

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники»

А. В. Станкевич

***СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО
ПРОЕКТИРОВАНИЯ AUTOCAD 2011.
ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ***

*Рекомендовано УМО по образованию в области информатики
и радиоэлектроники для специальности 1-40 02 02
«Электронные вычислительные средства» в качестве пособия*

Минск БГУИР 2013

УДК 004.92(076.5)
ББК 32.973.26-018.2я73
С76

Рецензенты:
кафедра управления информационными ресурсами
Академии управления при Президенте Республики Беларусь
(протокол №19 от 16 мая 2012 г.);

заведующий кафедрой информатики учреждения образования
«Минский государственный высший радиотехнический колледж»,
кандидат технических наук, доцент Ю. А. Скудняков

Станкевич, А. В.

С76 Система автоматизированного проектирования AutoCAD 2011. Лабораторный практикум : пособие / А. В. Станкевич. – Минск : БГУИР, 2013. – 56 с. : ил.
ISBN 978-985-488-881-1.

Приведены описания трех лабораторных работ по дисциплине «САПР электронных вычислительных средств», посвященных изучению пакета AutoCAD 2011.

УДК 004.92(076.5)
ББК 32.973.26-018.2я73

ISBN 978-985-488-881-1

© Станкевич А. В., 2013
© УО «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», 2013

Содержание

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1. Создание двухмерных чертежей	4
1.1 Теоретические сведения.....	4
1.1.1 Основные понятия	4
1.1.2 Основные графические примитивы для двухмерного моделирования и команды их создания	11
1.1.3 Команды оформления чертежей	16
1.1.4 Редактирование чертежей.....	22
1.2 Порядок выполнения работы.....	26
1.3 Содержание отчета	27
1.4 Контрольные вопросы	27
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2. Формирование чертежей с использованием 3D компьютерного твердотельного (объемного) моделирования	28
2.1 Теоретические сведения.....	28
2.1.1 Основные понятия	28
2.1.2 Команды для создания трехмерных объемных моделей.....	29
2.1.3 Редактирование объемных 3D моделей	33
2.1.4 Получение видов и разрезов по трехмерной модели.....	34
2.1.5 Пример построения твердотельной модели и построения по ней видов и разрезов.....	36
2.2 Порядок выполнения работы.....	39
2.3 Содержание отчета	39
2.4 Контрольные вопросы	40
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3. Программное создание чертежей в AutoCAD с использованием VBA.....	41
3.1 Теоретические сведения.....	41
3.1.1 Основные понятия	41
3.1.2 Работа с формами.	44
3.1.3 Работа с объектами AutoCAD.	46
3.1.4 Пример создания чертежей с помощью модулей VBA.	53
3.2 Порядок выполнения работы	55
3.3 Содержание отчета	56
3.4 Контрольные вопросы.....	56

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

Создание двухмерных чертежей

Цель работы: научиться создавать с помощью пакета AutoCAD двухмерные чертежи и оформлять их в соответствии с действующими стандартами.

1.1 Теоретические сведения

1.1.1 Основные понятия

Пользовательский интерфейс AutoCAD 2011 содержит следующие элементы, обеспечивающие быстрый доступ к командам системы (рисунок 1.1): панель быстрого доступа, ленты, вкладки, панели инструментов и пиктограммы (кнопки) команд.

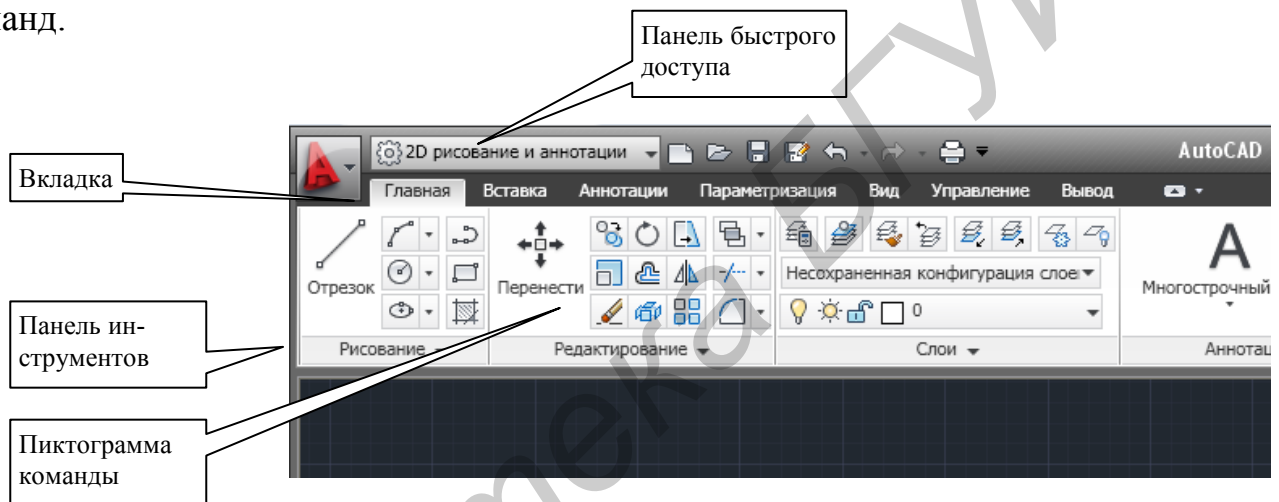




Рисунок 1.1 – Элементы быстрого доступа к командам системы


Лента состоит из ряда панелей инструментов, которые систематизированы в виде вкладок с названием задачи. Панели ленты содержат кнопки (инструменты) команд, щелчок левой кнопкой мыши по которым вызывает выполнение соответствующей команды.


Под лентой располагается графическое поле для черчения, ниже – текстовое окно команд (командная строка), еще ниже – строка состояния.


