вершину (точку схода боковых ребер)

2.3.4.2. для усеченной пирамиды необходимо указать выбрать опцию **Top** и ввести три точки верхней грани

2.3.5. если создается пирамида с четырехугольным основанием, то на приглашение *Specify apex point of pyramid or [Ridge/Top]:*

2.3.5.1. для пирамиды завершаемой точкой необходимо указать вершину (точку схода боковых ребер)

2.3.5.2. для усеченной пирамиды необходимо указать выбрать опцию **Top** и указать четыре точки верхней грани

2.3.5.3. выбор опции **Ridge** требует введения двух диагональных точек верхней грани

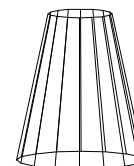
При построении пирамиды не разрешается изменять направление проецирования. Это означает, что если пользователю не известны абсолютные значения координат, то можно использовать различные способы построения, или задать их «на глаз», а потом отредактировать с помощью ручек.

2.4. для построения поверхности в виде полного или усеченного конуса

2.4.1. необходимо щелкнуть по соответствующей кнопке на панели инструментов **Surface**

2.4.2. в ответ на два приглашения AutoCAD последовательно задать координаты центра круга (основания конуса), задать радиус (диаметр) основания

2.4.3. в ответ на приглашение *Specify radius for top of cone or [Diameter] <0>:* задается радиус вершины усеченного конуса (при задании нулевого радиуса формируется полный конус)



2.4.4. в ответ на приглашение *Specify height of cone* задается высота конуса

2.4.5. в ответ на приглашение *Enter number of segments for surface of cone <16>:* вводится количество сегментов аппроксимирующей сети. Чем больше сегментов, тем более гладким выглядит конус

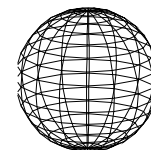
2.5. для построения поверхности в виде сферы

2.5.1. необходимо щелкнуть по соответствующей кнопке на панели инструментов **Surface**

2.5.2. в ответ на два приглашения AutoCAD последовательно задать координаты центра сферы и задать радиус (диаметр)

2.5.3. в ответ на приглашение *Enter number of longitudinal segments for surface of sphere <16>:* вводится количество линий север-юг (меридианов).

2.5.4. в ответ на приглашение: *Enter number of latitudinal segments for surface of sphere <16>:* вводится количество линий запад-восток (параллелей).



2.6. для построения поверхности в виде купола или чаши

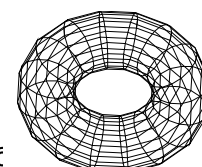
2.6.1. необходимо щелкнуть по соответствующей кнопке на панели инструментов **Surface**

2.6.2. в ответ на два приглашения AutoCAD последовательно задать координаты центра основания купола (верхнего среза чаши) и задать радиус (диаметр)

2.6.3. в ответ на приглашение *Enter number of longitudinal segments for surface of ... <16>:* вводится количество линий север-юг (меридианов).

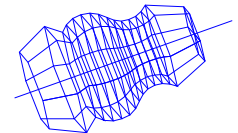
2.6.4. в ответ на приглашение: *Enter number of latitudinal segments for surface of ... <16>:* вводится количество линий запад-восток (параллелей).

2.7. для построения поверхности в виде тора



## Практические занятия

- 2.7.1. необходимо щелкнуть по соответствующей кнопке на панели инструментов **Surface**
  - 2.7.2. в ответ на приглашение *Specify center point of torus*: вводится точка, являющаяся центром тора
  - 2.7.3. в ответ на приглашение *Specify radius of torus or [Diameter]*: задается радиус (диаметр) тора
  - 2.7.4. в ответ на приглашение *Specify radius of tube or [Diameter]*: задается радиус (диаметр) трубки тора
  - 2.7.5. в ответ на последующие два приглашения задается количество сегментов по сечению трубки и количество сегментов по окружности тора
3. Построение поверхностей тел вращения проводится на основе созданного на основе полилинии контура путем вращения его вокруг оси. Образующая кривая должна представлять собой один объект. Алгоритм построения поверхности:
- 3.1. по команде **PLINE** построить ломаную линию из нескольких отрезков и дуг
  - 3.2. по команде **LINE** построить ось вращения
  - 3.3. с помощью системных переменных **SURFTAB1** и **SURFTAB2** задать плотность изолиний при формировании сети, аппроксимирующей поверхность, вдоль направляющей (дуги окружности) и вдоль образующей линии
  - 3.4. щелкнуть по кнопке **Revolved surface** на панели инструментов **SURFACE**
  - 3.5. в ответ на два приглашения AutoCAD последовательно указать образующую кривую и ось вращения
  - 3.6. в ответ на приглашение *Specify start angle <0>*: ввести значение начального угла
  - 3.7. в ответ на приглашение *Specify included angle (+=ccw, -=cw) <360>*: ввести значение угла вращения
  - 3.8. Для просмотра полученной поверхности можно использовать любые из стандартных видов, а также удалить невидимые линии
4. Построение выдавленной поверхности производится по алгоритму:
- 4.1. построить исходный контур для выдавливания
  - 4.2. построить вектор выдавливания
  - 4.3. задать требуемое значение для системной переменной **SURFTAB1**
  - 4.4. щелкнуть по кнопке **Tabulated surface** на панели инструментов **SURFACE**
  - 4.5. в ответ на два запроса AutoCAD последовательно указать образующую кривую и отрезок, который будет использоваться в качестве вектора



### ЗАНЯТИЕ 4

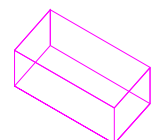
**Цель занятия** – познакомиться:

- ✓ с командами AutoCAD для создания твердотельных моделей
  - Ø параллелепипеда, куба, шара, цилиндра, конуса, клина, тора
  - Ø выдавленных тел
  - Ø тел вращения **REVOLVE**
  - Ø созданных объединением **UNION**
  - Ø полученных вычитанием **SUBTRACT**
  - Ø созданных пересечением двух тел **INTERSECT** и **INTERFERE**
- ✓ с пиктограммами панели инструментов:
  - Ø **Solids - BOX, SPHERE, CYLINDER, CONE, WEDGW, TORUS**
  - Ø **Solids Editing – UNION, SUBTRACT, INTERSECT, EXTRUDE FACES, MOVE FACES,**
- ✓ системными переменными
  - Ø определения количества выводимых линий криволинейных поверхностей **ISOLINES**
  - Ø определяющей отображение криволинейной поверхности после применения команд **HIDE, SHADE, RENDER**
  - Ø наличия контурного представления объемной модели **DISPSILH**
  - Ø сохранения (не сохранения) исходных объектов используемых при выдавливании тел **DELOBJ**

**Результат занятия:** построение твердотельных моделей

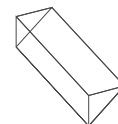
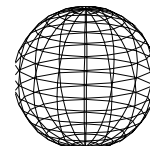
**Порядок проведения занятия:**

1. Для построения типовых трехмерных фигур можно использовать пиктограммы на панели инструментов **SOLIDS**
  - 1.1. задать наиболее предпочтительное значение системной переменной **ISOLINES**
  - 1.2. для построения параллелепипеда необходимо щелкнуть по соответствующей кнопке. В ответ на приглашения AutoCAD *Specify corner of box or [Center] <0,0,0>*: следует указать