В строке состояния слева приводятся координаты курсора (начало координат – левый нижний угол поля для черчения) и пиктограммы для включения (выключения) следующих команд или режимов работы:


 **Подразумеваемые зависимости** – позволяет управлять параметрами геометрических, размерных и автоматических зависимостей при параметрическом черчении. Под параметрическим чертежом понимается чертеж со связями и ограничениями, наложенными на геометрическую модель;


 **Шаговая привязка** – позволяет ограничить передвижение курсора только узлами невидимой координатной сетки привязки;


 **Отображение сетки** – визуализирует координатную сетку на экране или выключает ее. Настройка параметров сетки осуществляется щелчком правой кнопки мыши по пиктограмме с последующим выбором пункта **Настройка** из контекстного меню.

 **Орто** – ограничивает перемещения курсора только ортогональными перемещениями в текущей пользовательской системе координат;

 **Полярное отслеживание** – позволяет проводить линии под различными углами. Полярный и ортогональный режимы не могут устанавливаться одновременно;


 **Объектная привязка** – привязка к конкретным точкам существующих объектов. Настройка параметров объектной привязки осуществляется щелчком правой кнопки мыши по пиктограмме и выбором пункта **Настройка** из контекстного меню;


 **3D объектная привязка** – привязка к конкретным точкам существующих 3D объектов;


 **Объектное отслеживание** – включение/выключение объектного отслеживания;


 **Разрешить / запретить динамическую ПСК** – используется при построении 3D тел;

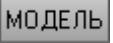
 **Динамический ввод** – управление вводом с помощью мыши, динамическими подсказками и внешним видом всплывающих подсказок;

 **Отображение линий в соответствии с весами** – включение/выключение видимости на экране весов (Lineweight) линий (тип линии при выводе на бумажный носитель);

 **Показать/скрыть прозрачность** – в AutoCAD 2011 имеется возможность управлять уровнем прозрачности объектов и слоев для уменьшения загромождения чертежа;

 **Быстрые свойства** – позволяет посмотреть основные свойства выбранного объекта;

 **Циклический выбор** – метод циклического перебора удобен при выборе перекрывающихся объектов. Можно настроить параметры отображения списка циклического выбора. При циклическом выборе можно выбирать объекты, щелкая левой кнопкой мыши или выбрать объекты из всплывшего окна.

Несколько правее расположены пиктограммы для включения дополнительных режимов. Наиболее важной является кнопка  **МОДЕЛЬ** – переключение из пространства модели в пространство листа.

С чертежом можно работать в пространстве листа или в пространстве модели. Редактор чертежа по умолчанию начинает работать в пространстве модели (фон графического поля для черчения по умолчанию – черный).

Геометрическое представление объекта всегда строится в пространстве модели. Если строится обычный двухмерный чертеж без отдельных видов, то нет необходимости в использовании пространства листа. Пространство листа можно рассматривать как лист устройства вывода (плоттера или принтера). Применяется пространство листа обычно в следующих случаях:

- построение различных видов одного и того же изделия в разных масштабах;
- изображение нескольких чертежей на одном листе;
- изображение различных видов трехмерного объекта на одном листе (вид спереди, сверху и т. п.).

При создании нового чертежа в нижней части графического поля для черчения появляются имена двух вкладок для пространства листа – **Лист1** и **Лист2**. Для переключения в пространство листа можно воспользоваться щелчком по имени вкладки пространства листа, для возврата в пространство модели – щелчком левой кнопкой мыши по вкладке **Модель**.

По умолчанию фон графической области для черчения в пространстве листа – белый. Пунктирная линия – зона, доступная для печати. Сплошной линией обозначен создаваемый по умолчанию один видовой экран. Видовой экран представляет собой прямоугольник, внутри которого показан вид модели (некоторая часть пространства модели чертежа). Видовой экран может быть подрезан сплайном. В пространстве модели также могут быть видовые экраны. Но там они являются элементами деления на части графического экрана. Видовые экраны пространства модели еще называют неперекрывающимися видовыми экранами, а пространства листа – плавающими видовыми экранами.

В пространстве листа могут быть не только видовые экраны – в нем можно строить любые примитивы, но они будут принадлежать только пространству листа и не будут видны в пространстве модели.

Все построения выполняются с помощью соответствующих команд. В AutoCAD 2011 существуют следующие возможности выполнения команд системы: с помощью панелей инструментов (пиктограмм команд) или с помощью ввода команд в командной строке.

Выполнение команды может конкретизироваться с помощью ее ключей (опций), запрашиваемых системой в командной строке текстового окна. В командной строке для выбора ключа достаточно ввести выделенные в требуемом ключе заглавные буквы. Например, на запрос **[Дуга/Полуширина/длИна/Отменить/Ширина]** для выбора ключа **длИна** достаточно ввести с клавиатуры в командную строку символ **И**. Для ввода опций команд также удобно использовать контекстное меню, от-

крывающееся после нажатия правой кнопки мыши. Вводимые символы в командной строке не чувствительны к регистру. Отмена команды – нажатие клавиши «Esc».

При выполнении команд AutoCAD выдает запросы в командной строке текстового окна. В ответ на запросы необходимо ввести некоторую дополнительную информацию. В качестве дополнительной информации может быть введено числовое значение (например расстояние или угол). Числовые значения могут быть целыми, вещественными, в экспоненциальном виде, в виде дроби. В качестве дополнительной информации может быть также введен ключ команды, либо указаны координаты точки.

Координаты точки могут быть введены с клавиатуры либо путем указания местоположения мышью (подводя к соответствующему месту чертежа указатель и щелкнув левой кнопкой мыши).

Ввод координат с клавиатуры возможен в виде абсолютных и относительных координат. Для декартовых координат абсолютные координаты вводят в виде X,Y,Z , где X,Y и Z – числовые значения координат по соответствующим осям (например 10,25,5). При двухмерном черчении значение координаты Z не указывается. Для полярных координат значения координат вводятся в виде $r<A$, где r – радиус, A – угол от предыдущей точки (например 10<30). Угол задается в градусах в направлении против часовой стрелки (по умолчанию) и может иметь знак. Значение угла, равное нулю, соответствует положительному направлению оси OX . AutoCAD запоминает координаты последней введенной точки.

Относительные координаты задают смещение от последней введенной точки. Относительным координатам предшествует символ @, например @20,40 или @50<30.