- 1.2.1.при выборе опции по умолчанию
  - 1.2.1.1. одну из вершин параллелепипеда
  - 1.2.1.2. центр основания параллелепипеда
  - 1.2.1.3. в ответ на приглашения *Specify corner or [Cube/Length]*: следует указать
  - 1.2.1.4. противоположный угол на плоскости XY и задать высоту по оси Z
  - 1.2.1.5. при выборе опции **Length** - задать длину параллелепипеда (по оси X), ширину (по оси Y) и высоту (по оси Z)
  - 1.2.1.6. при выборе опции **Cube** - ввести длину ребра куба
- 1.2.2.при выборе опции **Center** :
  - 1.2.2.1. в ответ на приглашения AutoCAD *Specify corner or [Cube/Length]*: следует указать
    - 1.2.2.1.1. вершину параллелепипеда
    - 1.2.2.1.2. при выборе опции **Length** - задать ширину (по оси Y) и высоту (по оси Z)
  - 1.2.2.2. при выборе опции **Cube** - ввести длину ребра куба
- 1.3. для построения поверхности в виде шара
  - 1.3.1. щелкнуть по кнопке **SPHERE** на панели инструментов **Surface**
  - 1.3.2.в ответ на два приглашения AutoCAD последовательно задать координаты центра ШАРА и задать радиус (диаметр)
- 1.4. твердотельную модель цилиндра можно создать на основе круглого или эллиптического основания. Сместив центр верхнего основания цилиндра можно создать модель наклонного цилиндра:
  - 1.4.1.необходимо щелкнуть по кнопке **CYLINDER** на панели инструментов **Surface** и в ответ на запрос *Specify center point for base of cylinder or [Elliptical] <0,0,0>*:
  - 1.4.2.по умолчанию
    - 1.4.2.1. указать центр основания для кругового цилиндра
    - 1.4.2.2. в ответ на следующее приглашение задать радиус цилиндра или диаметр
  - 1.4.3.при задании опции **Elliptical** в качестве основания необходимо ответить на стандартные приглашения AutoCAD для построения эллипса
  - 1.4.4.в ответ на запрос *Specify height of cylinder or [Center of other end]*:
    - 1.4.4.1. по умолчанию задать высоту цилиндра
    - 1.4.4.2. при выборе опции **Center of other end** следует указать центр верхнего основания наклонного цилиндра
- 1.5. твердотельную модель конуса можно создать на основе круглого или эллиптического основания. При задании координат вершины можно создать модель наклонного конуса. При задании отрицательной величины высоты можно получить перевернутый цилиндр:
  - 1.5.1.щелкнуть по кнопке **CONE** на панели инструментов **Surface** и в ответ на запрос *Specify center point for base of cone or [Elliptical] <0,0,0>*:
  - 1.5.2.по умолчанию
    - 1.5.2.1. указать центр основания для кругового конуса
    - 1.5.2.2. в ответ на следующее приглашение задать радиус или диаметр основания конуса
  - 1.5.3.при задании опции **Elliptical** в качестве основания необходимо ответить на стандартные приглашения AutoCAD для построения эллипса
  - 1.5.4.в ответ на запрос *Specify height of cone or [Apex]*:
    - 1.5.4.1. по умолчанию задать высоту конуса
    - 1.5.4.2. при выборе опции **Apex** следует указать задать координаты вершины наклонного конуса
- 1.6. для построения поверхности в виде клина необходимо щелкнуть по соответствующей кнопке на панели инструментов **Solid**. В ответ на приглашение *Specify first corner of wedge or [Center] <0,0,0>*: необходимо указать:
  - 1.6.1.по умолчанию указать любую вершину клина и в ответ на приглашение *Specify corner or [Cube/Length]*:
    - 1.6.1.1. по умолчанию задать другой угол в плоскости XY и на следующий запрос следует ввести высоту клина по оси Z
    - 1.6.1.2. при выборе опции **Length** на три запроса AutoCAD необходимо последовательно задать длину клина, его ширину и высоту
    - 1.6.1.3. при выборе опции **Cube** следует ввести только длину
  - 1.6.2.после выбора опции **Center** в ответ на приглашение *Specify opposite corner or [Cube/Length]*:
    - 1.6.2.1. по умолчанию задать другой угол в плоскости XY





1.6.2.2. при выборе опции **Length** на два запроса AutoCAD необходимо последовательно задать ширину и высоту клина

1.6.2.3. при выборе опции **Cube** следует ввести только длину

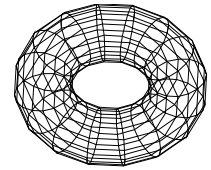
1.7. для построения поверхности в виде тора

1.7.1. необходимо щелкнуть по соответствующей кнопке на панели инструментов **Solid**

1.7.2. в ответ на приглашение *Specify center point of torus*: вводится точка, являющаяся центром тора

1.7.3. в ответ на приглашение *Specify radius of torus or [Diameter]*: задается радиус (диаметр) тора

1.7.4. в ответ на приглашение *Specify radius of tube or [Diameter]*: задается радиус (диаметр) трубки тора



2. Построение выдавленных тел проводится из созданных на основе полилиний замкнутых плоских объектов (профилей). Алгоритм построения выдавленного тела:

2.1. по команде **PLINE** построить ломаную линию из нескольких отрезков и дуг. Если профиль создается из отрезков и дуг, не составляющих контур, то для замены последовательности примитивов необходимо:

2.1.1. ввести в командную строку команду **PEDIT**

2.1.2. в ответ на приглашение *Select polyline or [Multiple]*: указать на любой из примитивов

2.1.3. в ответ на приглашение *Object selected is not a polyline. Do you want to turn it into one? <Y>* выбрать опцию по умолчанию

2.1.4. в ответ на приглашение *Enter an option [Close/ Join/ Width /Edit vertex/ Fit /Spline/ Decurve/ Ltype gen / Undo]*: выбрать опцию добавления примитивов в набор **J** и любым известным способом создать выбор примитивов

2.1.5. в ответ на приглашение *Enter an option [Open/Join/Width/Edit vertex/Fit/Spline/Decurve/Ltype gen/Undo]*: в контекстном меню выбрать опцию **Enter**

2.2. по команде **LINE** построить ось вращения

2.3. с помощью системных переменных **SURFTAB1** и **SURFTAB2** задать плотность изолиний при формировании сетки, аппроксимирующей поверхность, вдоль направляющей (дуги окружности) и вдоль образующей линии

2.4. щелкнуть по кнопке **Revolved surface** на панели инструментов **SURFACE**

2.5. в ответ на два приглашения AutoCAD последовательно указать образующую кривую и ось вращения

2.6. в ответ на приглашение *Specify start angle <0>*: ввести значение начального угла

2.7. в ответ на приглашение *Specify included angle (+=ccw, -=cw) <360>*: ввести значение угла вращения

2.8. Для просмотра полученной поверхности можно использовать любые из стандартных видов, а также удалить невидимые линии

3. Построение выдавленной поверхности производится по алгоритму:

3.1. на отдельном слое построить исходный контур для выдавливания

3.2. если выдавливание будет производиться вдоль направляющей (отрезок, окружность, дуга, эллипс, полилиния и пр.), то следует построить направляющую

3.3. задать значение для системной переменной **DELOBJ=0**, что позволяет сохранять исходные объекты

3.4. щелкнуть по кнопке **Extrude** на панели инструментов **SOLIDS**

3.5. указать объект для выдавливания

3.6. после окончания выбора объектов для выдавливания необходимо на приглашение *Specify height of extrusion or [Path]*: указать

3.6.1. по умолчанию высоту выдавливания и на запрос *Specify angle of taper for extrusion <0>*: ввести значение угла сужения профиля при выдавливании

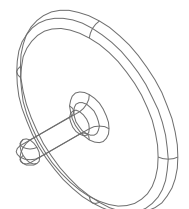
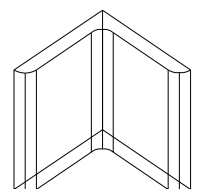
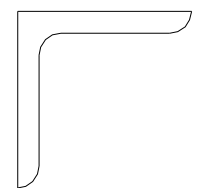
3.6.2. при выборе опции **Path** на запрос *Select extrusion path* следует указать объект, который задает направляющую

3.7. выбрать один из стандартных изометрических видов и удалить невидимые линии

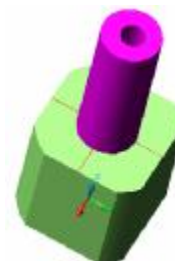
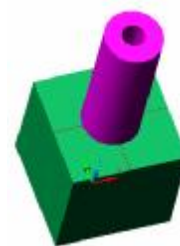
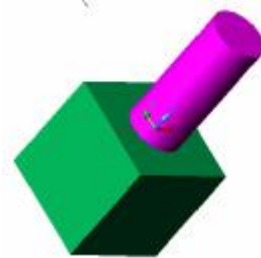
4. Построение тела вращения производится по алгоритму:

4.1. создать замкнутый контур из плоской полилинии, окружности, эллипса, замкнутого сплайна или области. Можно использовать контур, созданный по п. 3.1

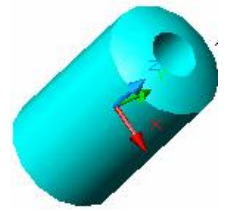
4.2. задать значение для системной переменной **DELOBJ=0**, что позволяет сохранять исходные объекты



- 4.3. щелкнуть по кнопке **Revolve** на панели инструментов **SOLID**
- 4.4. в ответ на приглашение *Select objects*: указать на замкнутый объект
- 4.5. в ответ на приглашение *Specify start point for axis of revolution or define axis by [Object/X (axis)/Y (axis)]*: можно:
  - 4.5.1. по умолчанию последовательно указать две точки, определяющие ось вращения
  - 4.5.2. при выборе опции **Object** в качестве оси вращения можно указать отрезок или один из сегментов полилинии
  - 4.5.3. при выборе опции **X (axis)** или **Y (axis)** вращения объекта производится вокруг оси X или оси Y соответственно
- 4.6. в ответ на приглашение *Specify angle of revolution <360>*: задается угол вращения (полный или неполный, положительный или отрицательный)
5. Создание сложного тела на основе объединения производится по алгоритму:
  - 5.1. построить две стандартные фигуры каждую в своем слое, например куб и цилиндр т.о., чтобы они как бы стояли друг на друге. Для удобства проведения такого построения после создания куба следует изменить ПСК (по команде **FACE** или **3D POINT**), выбрав за текущую плоскость одну из граней куба
  - 5.2. щелкнуть по кнопке **Union** на панели инструментов **Solid Editing** и в ответ на приглашение выбора объектов выбрать куб и цилиндр
  - 5.3. для увеличения длины цилиндра щелкнуть по кнопке **Extrude Faces** на панели инструментов **Solids Editing**
    - 5.3.1. в ответ на запрос AutoCAD *Select faces or [Undo/Remove]*: указать верхний торец цилиндра и нажать клавишу ENTER
    - 5.3.2. в ответ на запрос *Specify height of extrusion or [Path]*: ввести величину удлинения
    - 5.3.3. в ответ на запрос *Specify angle of taper for extrusion <0>*: при вводе 0 сформируется цилиндрическая поверхность, при вводе значения угла отличного от 0, будет сформирован конус
  - 5.4. удалить невидимые линии, с помощью инструмента **3D ORBIT** повернуть модель в наиболее удобное для просмотра положение, и нанести тонирование с помощью опции контекстного меню **Gouraud Shaded**
6. Для вычитания одного тела из другого необходимо выполнить действия по алгоритму:
  - 6.1. переместить ПСК в наиболее удобное для дальнейшей работы место, например в центр основания куба
  - 6.2. создать цилиндрическое тело с центром в начале ПСК и диаметром, меньшим чем диаметр цилиндра
  - 6.3. щелкнуть по кнопке **SUBTRACT** на панели инструментов **Solid Editing** и в ответ на приглашение
    - 6.3.1. *Select solids and regions to subtract from*: выбрать куб, т.е. тело, из которого будет вычитаться цилиндр
    - 6.3.2. *Select solids and regions to subtract*: выбрать цилиндр, т.е. тело, которое будет вычитаться
7. Создание сложного тела пересечением на основе создания твердотельного пространства, общего для двух тел (например, куба и цилиндра) **без сохранения исходных объектов**, производится по алгоритму:
  - 7.1. переместить ПСК в наиболее удобное для дальнейшей работы место, например в центр основания куба
  - 7.2. создать цилиндрическое тело с центром в начале ПСК и диаметром, немного меньшим, чем диаметр описанной окружности для основания куба и высотой, равной высоте куба
  - 7.3. щелкнуть по кнопке **INTERSECT** на панели инструментов **Solid Editing** и в ответ на приглашение
    - 7.3.1. *Select solids and regions to subtract from*: выбрать куб, т.е. тело, из которого будет вычитаться цилиндр
    - 7.3.2. на запрос AutoCAD указать два объекта (куб и цилиндр) в произвольном порядке
8. Создание сложного тела пересечением на основе создания твердотельного пространства, общего для двух тел (например, шара и цилиндра) **с сохранением исходных объектов**, применяется для анализа взаимодействия двух тел и производится по алгоритму:



- 8.1. переместить ПСК в наиболее удобное для дальнейшей работы место, например в середину (по высоте) верхнего цилиндра
- 8.2. в новом слое создать шар с центром в начале ПСК, диаметром, примерно равным 0,7 высоты цилиндра
- 8.3. щелкнуть по кнопке **INTERFERE** на панели инструментов **Solids** и в ответ на приглашение
  - 8.3.1. *Select first set of solids*: выделить два объекта - шар и цилиндр
  - 8.3.2. *Select second set of solids*: т.к. больше пар объектов рассматриваться закончить выбор
  - 8.3.3. *Create interference solids? [Yes/No] <N>*:
    - 8.3.3.1. если новое тело не будет создаваться, то следует нажать клавишу ENTER
    - 8.3.3.2. для создания нового тела ввести в командную строку символ **Y**
- 8.4. для просмотра результатов пересечения следует отключить все слои, не нужные для просмотра результатов



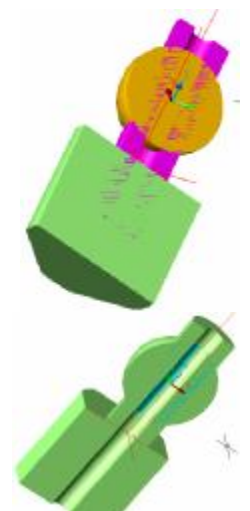
### ЗАНЯТИЕ 5

**Цель занятия** – познакомиться:

- ✓ с командами AutoCAD для создания
    - Ø создания плоских областей из сечений объемной модели по заданной плоскости **SECTION**
    - Ø разреза тела на две части заданной плоскостью **SLICE**
  - ✓ с командами AutoCAD для редактирования в трехмерном пространстве **MIRROR 3D, 3D ARRAY, MOVE, FILLET, CHAMPHER**
  - ✓ с пиктограммами панели инструментов: **Solids – Section, Slice; Solids Editing – Union**
- Результат занятия:** построение сечения и разреза, создание фасок и сопряжений