Значения координат всегда приводятся для текущей системы координат. По умолчанию в AutoCAD используется так называемая Мировая система координат (МСК). Направление осей в этой системе координат следующее: ось OX направлена слева направо, ось OY – снизу вверх, OZ – перпендикулярно экрану наружу. Для удобства работы можно определить пользовательскую систему координат (ПСК), которую можно сместить относительно мировой и повернуть на любой угол. Новая ПСК устанавливается командами вкладки **Вид**.

В AutoCAD имеется возможность определения формата и точности представления чисел. Для этого надо выполнить команду **_units**. В открывшемся диалоговом окне можно установить формат и точность представления линейных и угловых единиц. По кнопке **Направление** можно задать направление отсчета угла. По умолчанию угол отсчитывается против часовой стрелки. Начало отсчета угла – направление на восток (на 15 часов).

В качестве запроса в командной строке может быть также предложено выбрать объекты, для которых необходимо выполнить требуемую команду. Для выделения объекта достаточно подвести к нему указатель мыши и щелкнуть левой

кнопкой мыши. Выделенный объект будет помечен небольшими квадратиками, так называемыми ручками. Аналогично выделяют другие объекты в группе. Завершение выбора группы – нажатие клавиши «Enter». Можно также выбирать объекты с помощью окна. В этом случае прямоугольное окно задается с помощью двух углов путем щелчков левой кнопкой мыши в требуемых точках чертежа. При использовании окна необходимо иметь в виду следующее: если окно рисуется слева направо, то выбираются все объекты, полностью попавшие в окно; если справа налево, то выбираются все объекты частично и полностью попавшие в рамку окна.

При точном построении чертежей важную роль играет объектная привязка к характерным точкам имеющихся на чертеже объектов. Объектная привязка устанавливается командой *_osnap*. При включенном режиме объектной привязки AutoCAD при построении примитивов помечает характерные точки имеющихся на чертеже примитивов специальными символами (квадратами, треугольниками и т.п.) при подводе к ним указателя мыши, что упрощает объектную привязку. Если удерживать возле этих символов указатель, то появится всплывающая подсказка о типе характерной точки (конечная точка, пересечение и т. п.). Объектная привязка активизируется всякий раз (если она включена), когда AutoCAD запрашивает точку (например при построении примитива).

Информация о чертеже в AutoCAD хранится в слоях. В каждом из слоев можно располагать отдельные элементы чертежа и при необходимости включать или выключать (делать невидимыми) эти элементы.

Свойства слоев:

- **включенный/выключенный.** Слой может быть включенным (видимым на экране или на бумаге при выводе чертежа) или выключенным (невидимым);
- **размороженный/замороженный.** Примитивы, находящиеся на замороженных слоях, не изображаются на экране и не выводятся на бумагу. Соответствующий слой можно заморозить/разморозить во всех видах, либо в текущем виде, либо в новом виде. Используется при работе с видами. Нельзя заморозить текущий слой;
- **блокированный/разблокированный.** Примитивы на блокированном слое остаются видимыми, но их нельзя редактировать. Новые объекты на блокированных слоях можно создавать;
- **цвет.** Задается числовым значением и определяет цвет примитивов слоя. Для основных цветов существуют имена. Также могут быть заданы логические цвета BYLAYER (По слою) и BYBLOCK (По блоку). При установке цвета BYLAYER примитивы будут создаваться в соответствии с цветом, заданным для данного слоя. При установке цвета BYBLOCK объекты будут изображаться белым цветом до тех пор, пока не будут объединены в блок. При вставке блока объекты получают текущий цвет;

- **тип линии (Linetype)**. Определяет тип линии, которым будут рисоваться примитивы в данном слое. При отсутствии требуемого типа линии его необходимо загрузить;

- **толщина линии при выводе (Lineweight)**. Определяет толщину линии, которой будут рисоваться примитивы при выводе на плоттер (принтер). При выводе на экран монитора толщина линии изменена не будет (если не включена кнопка **Отображение линий в соответствии с весами** в строке состояния);

- **прозрачность**. Установка прозрачности слоев и видовых экранов листа для улучшения читаемости чертежей путем снижения видимости всех объектов на определенных слоях (при наличии такой необходимости). Прозрачность задается числом от 0 до 90, указывающим процент прозрачности объекта. 0 – отсутствие прозрачных объектов, 75 – 75 % прозрачности объекта. После применения прозрачности к слою все объекты, добавляемые на данный слой, создаются с таким же уровнем прозрачности. Свойство прозрачности для всех объектов на слое устанавливается со значением **ПоСлою**;

- **стиль печати (PlotStyle)**. Определяет стиль вычерчивания;

- **печать (Plot)**. Признак вывода на плоттер.


При создании нового чертежа AutoCAD автоматически создает слой с именем 0, которому присваивается белый цвет и тип линии **CONTINUOUS** (непрерывный). Слой 0 не может быть удален или переименован.


Для управления слоями используется вкладка **Главная**, панель **Слои**, пиктограмма  **Свойства слоя**. В окне **Диспетчера слоев** можно ввести новый слой или удалить имеющийся, изменить свойства выделенного мышью слоя.

Для каждого примитива при его создании можно определить тип, вес и цвет линии. Тип и цвет задаются по параметрам слоя, на котором создается объект. Однако можно этот тип и цвет изменить. Для этого на вкладке **Главная** имеются соответствующие поля со списками.

При открытии AutoCAD или создании нового чертежа можно открыть окно **Startup** (рисунок 1.2), которое позволяет выбрать вариант начала работы. Для включения/отключения диалогового окна **Startup** используется переменная AutoCAD **_Startup**. Для чтения значения переменной необходимо ввести ее имя в командной строке, а для записи нового значения – ввести в командной строке после запроса AutoCAD новое значение. Переменная **_Startup** имеет следующие значения: 1 – включено или 0 – отключено.