**Порядок проведения занятия:**

1. Для построения сечения твердотельной модели необходимо:
  - 1.1. создать новый слой с цветом, отличным от цвета модели
  - 1.2. щелкнуть по кнопке **SECTION** на панели инструментов **Solids**
  - 1.3. в ответ на приглашение о выборе тела выбрать всю модель
  - 1.4. в ответ на приглашение *Specify first point on Section plane by [Object/Zaxis/View/XY/YZ/ZX/3points] <3points>*: следует указать, согласно какой опции будет создаваться секущая плоскость:
    - 1.4.1. **3points** – задание секущей плоскости по 3 точкам ее определяющей
    - 1.4.2. **Object** – задание секущей плоскости каким-либо объектом (кругом, эллипсом, дугой, сплайном, плоской полилинией)
    - 1.4.3. **Zaxis** – задание плоскости параллельной плоскости XY. Для задания плоскости следует указать точку, лежащую на плоскости сечения, а затем указать точку, на оси Z
    - 1.4.4. **View** – задание плоскости сечения параллельную текущему виду и проходящую через определенную заданную точку
    - 1.4.5. **XY** – задание плоскости сечения параллельной плоскости XY и проходящая через заданную точку
    - 1.4.6. **YZ** – задание плоскости сечения параллельной плоскости YZ и проходящая через заданную точку
    - 1.4.7. **ZX** – задание плоскости сечения параллельной плоскости ZX и проходящая через заданную точку
  - 1.5. для просмотра сечения можно заморозить все не нужные слои и оставить только слой с сечением
2. Для построения разреза твердотельной модели необходимо:
  - 2.1. щелкнуть по кнопке **SLICE** на панели инструментов **Solids**
  - 2.2. в ответ на приглашение о выборе тела выбрать всю модель или какой-либо конкретный объект
  - 2.3. в ответ на запрос *Specify first point on slicing plane by [Object/Zaxis/View/XY/YZ/ZX 3points] <3points>*: выбрать опцию задания плоскости разреза
  - 2.4. в ответ на запрос *Specify a point on desired side of the plane or [keep Both sides]*: необходимо задать точку на нужной стороне плоскости (которую требуется оставить на чертеже).
3. С помощью команд трехмерного редактирования можно произвести доработку модели
  - 3.1. центральное отверстие сделать сквозным. Для этого:



- 3.1.1. по команде **CIRCLE** вычертить окружность диаметром равным диаметру отверстия и расположенную на верхнем торце цилиндра
- 3.1.2. выполнить команду **EXTRUDE**, выделить новый круг и задать высоту выдавливания равную высоте модели
- 3.1.3. щелкнуть по пиктограмме **Subtract** на панели инструментов **Solids Editing** и произвести вычитание только что созданного цилиндра из модели.
- 3.1.4. вытереть исходный круг и удалить невидимые линии
- 3.2. из разреза модели создать полную модель можно с помощью команды **MIRROR3D**
  - 3.2.1. выполнить команду **MODIFY/3D OPERATION/ MIRROR 3D**
  - 3.2.2. указать объекты для зеркального отображения – всю модель
  - 3.2.3. в ответ на приглашение *Specify first point of mirror plane (3 points) or [Object/Last/Zaxis/View/XY/YZ/ZX/3points]<3points>*: задать плоскость, относительно которой будет создаваться зеркальное отображение. Дальнейшие действия аналогичны при работе с данной командой при двумерных построениях
- 3.3. для того, чтобы из модели, состоящей из двух половин создать сплошную модель необходимо выполнить команду **UNION** и выбрать объекты для объединения
4. Построение оребрения на модели производится по алгоритму:
  - 4.1. любым известным способом перенести ПСК в центр нижнего основания куба
  - 4.2. построить прямоугольник с высотой 2 мм с центром основания в центре ПСК, длиной стороны, большей длины стороны куба на 15-20 мм
  - 4.3. по команде **MOVE** поднять созданный прямоугольник на 1 мм вверх по оси Z (относительные координаты @0,0,1)
  - 4.4. для создания массива из трех ребер оребрения используется команда **3D ARRAY**
    - 4.4.1. в ответ на запрос *Select objects*: указать созданное ребро
    - 4.4.2. в ответ на запрос *Enter the type of array [Rectangular/Polar] <R>*: указать, что создается прямоугольный массив, т.е. ввести символ **R**
    - 4.4.3. в ответ на запрос *Enter the number of rows (---) <I>*: указать, что количество строк (по оси X) равно **1**
    - 4.4.4. в ответ на запрос *Enter the number of columns (///) <I>*: указать, что количество колонок (по оси Y) равно **1**
    - 4.4.5. в ответ на запрос *Enter the number of levels (...) <I>*: указать количество уровней (по оси Z) **3**
    - 4.4.6. т.к. создается массив только по оси Z, то AutoCAD не создает запросы на ввод расстояния по оси X и по оси Y
    - 4.4.7. в ответ на запрос *Specify the distance between levels (...)*: ввести расстояние между ребрами по оси Z
5. Переместить твердотельную модель можно с помощью команды **MOVE** по действиям, аналогичным перемещению двумерного объекта
6. Для выполнения сопряжения следует выполнить действия по алгоритму:
  - 6.1. щелкнуть по пиктограмме **Fillet** на панели инструментов **Modify**
  - 6.2. в ответ на приглашение *Select first object or [Polyline/Radius/Trim]*: указать одно из ребер
  - 6.3. в ответ на приглашение *Enter fillet radius <0.50000>*: ввести значение радиуса сопряжения
  - 6.4. в ответ на приглашение *Select an edge or [Chain/Radius]*: если необходимо применить сопряжение к набору соприкасающихся граней, то необходимо ввести в командную строку символ **C**
  - 6.5. для окончания последовательного выбора ребер соприкасающихся граней необходимо нажать клавишу **ENTER**
7. Для выполнения фаски на трехмерной поверхности следует выполнить действия по алгоритму:
  - 7.1. щелкнуть по пиктограмме **CHAMFHER** на панели инструментов **Modify**
  - 7.2. в ответ на приглашение *Select first line or [Polyline/Distance/Angle/Trim/Method]*: указать именно то ребро, с которого следует снять фаску
  - 7.3. в ответ на приглашение *Base surface selection...Enter surface selection option [Next/OK (current)] <OK>*:





- 7.3.1.если в качестве базовой поверхности принимается поверхность, выделенная пунктирной линией, то следует нажать клавишу ENTER
- 7.3.2.если два катета фаски не равны, то необходимо определить базовую поверхность, для чего необходимо по команде контекстного меню **NEXT** указать следующую поверхность, касающуюся данного ребра
- 7.4. в ответ на приглашение *Specify base surface chamfer distance <2.0000>*: ввести длину фаски для первой поверхности
- 7.5. в ответ на приглашение *Specify other surface chamfer distance <2.0000>*: ввести длину фаски для другой поверхности
- 7.6. в ответ на приглашение *Select an edge or [Loop]*: указать ребро, с которого необходимо снять фаску. Если выбрать опцию **Loop**, то требуется выбирать ребра по периметру
8. для окончания последовательного выбора ребер соприкасающихся граней необходимо нажать клавишу ENTER

### ЗАНЯТИЕ 6

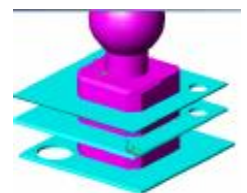
**Цель занятия** – познакомиться:

- ✓ с командами AutoCAD для работы с гранями, ребрами и телами **SOLIDEDIT**
- ✓ с пиктограммами панели инструментов **Solids Editing** – **Extrude Faces, Move Faces, Offset Faces, Delete Faces, Rotated Faces, Taper Faces, Copy Faces, Imprint, Clean, Separate, Shell, Check**