Варианты создания чертежа:

- **Простейший шаблон** () – позволяет выбрать британскую или метрическую систему единиц. Для русского AutoCAD по умолчанию устанавливается метрическая система;

- **По шаблону** () – позволяет установить в новой чертеже параметры из ранее созданных шаблонов (можно выбирать шаблоны ISO);

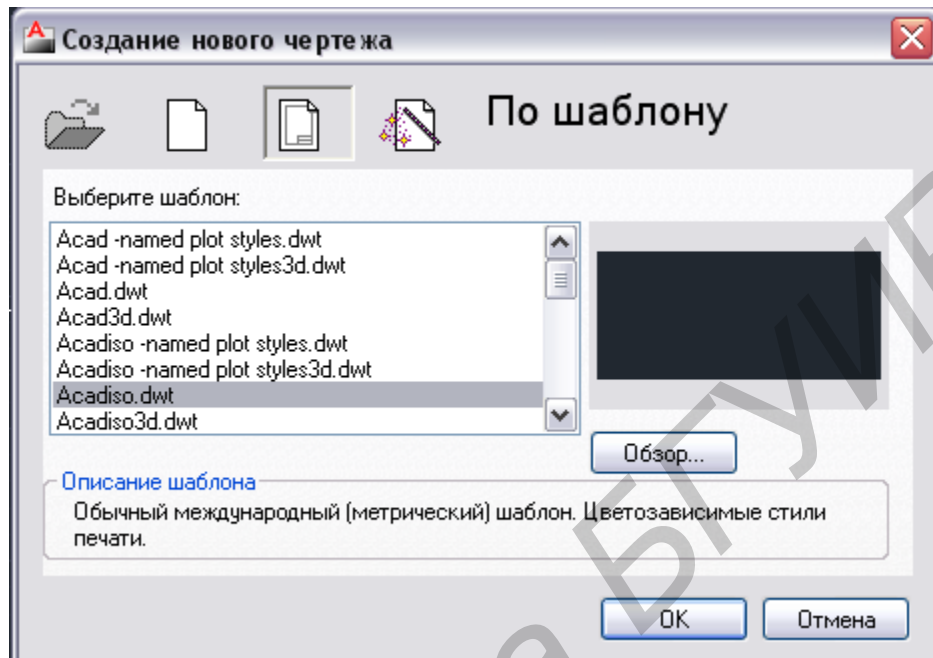




Рисунок 1.2 – Окно Startup

- **Вызов мастера** () – запускает пошаговый процесс параметров нового чертежа с использованием специального мастера настройки рабочей среды. Появляется возможность установки единиц измерения, их форматов и точности, пределов (лимитов) чертежа.

Шаблоны являются удобным средством ускорения создания чертежей. В шаблоны можно включать не только параметры настройки чертежа, но и стандартные фрагменты, например рамку и заготовку основной надписи. Для сохранения чертежа как шаблона необходимо выбрать команду **Сохранить** (после щелчка мыши по верхней левой пиктограмме ) и выбрать формат файла шаблона (*.dwt).

Без помощи мастера параметры чертежа устанавливаются с помощью следующих команд:

- единицы, формат и точность представления единиц измерения и углов – командой **_units**;
- размеры чертежа – командой **_limits**.

Очень часто перед построением чертежей для получения опорных точек чертежа целесообразно выполнить дополнительные построения. Для этого следует использовать специально выделенный слой. Кроме того, различные эле-

менты чертежа также целесообразно выполнять в различных слоях различными цветами.

1.1.2 Основные графические примитивы для двумерного моделирования и команды их создания

Под графическим примитивом понимается элемент или группа элементов чертежа, которые обрабатываются (создаются, редактируются, удаляются) одной командой как единый объект. Набор примитивов, сгруппированных вместе в один более сложный объект, называется блоком.


Чертеж в AutoCAD строится из графических примитивов, каждый из которых создается конкретной командой. Для рисования примитивов удобно пользоваться кнопочной панелью **Рисование** вкладки **Главная**. Если задержать указатель на пиктограмме кнопки, то всплывет подсказка по данной команде. При описании команды будем приводить также команду AutoCAD, которую можно набрать в командной строке, а в скобках – английское имя этой команды. При запросе значений координат необходимо вводить двумерные координаты (X,Y).

Кратко рассмотрим команды в порядке их расположения в панели **Рисование**.

Линия (отрезок). Кнопка панели **Рисование** , команда *отрезок* (*_line*).

Будет запрошена первая и следующая точки отрезка. Далее циклически запрашивается следующая точка отрезка, а за начало берется конец предыдущего отрезка. Конец цикла запросов – нажатие клавиши «Enter» или правой кнопки мыши с последующим выбором из контекстного меню пункта **Ввод**.


Ключи в командной строке: **Замкнуть** – замкнуть ломаную линию, **отменить** – отмена предыдущего сегмента.


Дуга. Кнопка панели **Рисование** , команда *дуга* (*_arc*).

Варианты исполнения команды *дуга* приведены в виде пиктограмм, раскрывающихся по стрелке рядом с пиктограммой дуги:


- по трем точкам (запрашиваются три точки);
- по начальной точке, центру и конечной точке. При этом дуга строится против часовой стрелки;
- по начальной точке, центру и углу. Дуга строится против часовой стрелки от начальной точки. В случае задания отрицательного угла дуга строится по часовой стрелке;
- по начальной точке, центру и длине хорды. Дуга строится против часовой стрелки от начальной точки, причем по умолчанию строится меньшая (дуга меньше 180°) из двух возможных дуг. Если вводится отрицательное значение длины хорды, то будет нарисована большая дуга;

- по начальной, конечной точке и радиусу. AutoCAD всегда строит меньшую дугу против часовой стрелки;
- по начальной, конечной точкам и углу. Дуга по умолчанию строится против часовой стрелки от начальной точки. Если значение угла отрицательно, то дуга строится по часовой стрелке;
- по начальной, конечной точке и направлению (угол наклона касательной из начальной точки);
- по центру, начальной и конечной точкам;
- по центру, начальной точке и длине хорды;
- по центру, начальной точке и углу.


Можно продолжать предшествующую (ранее построенную) линию или дугу. Для этого надо выбрать пиктограмму  **Продолжение**. При этом дуга строится по варианту: начало, конец, начальное направление.