**Результат занятия:** доработка трехмерной твердотельной модели

**Порядок проведения занятия:**

1. с помощью опций команды **SOLIDEDIT** можно выполнить следующие модификации:
  - 1.1. выдавливание граней по команде **Extrude Faces**. Для удлинения цилиндра необходимо выполнить следующие действия:
    - 1.1.1. щелкнуть по одноименной кнопке на панели **Solids Editing**
    - 1.1.2. в ответ на приглашение *Select faces or [Undo/Remove/ALL]*: следует указать одну или несколько граней, т.е. верхний цилиндр
    - 1.1.3. в ответ на приглашение *Specify height of extrusion or [Path]*: ввести величину выдавливания или по опции **Path** для выдавливания вдоль направляющей
    - 1.1.4. в ответ на приглашение *Specify angle of taper for extrusion <0>* следует задать угол сужения
  - 1.2. перенос грани по команде **Move Faces**. Для переноса отверстия необходимо выполнить следующие действия:
    - 1.2.1. выполнить отверстие в ребрах охлаждения
    - 1.2.2. щелкнуть по одноименной кнопке на панели **Solids Editing**
    - 1.2.3. в ответ на приглашение *Select faces or [Undo/Remove]*: следует указать именно отверстие
    - 1.2.4. в ответ на приглашение *Specify a base point or displacement*: с помощью привязки *cen of* указать центр отверстия
    - 1.2.5. в ответ на приглашение *Specify a second point of displacement*: ввести координаты нового места расположения отверстия
  - 1.3. эквидистантное смещение граней позволяет уменьшать или увеличивать площадь грани (тела). Для изменения диаметра отверстия в нижнем ребре охлаждения:
    - 1.3.1. выполнить команду **OFFSET**
    - 1.3.2. в ответ на приглашение *Select faces or [Undo/Remove]*: указать отверстие
    - 1.3.3. в ответ на приглашение *Select faces or [Undo/Remove/ALL]*: закончить выбор граней
    - 1.3.4. в ответ на приглашение *Specify the offset distance*: ввести значение, на которое следует увеличить радиус. Т.к. увеличение радиуса приведет к уменьшению объема тела, то приращение радиуса должно быть отрицательным
    - 1.3.5. дважды нажать клавишу ENTER
  - 1.4. удалить грань (отверстие, прилив, окно) можно по команде **DELETE FACES**. Для этого необходимо указать удаляемую грань и нажать клавишу ENTER





1.5. большинство граней может быть повернуто вокруг заданной оси на определенный угол. Для того чтобы повернуть среднее ребро охлаждения следует:

1.5.1. щелкнуть по пиктограмме **Rotated Faces**

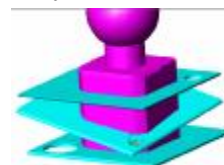
1.5.2. в ответ на приглашение *Select faces or [Undo/Remove/ALL]*: необходимо выбрать грань – среднее ребро

1.5.3. в ответ на приглашение *Specify an axis point or [Axis by object/View/Xaxis/Yaxis/Zaxis] <2points>*: следует задать точку на оси,

Вокруг которой будет производиться поворот, или выбрать другую опцию задания оси

1.5.4. в ответ на приглашение *Specify a rotation angle or [Reference]*: следует указать угол поворота грани или действовать по опции **Reference**

1.5.5. дважды нажать клавишу ENTER



1.6. для заострения граней используется команда **Taper Face**. Особенность выполнения данной команды заключается в том, что при ее выполнении происходит изменение угла наклона всей грани. Алгоритм выполнения:

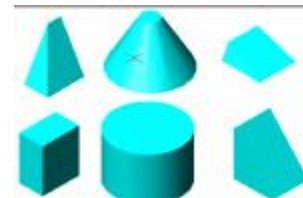
1.6.1. Щелкнуть по одноименной кнопке

1.6.2. в ответ на приглашение *Select faces or [Undo/Remove]*: указать одну или несколько граней, которые необходимо заострить. Закончить выбор нажатием клавиши ENTER.

1.6.3. в ответ на приглашение *Specify the base point*: указать базовую точку. При выборе базовой точки следует обратить внимание на то, что та сторона объекта, на которой находится базовая точка, не наклоняется.

1.6.4. в ответ на приглашение *Specify another point along the axis of tapering*: указать другую точку, которая задает наклон грани

1.6.5. в ответ на приглашение *Specify the taper angle*: задать угол заострения в диапазоне от  $-90^{\circ}$  до  $+90^{\circ}$



Для того, что бы легче было производить дальнейшие построения желательно отключить ненужные слои.

1.7. для дальнейшей доработки модели требуется произвести изменение цвета грани куба, расположенного в основании

1.7.1. щелкнуть по кнопке **Copy Faces**

1.7.2. выбрать грань, являющуюся основанием куба

1.7.3. после выбора требуемой грани и нажатия клавиши ENTER в открывшемся диалоговом окне **Select Color** выбрать желаемый цвет и щелкнуть по ОК

1.7.4. дважды нажать клавишу ENTER

1.7.5. с помощью инструмента **3D Continuous orbit** просмотреть правильность выполнения раскрашивания

1.8. для дальнейшей доработки модели требуется произвести копирование грани куба, расположенного в основании.

1.8.1. любым известным способом перенести ПСК в центр основания куба

1.8.2. создать новый слой для размещения на нем копии контура и сделать его текущим

1.8.3. щелкнуть по кнопке **Copy Faces**

1.8.4. выбрать грань, образующую основание куба

1.8.5. после выбора требуемой грани и нажатия клавиши ENTER в ответ на приглашение *Specify a base point or displacement*: ввести координаты центра основания куба

1.8.6. в ответ на приглашение *Specify a second point of displacement*: указать любую точку для перемещения копии граней куба

1.8.7. дважды нажать клавишу ENTER

2. Доработка модели будет заключаться в выполнении отверстия по контуру куба в ребрах охлаждения

2.1. заморозить все ненужные слои, кроме слоя на котором расположены ребра охлаждения, осевые линии и слой на котором расположена копия контура куба

2.2. по команде **OFFSET** необходимо уменьшить диаметр внутреннего отверстия до нуля

2.3. желательно в слое «Оси» провести осевые линии, определяющие центр основания копия контура куба

2.4. по команде **MOVE** перенести контур куба т.о., чтобы центр основания копии совпал с ПСК

2.5. по команде **EXTRUDE** произвести выдавливание контура на требуемую высоту

2.6. по команде **SUBTRACT** произвести вычитание созданного контура из ребер охлаждения