Круг. Кнопка панели **Рисование** , команда *круг* (*_circle*). Варианты исполнения команды приведены в дополнительном меню, раскрываемом при выборе стрелки рядом с пиктограммой команды:

- по центру (центральной точке) и радиусу;
- по центру и диаметру;
- по двум точкам на диаметре (ключ в командной строке **2Т**);
- по трем точкам (**3Т**);
- по двум касательным и радиусу (**кас кас радиус**);
- по трем касательным.

Эллипс. Кнопка панели **Рисование** , команда *эллипс* (*_ellipse*). С помощью этой команды можно построить эллипс или эллиптическую дугу. Варианты построения эллипса:

- по двум точкам на главной оси и длине второй оси. При этом запрашивается первая конечная точка оси, вторая конечная точка оси, затем половина длины другой оси от центра либо поворот (ключ **Поворот**);
- по центру и двум полуосям. Сначала на запрос указывается центр, а затем две полуоси. Также можно использовать ключ поворота.

При создании эллиптических дуг надо выбрать кнопку . Запросы аналогичны первому варианту построения эллипса, а затем указываются начальный и конечный углы, задаваемые точками.

Полилиния. Кнопка панели **Рисование** , команда *полилиния* (*_pline*). Полилиния представляет собой совокупность прямолинейных и дуговых сегментов, обрабатываемых как единый графический примитив.

На запрос системы **Начальная точка** необходимо ввести координаты или указать начальную точку, в ответ система сообщит текущую ширину полилинии.

Далее в командной строке можно указать ключи команды. Команда имеет режимы создания прямолинейных и дуговых сегментов. Ключи режима создания прямолинейных отрезков:

- **Дуга** – переход в режим дуг;
- **Замкнуть** – замкнуть отрезком. Замыкающий отрезок отличается от обычного отрезка, проведенного от конечной точки к начальной, поскольку они по-разному обрабатываются при редактировании полилиний;
- **длина** – длина сегмента, строящегося как продолжение предыдущего в том же направлении;
- **Отменить** – отмена последнего созданного сегмента.

Ключи в режиме дуг, отличающиеся от режима линейных сегментов:

- **Угол** – центральный угол. По умолчанию дуга рисуется против часовой стрелки. Для рисования дуги по часовой стрелке нужно задать отрицательное значение угла;
- **Центр** – центр дуги;
- **Замкнуть** – замыкание дугой;
- **Направление** – направление (угол наклона касательной из начальной точки);
- **Линейный** – переход в режим прямолинейных отрезков;
- **Радиус** – радиус дуги;
- **Вторая** – вторая точка дуги по трем точкам.

Если дуга не является первым сегментом полилинии, то она начинается в конечной точке предыдущего сегмента и по умолчанию проводится по касательной к нему.

Имеется возможность изменения ширины полилинии. Ключи для изменения ширины полилинии:

- **Полуширина** – позволяет задать полуширину полилинии (расстояние от осевой линии до края);
- **Ширина** – позволяет задать ширину.

При вводе ширины и полуширины AutoCAD запрашивает начальную и конечную ширину. По умолчанию значение конечной ширины равно значению начальной ширины.

Прямоугольник. Кнопка панели **Рисование** , команда **прямоугольник** (*_rectang*). Ключи команды:

- **Первый угол** – прямоугольник строится вводом или указанием двух углов (левого нижнего и правого верхнего либо левого верхнего и правого нижнего) со сторонами, параллельными осям X и Y текущей ПСК;

- **Фаска** – определяется размер фасок, снимаемых по углам строящегося далее прямоугольника. Если размер фасок велик для выбранного размера прямоугольника, то строится прямоугольник без фасок;

- **Уровень** – определяет превышение прямоугольника, которое можно наблюдать в 3D видах;

- **Сопряжение** – определяет радиус закругления углов строящегося прямоугольника;

- **Высота** – определяет толщину прямоугольника (высоту параллелепипеда), которую можно наблюдать в 3D видах;

- **Ширина** – определяет ширину полилиний строящегося прямоугольника.

Для открытия панели с командами, рассматриваемыми ниже, необходимо щелкнуть левой кнопкой мыши по заголовку панели **Рисование**.

Сплайн. Кнопка панели **Рисование** , команда *сплайн* (*_spline*).


Имеется два варианта построения: с помощью определяющих точек или управляющих вершин. По умолчанию сплайн строится по определяющим точкам. В этом случае AutoCAD строит гладкую кривую по заданным точкам и направлению касательных в начальной и конечной точках. Сначала в командной строке запрашиваются точки, через которые необходимо провести сплайн. После указания первой точки будет запрошена следующая точка, касательная в начальной точке или допуск (разрешается при построении сплайна неточно проходить через заданные точки, кроме начальной и конечной). После указания точек можно определить касательную в конечной точке с помощью ключа **Касание в конце**.

Для определяющих точек есть также ключ **Узлы**, позволяющий задать узловую параметризацию. Этот ключ влияет на форму кривой сплайна при ее прохождении через определяющую точку.

Имеется также опция замыкания сплайна (ключ **Замкнуть**).


Если выбран способ построения по управляющим вершинам (ключ **УВ**), то сплайн проходит между определяющими точками. Через начальную и конечную точки сплайн проходит точно. Для этого типа сплайна есть ключ **Порядок**, который задает максимальное количество изгибов, разрешенное на каждом участке (значение может равняться 1, 2 или 3). Количество управляющих вершин должно на единицу превышать величину порядка, так сплайн 3-го порядка имеет 4 управляющие вершины.

Ключ **Объект** позволяет сгладить сплайном выбранную полилинию.

Многоугольник. Кнопка панели **Рисование** , команда *мн-угол* (*_polygon*). С помощью этой команды строится равносторонний многоугольник с числом сторон от 3 до 1024. Сначала AutoCAD запрашивает число сторон многоугольника, затем запрашиваются ключи. Ключи команды:

- **Сторона** – многоугольник строится заданием конечных точек одной из его сторон;

- **Центр многоугольника** – необходимо ввести координаты или задать центр многоугольника, вписанного (ключ **в**) или описанного (ключ **о**) вокруг круга. Радиус круга запрашивается системой.

Прямая. Кнопка панели **Рисование** , команда *прямая* (*_xline*). С помощью этой команды создается бесконечная линия, чаще всего используемая как линия построения для получения опорных точек чертежа.

Ключи команды в командной строке:


- **Гор** – построение горизонтальной прямой, проходящей через заданную точку;


- **Вер** – построение вертикальной прямой по точке;


- **Угол** – построение прямой по точке и углу;


- **Бисект** – по точке и половине угла, заданного двумя точками;

- **Отступ** – по смещению (отступу) от базовой линии, при этом задается расстояние, затем выбирается прямая и сторона от прямой.


Луч. Кнопка панели **Рисование** , команда *луч* (*_ray*). Строит луч (полуограниченную линию) по двум точкам (запрос последней точки циклически повторяется).

Точка. Кнопка панели **Рисование** , команда *точка* (*_point*). Точка определяется указанием или вводом координат. После ввода команды с клавиатуры нажать клавишу «Enter». Также имеются пиктограммы для размещения по заданной линии на заданном расстоянии точек, или по делению ее точками на заданное число частей с равным расстоянием друг от друга.


Контур. Кнопка панели **Рисование** , команда *контур* (*_boundary*). Создает контур из существующих объектов с помощью заданной точки в области, замкнутой объектами. В диалоговом окне определяется тип объекта, набор контуров и способ обнаружения островков для создания области или полилинии с помощью заданной точки в области, замкнутой объектами.

Область. Кнопка панели **Рисование** , команда *_region*. Создает область из набора существующих объектов. Область является замкнутым объектом. Для выбора группы объектов используется групповое выделение. Могут быть выбраны замкнутые полилинии, линии и кривые. Кривые включают циклические дуги, круги, эллиптические дуги, эллипсы и сплайны.


Команда создания облака *облако* (*_revcloud*) создает облако для оформительских целей.

Спираль. Команда создания спирали строит 3D спираль и ее проекцию на плоскость X0Y. Кнопка панели **Рисование** , команда *спираль* (*_helix*). Будет


запрошен центр основания, внутренний и внешний диаметры и начальный угол, витки, высота витка.

Кольцо. Кнопка панели **Рисование** , команда *кольцо* (*_donut*). Сначала запрашивается внутренний диаметр кольца (по двум точкам), затем – внешний и затем – центр кольца. Кольцо до указания центра может перемещаться. Запрос о центре кольца выдается циклически. Окончание циклических запросов – нажатие клавиши «Enter». Кольцо выполняется с заливкой, состоит из двух дуговых полилиний.

Блок. Формирование объектов, которые часто используются, может быть выполнено один раз (например форматки листа). Затем примитивы объединяются в блок и чертеж может выполняться с использованием блоков как готовых фрагментов другого чертежа. Блок воспринимается АСAD как один графический примитив и может содержать любое количество примитивов различного типа.

Для создания блока используется кнопка панели **Блок** , команда *блок* (*_block*). В открывшемся окне в поле со списком **Имя** вводится имя блока. Щелкнув по стрелке, можно вывести список существующих блоков. В разделе **Базовая точка** указываются координаты базовой точки привязки. В разделе **Объекты** можно определить вариант создания блока (сохранять на чертеже выбранные примитивы без объединения в блок; конвертировать в блок выбранные примитивы; удалить выбранные объекты). Для выбора примитивов, входящих в блок, нужно щелкнуть по кнопке **Выбрать объекты**.


После группового выбора объектов и нажатия клавиши «Enter» снова появится окно создания блока. Для создания блока нужно щелкнуть по кнопке **ОК**. Для создания блока можно использовать предварительный выбор объектов (перед выполнением команды). Команда *_block* создает блок, доступный для использования в текущем чертеже. Для записи блока в файл используется команда *_wblock*. В открывшемся окне вводится имя файла, а в поле со списком выбирается имя блока в текущем чертеже.

Вставка блока осуществляется с помощью кнопки панели **Блок**  командой *вставить* (*_insert*). Имя блока выбирается из поля со списком. При необходимости вставки файла нужно воспользоваться кнопкой **Обзор**. Раздел **Точка вставки** определяет точку вставки блока. При включенной опции **Указать на экране** положение задается на экране, при выключенной – с помощью полей окна. Поле **Коэфф** задает масштабный коэффициент, а раздел **Угол поворота** – требуемый угол поворота. Опция **Расчленить** разрывает блок и включает в чертеж индивидуальные части блока (отдельные примитивы).


1.1.3 Команды оформления чертежей


Для оформления чертежей используются штриховки, заполнения по образцу, проставление размеров и текстовые надписи.


Штриховка. Штриховка и заполнение по образцу выполняется для замкнутого контура. Когда ограниченные контуром объекты чертежа модифицируются, сохраняя при этом замкнутый контур, связанная с контуром штриховка динамически заполняет ограниченную контуром область. Такая штриховка называется ассоциативной.

Для нанесения штриховки используется кнопка панели **Рисование** , команда *штрих* (*_hatch*). Команда позволяет штриховать область, ограниченную замкнутой кривой контура.

Сначала необходимо с помощью панели **Образец** установить образец штриховки, а с помощью панели **Свойства** либо с помощью ключа **п** установить ее параметры. В последнем случае в открывшемся диалоговом окне на вкладке **Штриховка** в разделе **Тип и массив** выбирается тип и образец штриховки. Можно управлять углом и масштабом любого встроенного образца либо с помощью раздела **Угол и Масштаб**, либо с помощью элементов управления панели **Свойства**.

Для автоматического построения контура штриховки необходимо щелкнуть по кнопке  **Указать точки** и указать внутреннюю точку замкнутого контура на чертеже. Для построения нескольких контуров необходимо выбрать несколько внутренних точек. Для завершения выбора нажать клавишу «Enter».


Для выбора объектов в качестве контура штриховки необходимо щелкнуть по кнопке  **Выбрать объекты контура**. Далее AutoCAD переходит к запросу указания объектов. Выбор объектов может совмещаться с последующим указанием внутренней точки замкнутого контура.

Для наследования свойств штриховки одной области на незаштрихованный контур можно щелкнуть по кнопке  **Копирование свойств**. В этом случае AutoCAD запросит штриховку, свойства которой необходимо перенести на новую область, а затем внутреннюю точку новой области. Запрос внутренней точки будет повторяться в цикле до нажатия клавиши «Enter».