2.7. разморозить все замороженные слои

3. Ребро грани может быть скопировано и ему может быть присвоен другой цвет
  - 3.1. для присвоению ребру индивидуального цвета необходимо:
    - 3.1.1. отключить тонирование
    - 3.1.2. щелкнуть по кнопке **Color Edges** на панели инструментов **Solids Editing**
  - 3.2. выбрать ребро/ребра, которым необходимо изменить цвет
  - 3.3. в диалоговом окне **Select Color** выбрать желаемый цвет и щелкнуть по кнопке ОК
  - 3.4. дважды нажать клавишу ENTER
  - 3.5. для копирования ребра необходимо:
    - 3.5.1. отключить тонирование
    - 3.5.2. щелкнуть по кнопке **Copy Edges** на панели инструментов **Solids Editing**
    - 3.5.3. выбрать ребро/ребра, которые подлежат копированию
    - 3.5.4. в ответ на приглашение **Specify a base point or displacement:** с помощью объектной привязки указать базовую точку
    - 3.5.5. в ответ на приглашение **Specify a second point of displacement:** с помощью объектной привязки указать точку перемещения копий ребер
4. Для формирования на поверхности тела оттиска примитивов AutoCAD производится по алгоритму:
  - 4.1. создать новый слой, на котором будут размещаться штампы
  - 4.2. сформировать объект (дуга, окружность, полилиния, эллипс, область, тело), который будет использоваться в качестве штампа т.о., что бы он пересекал какую-либо грань тела
  - 4.3. указать тело, на котором будет сформирован оттиск
  - 4.4. указать штамп, оттиск которого требуется получить на грани
  - 4.5. указать следует ли удалять или не удалять штамп
  - 4.6. дважды нажать клавишу ENTER
  - 4.7. удалить оттиск можно после щелчка по кнопке **Clean**
5. Для получения тел в виде оболочек
  - 5.1. щелкнуть по кнопке **Shell**
  - 5.2. указать на тело из которого будет формироваться оболочка
  - 5.3. в ответ на приглашение **Remove faces or** указать те грани, которые не будут включены в оболочку
  - 5.4. в ответ на приглашение **Enter the shell offset distance:** в командную строку ввести значение толщины стенки оболочки. Если значение толщины вводится положительное, то оболочка создается вовнутрь тела, если вводится отрицательное значение толщины, то оболочка создается снаружи объекта
6. После завершения всех операций по модифицированию тела следует провести проверку корректности описания тела-объекта. Для этого необходимо щелкнуть по кнопке **Check** и указать тело, структура описания которого будет анализироваться. При нормальной структуре в командной строке появится сообщение **This object is a valid ACIS solid**



### ЗАНЯТИЕ 7

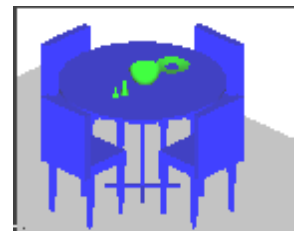
**Цель занятия** – познакомиться с процессом тонирования трехмерных объектов, создания теней, сцен, задания материалов, использования фона

- ✓ с командами AutoCAD для работы с тонированными изображениями
- ✓ с пиктограммами панели инструментов **RENDER: Hide, Render, Scenes, Lights, Materials, Materials Library, Background, Landscape, Fog, Render Preferences,**

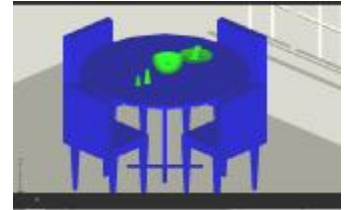
**Результат занятия:** создание тонированной трехмерной твердотельной модели с заданными материалами, тенями и фоном.

**Порядок проведения занятия:**

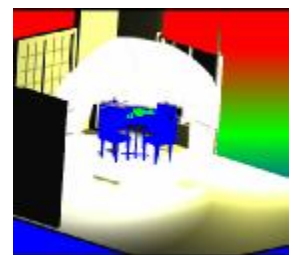
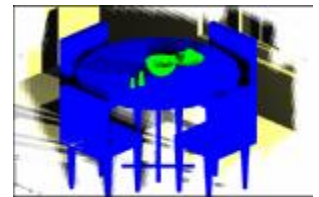
1. Проведение тонирования с опциями по умолчанию (один источник света позади точки наблюдения) производится по алгоритму:
  - 1.1. Щелкнуть по кнопке **Render** на панели инструментов **RENDER.**
  - 1.2. В открывшемся одноименном диалоговом окне установить флажки: **Query for selection, Crop window, Render cache** и щелкнуть по кнопке **Render**
  - 1.3. в ответ на приглашение **Pick crop window to render:** с помощью рамки выбрать фрагмент модели, который тонироваться
  - 1.4. в ответ на приглашение **Select objects:** выбрать объекты для тонирования
2. Для тонирования с одним из четырех типов источника света:



- 2.1. щелкнуть по пиктограмме **Lights** на панели инструментов **Render**
- 2.2. щелкнуть по кнопке **Select custom color** или по кнопке **Select from ACI**. Из цветовой палитры выбрать цвет для источника света. В большинстве случаев хорошо подходит белый цвет, но при использовании цветных источников цвета на цветных объектах можно получить хороший результат
- 2.3. если в дальнейшем для создания теней предполагается использовать средство **AutoCAD Sun Angle Calculator**, то следует уточнить ориентацию модели по сторонам света. Для этого необходимо щелкнуть по кнопке **North location** и изменить настройку с помощью шкалы, или задать новый угол в поле **Angle**
- 2.4. для настройки фонового освещения следует установить интенсивность источника света с помощью ползунка **Intensity**
3. Создание точечного источника света производится по алгоритму:
  - 3.1. в диалоговом окне **Lights** в раскрывающемся списке рядом с кнопкой **New** выбрать тип источника света **Point light**
  - 3.2. щелкнуть по кнопке **New**
  - 3.3. в диалоговом окне **New Point Light** в текстовом поле **Light name** ввести имя для нового источника света
  - 3.4. в зоне **Attention** задать закон изменения интенсивности светового потока от расстояния:
    - 3.4.1. **None** – не изменяется
    - 3.4.2. **Inverse linear** – по линейной зависимости
    - 3.4.3. **Inverse square** – по квадратичной зависимости
  - 3.5. интенсивность (яркость) света устанавливается либо в поле **Intensity**, либо при помощи шкалы. Интенсивность равная единице соответствует отключенному источнику света
  - 3.6. проверить координаты расположения источника света можно после щелчка по кнопке **Show**, а изменить его место расположения непосредственно на поле чертежа можно после щелчка по кнопке **Modify**
  - 3.7. если в дальнейшем предполагается наносить тени, то
    - 3.7.1. необходимо установить флажок **Shadows on**
    - 3.7.2. щелкнуть по кнопке **Shadows Options** и установить необходимый тип освещения, размер отображаемой тени и плавности перехода
  - 3.8. после окончания формирования нового источника света щелкнуть по кнопке **OK**
  - 3.9. щелкнуть по кнопке **Render** на панели инструментов **RENDER**.
  - 3.10. в открывшемся одноименном диалоговом окне установить флажки: **Query for selection**, **Crop window**, **Render cache** и щелкнуть по кнопке **Render**
  - 3.11. в ответ на приглашение **Pick crop window to render:** с помощью рамки выбрать фрагмент модели, который тонироваться
  - 3.12. в ответ на приглашение **Select objects:** выбрать объекты для тонирования
4. Для создания источника рассеянного света в раскрывающемся списке рядом с кнопкой **New** выбрать тип источника света **Distant light**
  - 4.1. щелкнуть по кнопке **New**
  - 4.2. в диалоговом окне **New Distant light** в текстовом поле **Light name** ввести имя для нового источника света
  - 4.3. в поле **Intensity** устанавливается интенсивность (яркость) света
  - 4.4. расположение источника удаленного света настраивается одним из следующих методов:
    - 4.4.1. заданием азимута (угол в плоскости XY) и угла возвышения (угол наклона по отношению к плоскости XY)
    - 4.4.2. заданием вектора светового потока. Для этого следует щелкнуть по кнопке **Modify** и задать координаты двух точек, задающих направление светового потока
    - 4.4.3. калькулятором положения Солнца. После щелчка по кнопке **Sun angle calculator** в одноименном диалоговом окне можно рассчитать положение Солнца в зависимости от широты и долготы места расположения модели и времени дня. Последовательно вводятся следующие данные: дата, время, временная зона, широта и долгота, полушарие. Вместо задания широты и долготы можно воспользоваться кнопкой **Geographic location** и выбрать место на карте
5. Для создания источника света в виде прожектора в раскрывающемся списке рядом с кнопкой **New** выбрать тип источника света **Spotlight**