С помощью панели **Параметры** можно также установить вариант обнаружения островков, под которыми понимаются замкнутые области внутри контуров штриховки.


Нанесение размеров. AutoCAD может проставлять линейные, угловые, диаметральные, радиальные и ординатные размеры. Составными элементами изображения размера являются: размерная линия (линия со стрелками); выносная линия; размерный текст (AutoCAD автоматически вычисляет размер по чертежу, но можно ввести и свой размерный текст); допуски и предельные отклонения.


Все линии, стрелки, дуги, размерное число и элементы текста, составляющие размер, в случае ассоциативного образмеривания рассматриваются как один примитив. Ассоциативные размеры изменяются в соответствии с изменением объектов, для которых проставляются размеры.

Проставление линейных размеров. Вкладка **Главная**, панель **Аннотации**, кнопка , команда *рзмлинейный* (*_dimlinear*).

Система выдает запросы на формирование выносных линий: **Начало первой выносной линии или <выбрать объект>**. Можно определить точкой начало первой выносной линии (затем запрашивается вторая точка для второй линии). В случае нажатия клавиши «Enter» (то есть выбрать объект) можно указать объект (отрезок, круг, дугу, полилинию), тогда AutoCAD сам выбирает начало выносных линий после выбора объекта (строит размер автоматически). Затем запрашивается местоположение размерной линии либо следующие ключи:

- **Горизонтальный** – горизонтальная размерная линия;
- **Вертикальный** – вертикальная;
- **Повернутый** – повернутая на заданный угол размерная линия;
- **Угол** – поворот размерного числа на заданный угол;
- **Текст** – позволяет вводить размерное число и текст;
- **Мтекст** – в появившемся окне редактора текста можно вводить и изменять размерный текст (например, ставить значение, отличное от измеренного). Выход из окна редактора текста – щелчок мышью вне текста.

Параллельный линейный размер. Вкладка **Главная**, панель **Аннотации**, кнопка , команда *рзмпарал* (*_dimaligned*). Строится параллельный размер для измеряемой стороны. Ключи и запросы команды аналогичны линейному размеру.


Угловой размер. Вкладка **Главная**, панель **Аннотации**, кнопка , команда *рзмугловой* (*_dimangular*). Строится угловой размер между двумя непараллельными линиями или образмеривается дуга. Построения производятся следующим образом:


- если выбрана дуга, вершиной угла считается ее центр, а точками начала выносных линий – ее конечные точки. Размерная линия представляет собой дугу. Выносные линии проводятся от указанных конечных точек до пересечения с размерной линией;
- если выбран круг, вершиной угла считается его центр, а началом первой выносной линии – точка, указанная на круге. Далее система запросит вторую конечную точку угла. Вторая точка может не лежать на окружности. Указанная точка становится началом второй выносной линии. Размерная линия представляет собой дугу. Выносные линии проводятся от указанных конечных точек до пересечения с размерной линией;
- если выбран отрезок, то выводится запрос указания другого отрезка и определяется угол между ними. Отрезки считаются сторонами угла, а точка их пересечения – вершиной угла. Размерная линия стягивает наименьший угол между отрезками (не более 180°). Если размерная линия не пересекает один или оба отрезка, рисуются выносные линии;


- в случае ответа на первый запрос о выборе дуги, окружности или линии нажатием клавиши «Enter» угловой размер строится для трех точек. При этом запрашивается вершина угла, первая и вторая конечная точки угла.


В команде также можно изменять текст и угол размерного текста.

Длина выбранной дуги измеряется с помощью кнопки  панели **Аннотации**.


Радиальный размер. Вкладка **Главная**, панель **Аннотации**, кнопка , команда *рзмрадиус* (*_dimradius*). Радиальный размер состоит из размерной линии с одной стрелкой. Если сделана соответствующая установка в размерном стиле, ставится также маркер центра. На запрос AutoCAD указывается круг или дуга, радиус которой нужно указать. Положение размерной линии (внутри или вне круга) определяется положением курсора. Размерный текст по умолчанию начинается с символа R. Другие ключи команды аналогичны предыдущим командам.



Диаметр. Вкладка **Главная**, панель **Аннотации**, кнопка , команда *рзмдиаметр* (*_dimdiameter*). Диаметр проставляется аналогично радиальному размеру. Размерный текст по умолчанию начинается со знака Ø. Ключи и запросы аналогичные предыдущей команде.


Ординатный размер. Вкладка **Главная**, панель **Аннотации**, кнопка , команда *рзмордината* (*_dimordinate*). Строит ординатный размер, который представляет собой совокупность координаты точки X или Y и выносной линии. Координаты отсчитываются в текущей ПСК, а выноски проводятся перпендикулярно ее осям. При нанесении ординатных размеров целесообразно включать ортогональный режим. При выполнении команды система сначала запрашивает местоположение образмериваемой точки и конечную точку выноски. В качестве ключей команды (X или Y) можно указать, какую координату необходимо отобразить в размерном числе. Другие ключи команды аналогичны предыдущим командам.


Размер с изломом. Вкладка **Главная**, панель **Аннотации**, кнопка , команда *рзмизлом* (*_dimjogged*). Позволяет образмерить окружность или дугу со смещением стрелки относительно реального центра.


Более редко встречающиеся команды простановки размеров располагаются на вкладке **Аннотации**, панель **Размеры** (ранее рассмотренные команды там также присутствуют).


Мультивыноска. Вкладка **Главная**, панель **Аннотации**, кнопка , команда *мвыноска* (*_mleader*). Мультивыноска представляет собой стрелку, линию выноски, горизонтальную полку и многострочный текст. Система запросит местоположение стрелки выноски, затем положение полки выноски, после чего можно будет вводить текст.

В этой же панели есть кнопка **Добавить выноску**  (позволяет к одной полке добавить еще выноску со стрелкой) и **Удалить выноску** .