- 5.1. щелкнуть по кнопке **New**
- 5.2. в диалоговом окне **New Spotlight** в текстовом поле **Light name** ввести имя для нового источника света
- 5.3. с помощью ползунка **Hotspot** установить угол максимальной интенсивности
- 5.4. с помощью ползунка **Falloff** установить угол полного светового конуса
- 5.5. в зоне **Attention** задать закон изменения интенсивности светового потока от расстояния:
  - 5.5.1. **None** – не изменяется
  - 5.5.2. **Inverse linear** – по линейной зависимости
  - 5.5.3. **Inverse square** – по квадратичной зависимости
- 5.6. интенсивность источника света устанавливается с помощью одноименного ползунка
- 5.7. проверить координаты расположения источника света можно после щелчка по кнопке **Show**, а изменить его место расположения непосредственно на поле чертежа можно после щелчка по кнопке **Modify**
- 5.8. щелкнуть по кнопке **Select custom color** и из цветовой палитры выбрать цвет для источника света
- 5.9. если в дальнейшем предполагается наносить тени, то
  - 5.9.1. необходимо установить флажок **Shadows on**
  - 5.9.2. щелкнуть по кнопке **Shadows Options** и установить необходимый тип освещения, размер отображаемой тени и плавности перехода
- 5.10. после окончания формирования нового источника света щелкнуть по кнопке **OK**
- 5.11. щелкнуть по кнопке **Render** на панели инструментов **RENDER**.
- 5.12. В открывшемся одноименном диалоговом окне установить флажки: **Query for selection, Crop window, Render cache** и щелкнуть по кнопке **Render**
- 5.13. в ответ на приглашение **Pick crop window to render:** с помощью рамки выбрать фрагмент модели, который тонироваться
- 5.14. в ответ на приглашение **Select objects:** выбрать объекты для тонирования
6. Создание теней необходимо:
  - 6.1. щелкнуть по кнопке **Lights**, в открывшемся диалоговом окне выбрать источник света и щелкнуть по кнопке **Modify**
  - 6.2. в открывшемся одноименном диалоговом окне щелкнуть установить флажок **Shadow on** и щелкнуть по кнопке **Shadow Option**
  - 6.3. в одноименном диалоговом окне установить:
    - 6.3.1. при установке **Shadow volumes/Ray traces Shadows** флажка параметры тени становятся недоступны
    - 6.3.2. размер карты теней в списке **Shadow map size** можно изменять при отсутствующем флажке **Shadow volumes/Ray traces Shadows**
    - 6.3.3. плавность границ (мягкость тени) в списке **Shadow softness**
    - 6.3.4. кнопка **Shadow boundary object** позволяет вернуться в чертеж и выбрать объекты, ограничивающий параллелепипед которых будет использован для обрезания карты
  - 6.4. закрыть все диалоговые окна и вернуться в чертеж
  - 6.5. щелкнуть по кнопке **Render**
    - 6.5.1. в открывшемся одноименном диалоговом окне в списке **Rendering type** выбрать один из алгоритмов моделирования теней
    - 6.5.2. установить флажок **Shadows**
7. Для управления источниками света и видами применяются сцены. Для создания сцены следует:
  - 7.1. щелкнуть по кнопке **Scenes** на панели инструментов **Render**
  - 7.2. в одноименном диалоговом окне для создания сцены необходимо щелкнуть по кнопке **New**. В открывшемся диалоговом окне можно выбрать один из ранее созданных видов и источников света. Выбор более одного источника света производится при нажатой клавише **CTRL**
  - 7.3. ввести имя для новой сцены с выбранными источниками света и видом
  - 7.4. дважды щелкнуть по кнопке **OK** для возврата к чертежу
  - 7.5. щелкнуть по кнопке **Render**
  - 7.6. в окне **Scene to render** выбрать только созданную сцену, произвести тонирование по сцене
8. Для применения материала в чертежах необходимо:
  - 8.1. добавить материал в файл чертежа:
    - 8.1.1. щелкнуть по кнопке **Materials library**
    - 8.1.2. выбрать материал из списка библиотеки в правой части диалогового окна





- 8.1.3. Щелкнуть по кнопке **Import**
- 8.1.4. выбрать материал из списка **Material list**
- 8.1.5. из раскрывающегося списка **Preview** выбрать тип предварительного просмотра **Cube** или **Sphere**
- 8.1.6. щелчок по кнопке **Preview** позволяет просмотреть фрагмент выбранного материала
- 8.1.7. информацию о материалах можно:
  - 8.1.7.1. для сохранения материалов из данной библиотеки в другом файле необходимо щелкнуть по кнопке **Save** в правой части диалогового окна и указать путь к месту хранения этого файла
  - 8.1.7.2. для сохранения выбранных материалов для данного чертежа в автономном файле следует щелкнуть по кнопке **Save** в левой части диалогового окна
  - 8.1.7.3. для выбора материалов из другой библиотеки необходимо щелкнуть по кнопке **Open**
- 8.1.8. после выбора материала щелкнуть по кнопке **OK**
- 8.2. привязка материалов к определенным объектам, после их выбора, производится по алгоритму:
  - 8.2.1. щелкнуть по пиктограмме **Materials**
  - 8.2.2. из предложенного списка выбрать требуемый материал
  - 8.2.3. для привязки материала:
    - 8.2.3.1. к выбранному объекту можно щелкнуть по кнопке **Attach**, вернуться в чертеж и указать объект привязки
    - 8.2.3.2. по его цвету щелкнуть по кнопке **By ACI** и в диалоговом окне **Attach by AutoCAD color index** выбрать цвет или несколько цветов для привязки
    - 8.2.3.3. по слою – щелкнуть по кнопке **By layer** и в диалоговом окне **Attach by layer** выбрать слой/слои
- 8.3. щелкнуть по кнопке **Render** на панели инструментов **RENDER**.
- 8.4. В открывшемся одноименном диалоговом окне установить флажки: **Query for selection, Crop window, Render cache** и щелкнуть по кнопке **Render**
- 8.5. в ответ на приглашение **Pick crop window to render:** с помощью рамки выбрать фрагмент модели, которому будет присваиваться материал
- 8.6. в ответ на приглашение **Select objects:** выбрать объекты для применения материала
9. Для создания фона необходимо щелкнуть по кнопке **Background** и в одноименном диалоговом окне:
  - 9.1. для задания сплошного одноцветного фона установить переключатель **Solid**, использовать текущий фон AutoCAD (белый или черный) или задать цвет фона
  - 9.2. для задания трехцветного градиентного фона
    - 9.2.1. установить переключатель **Gradient**
    - 9.2.2. задать по отдельности верхний, средний и нижний цвета
    - 9.2.3. с помощью поля **Horizon** установить центр перехода
    - 9.2.4. в поле **Height** указать (в процентном отношении), где начинается второй цвет
  - 9.3. для задания фона в виде изображения
    - 9.3.1. установить переключатель **Image**
    - 9.3.2. найти требуемый файл изображения (с расширением **.tga**)
  - 9.4. для задания эффекта отражения на сферу, окружающую сцену, необходимо в нижней части диалогового окна в зоне **Environment** выбрать дополнительный файл
  - 9.5. для создания ландшафта следует щелкнуть по кнопке **Landscape new** на панели инструментов **Render** и выбрать файл с требуемым изображением. Установка флажка **View aligned** обеспечивает установку изображения параллельно применяемому виду
10. Для полной настройки процесса тонирования необходимо использовать диалоговое окно предварительной установки параметров тонирования **Render preferences**
  - 10.1. в списке **Rendering type** указывается необходимый тип тонирования
  - 10.2. в списке **Scene to render** указывается требуемая для тонирования сцена
  - 10.3. в разделе **Rendering process** устанавливается одна из трех опций тонирования:





- 10.3.1. **Query for selection** – перед тонирование организуется запрос AutoCAD на выбор объектов. Опция используется обычно для проверки настройки тонирования на одном или нескольких объектах
- 10.3.2. **Crop window** – обеспечивает задание, с помощью рамки, прямоугольного фрагмента чертежа
- 10.3.3. установка флажка **Skip render dialog** позволяет производить процесс рендера немедленно после ввода команды без дополнительных запросов AutoCAD
- 10.4. установка параметра **Light icon scale** позволяет изменить масштаб символа источника света
- 10.5. установка параметра **Smoothing angle** позволяет изменить угол сглаживания поверхностей (угол между соприкасающимися гранями). Уменьшение угла приводит к увеличению количества ребер
- 10.6. для сглаживания многогранных объектов устанавливается флажок **Smooth shade**
- 10.7. для использования материалов при тонировании необходимо установить флажок **Apply materials**
- 10.8. для формирования теней необходимо, чтобы был установлен флажок **Shadows**
- 10.9. для сохранения информации тонирования в файле чертежа необходимо, чтобы был установлен флажок **Render Cache**
- 10.10. В зоне **Destination** задается место хранения сформированного тонированного изображения:
  - 10.10.1. по умолчанию установлена опция **Viewport** – тонирование в активном видовом экране
  - 10.10.2. при выводе результатов тонирования в окно тонирования (**Render Window**) обеспечивается копирование в буфер обмена, сохранять в виде файла **.bmp**, или в виде отдельного файла
- 10.11. с помощью раскрывающегося списка **Sub sampling** можно установить относительное количество тонируемых пикселей
11. Тонированные изображения сохраняются по команде **TOOLS/DISPLAY IMAGE/SAVE**
  - 11.1. в диалоговом окне **Save image** указывается тип файла
  - 11.2. в диалоговом окне **Image file** указывается имя файла и место его хранения
12. Открыть тонированное изображение можно с помощью команды **TOOLS/DISPLAY IMAGE/VIEW**. Для перехода от изображения к чертежу необходимо выполнить регенерацию
13. Выгрузка из памяти программы тонирования производится по алгоритму:
  - 13.1. выполнить команду **TOOLS/LOAD APPLICATION**
  - 13.2. в диалоговом окне **Load/Unload Application** в нижней части диалогового окна, в списке дополнительных компонентов выбрать приложение **ACRENDER**
  - 13.3. щелкнуть по кнопке **Unload**
  - 13.4. закрыть диалоговое окно

## ЗАНЯТИЕ 8

**Цель занятия** – познакомиться с процессом компоновки изображений твердотельной модели

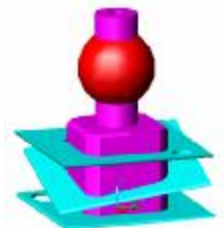
✓ с командами AutoCAD для переноса результата проектирования на твердый носитель

✓ с пиктограммами панели инструментов

**Результат занятия:** создание нескольких видов, разрезов и сечений трехмерной твердотельной модели

**Порядок проведения занятия:**

1. С помощью команды **SLICE** создать (каждый на отдельном слое) следующие разрезы: фронтальный, по центру шара и под произвольным углом
2. С помощью команды **SECTION** на отдельном слое создать фронтальное сечение. Полученное сечение тоже сохранить как автономный блок.
3. Создать четыре неперекрывающихся ВЭ
  - 3.1. выполнить команду **VIEW/VIEWPORTS**
  - 3.2. в диалоговом окне выбрать опцию создания четырех равных ВЭ **Four: Equal**
  - 3.3. для сохранения полученной конфигурации ВЭ с именем:
    - 3.3.1. выполнить команду **VIEW/VIEWPORTS/NEW VIEWPORTS**
    - 3.3.2. в поле **New name** ввести имя для новой конфигурации ВЭ
4. Для компоновки чертежа с помощью Мастера компоновки выполнить команду **TOOLS/WIZARDS/CREATE LAYOUT**
  - 4.1. В первом окне мастера **Begin** в текстовом поле **Name** следует задать уникальное имя для создаваемой компоновки. Щелкнуть по кнопке **Next**
  - 4.2. Во втором окне **Printer** необходимо указать устройство для вывода чертежа на плоттер. Щелкнуть по кнопке **Next**



- 4.3. В третьем окне **Paper size** нужно задать размер бумажного листа, на котором будет вычерчиваться документ. Щелкнуть по кнопке **Next**
- 4.4. В четвертом окне **Orientation** необходимо указать ориентацию чертежа на листе – книжная, или альбомная. Щелкнуть по кнопке **Next**
- 4.5. В пятом окне **Title block** нужно выбрать блок основной надписи из имеющихся. Если пользователь использует собственный блок основной надписи, то он должен храниться только в папке **Templates**
  - 4.5.1. В шестом окне **Define viewports** для задания видовых экранов следует выбрать опцию **Array** и задать 2 колонки и 2 столбца
- 4.6. В этом же окне установить масштаб представления чертежа в видовых экранах. Щелкнуть по кнопке **Next**
- 4.7. В седьмом окне **Pick Location** задать область, которая будет занята всеми видовыми экранами (формат A1)
- 4.8. Щелкнуть по кнопке **Finish**
5. Создать новую компоновку можно вручную, без помощи Мастера компоновки:
  - 5.1. щелкнуть правой кнопкой мыши по корешку вкладки существующей любой компоновки, и в контекстном меню выбрать опцию **New layout**
  - 5.2. в открывшемся диалоговом окне произвести требуемые настройки:
    - 5.2.1. задать имя новой компоновки
    - 5.2.2. по желанию можно задать имя для перечня настроек для компоновки
    - 5.2.3. установить размер и единицы измерения листа
    - 5.2.4. выбрать ориентацию чертежа на листе
    - 5.2.5. выбрать устройство для вывода на печать
  - 5.3. создание плавающих ВЭ производится по алгоритму на основе ранее созданной именованной конфигурации неперекрывающихся ВЭ:
    - 5.3.1. выполнить команду **VIEW/VIEWPORTS**
    - 5.3.2. в подменю выбрать опцию **Named Viewports**
    - 5.3.3. выбрать требуемую поименованную конфигурацию
    - 5.3.4. в ответ на запрос AutoCAD с помощью рамки указать размеры графической зоны чертежа для размещения ВЭ
6. Для установки в каждом ВЭ нужного вида требуется перейти в пространство модели, не выходя из активного ВЭ вкладки компоновки – щелкнуть по кнопке **Paper** в строке состояния (на кнопке появится надпись **Model**). Методика работы с плавающими экранами в пространстве модели ничем не отличается от работы с перекрывающимися экранами
  - 6.1. для настройки точного значения масштаба в каждом видовом экране следует на панели инструментов **Zoom** щелкнуть по кнопке **Zoom Scale** и ввести масштабный коэффициент с опцией **XP**
  - 6.2. с помощью панорамирования в каждом ВЭ настроить границы отображаемого в нем участка чертежа
  - 6.3. изменить размеры ВЭ можно в пространстве листа с помощью ручек, команды **STRETSH** или **MOVE**
7. С помощью панорамирования и зуммирования разместить в каждом ВЭ один из созданных видов и разрезов