Для задания стиля мультивыноски (совокупности ее параметров) необходимо выполнить команду *_mleaderstyle* или щелкнуть по кнопке  на вкладке **Главная** панели **Аннотации**. Можно установить число сегментов, вид стрелки, параметры текста и т. д. Можно изменить существующий или создать новый стиль выноски.

Базовый размер. Вкладка **Аннотации**, панель **Размеры**, кнопка , команда *рзмбазовый* (*_dimbaseline*). Служит для нанесения линейных, угловых или ординатных размеров, отсчитываемых от одной и той же базовой линии предыдущего или выбранного размера. Если предыдущий размер был линейным, угловым или ординатным, начало его первой выносной линии используется в качестве начала первой выносной линии базового размера. После указания этой точки выдается запрос о начале второй выносной линии. AutoCAD наносит размер и повторяет в цикле запрос о начале второй выносной линии. Для завершения команды нужно нажать клавишу «Esc».


Размерная цепь. Вкладка **Аннотации**, панель **Размеры**, кнопка , команда *рзмцепь* (*_dimcontinue*). Строится цепочка размеров. Если предыдущий размер был линейным, угловым или ординатным, начало его второй выносной линии используется в качестве начала первой выносной линии нового размера цепи. После указания точки AutoCAD наносит размер и повторяет запрос о начале второй выносной линии. Для завершения команды нужно нажать клавишу «Esc».

Быстрый размер. Вкладка **Аннотации**, панель **Размеры**, кнопка , команда *бразмер* (*_qdim*). Служит для быстрого создания размера. Команда полезна для создания серии базовых размеров, размерных цепей, для задания размеров серии окружностей и дуг или задания серии ординатных размеров.

В ответ на запрос **Выберите объекты для нанесения размеров** необходимо выбрать серию объектов для проставления размеров. Затем указать положение размерной линии или выбрать ключи команды:

- **Цепь** – для проставления размерной цепи;
- **Ступенчатый** – для проставления чередующихся размеров (один внутри другого);
- **Базовый** – для проставления базовых размеров;
- **Ординатный** – для проставления ординатных размеров;
- **Радиус** – для проставления радиальных размеров;
- **Диаметр** – для проставления диаметральных размеров;
- **Точка** – устанавливает новую опорную точку для базовой строки и ординаты измерений.

Размерные стили. Для расширения возможностей команд проставления размеров в AutoCAD существуют системные размерные переменные, изменяя значения которых пользователь может управлять способами проставления размеров.

Наиболее просто это делается с помощью размерных стилей, которые можно рассматривать как поименованную совокупность значений всех размерных переменных. Для работы с размерными стилями вызывается диалоговое окно менеджера размерного стиля с помощью команды *рзмстиль* (*_dimstyle*) или с помощью вкладки **Главная**, панели **Аннотации**, кнопки . В появившемся окне можно выбрать имя стиля и установить его текущим (**Установить**); изменить стиль (**Редактировать**), создать новый (**Новый**), переименовать, удалить и сравнить стили. При создании и изменении стиля будет вызвано окно для изменения параметров стиля, в котором имеются следующие вкладки:

- **Линии** – позволяет установить формат и свойства размерных и выносных линий;
- **Символы и стрелки** – позволяет установить параметры стрелок, маркера центра и символа дуги;
- **Текст** – позволяет установить формат, положение и угол наклона размерного текста;
- **Размещение** – регулирует размещение размерного текста, стрелок, выносок и размерной линии;
- **Основные единицы** – устанавливает формат и точность размеров, можно ввести масштабный коэффициент пересчета размеров;
- **Альтернативные единицы** – устанавливает формат и точность размеров в альтернативной системе измерений;
- **Допуски** – устанавливает формат допусков.

Для ввода текста в AutoCAD существует несколько команд.

Многострочный текст. Вкладка **Главная**, панель **Аннотации**, кнопка **A**, команда *мтекст* (*_mtext*). Эта команда создает абзацы текста, вписывающиеся в заданную рамку. Сначала запрашивается первый угол рамки, в которой располагается текст, затем другой угол, либо ключи. После указания второго угла открывается окно текстового редактора, в котором можно вводить текст. Завершение ввода текста – щелчок левой кнопкой мыши за рамкой. Ключи команды:


- **ВЫравнивание** – управляет выравниванием (привязкой) текста;
- **Поворот** – угол поворота;
- **Стиль** – стиль текста;
- **Высота** – высота заглавных букв текста;
- **Ширина** – определяет ширину объекта *mtext*;
- **Межстрочный** – расстояние между строками;
- **Колонки** – определяет режим настройки столбцов (есть возможность выполнения текста в несколько столбцов).

Для ввода строки текста используется вкладка **Главная**, панель **Аннотации**, кнопка **A**, команда *текст* (*_text*). По этой команде сначала запрашивается

начальная точка, затем высота текста, угол поворота и сам текст. Запрос ввода текста выдается циклически для ввода каждой строки. Строки выводятся одна под другой. При перемещении курсора в другое место экрана можно продолжить ввод текста с другой позиции. Для завершения ввода текста необходимо нажать клавишу «Enter» два раза.

Для ввода специальных символов в любом месте текста можно использовать комбинацию символов %%. Наиболее часто встречающиеся символы:

- %%d – символ градуса (°);
- %%p – символ допуска (±);
- %%c – символ диаметра (Ø).

Для создания и редактирования стиля текста используется команда **стиль** (*_style*) или вкладка **Главная**, панель **Аннотации**, кнопка . В раскрывшемся окне можно добавить новый стиль текста, установить имя шрифта для данного стиля, добавить эффекты зеркального отображения, вертикального размещения, расширения и сжатия. Вводимые эффекты можно наблюдать на образце текста.


1.1.4 Редактирование чертежей


Простейший способ редактирования чертежей – использование ручек. С помощью ручек можно растягивать, перемещать, копировать, вращать, масштабировать и создавать зеркальные объекты.


Другим способом редактирования является использование менеджера свойств объекта. Для вызова менеджера свойств объектов необходимо выделить какой-либо объект на чертеже и щелчком правой клавишей мыши и выбором строки контекстного меню **Свойства** открыть диалоговое окно менеджера свойств объектов. Закладки диалогового окна позволяют просматривать и редактировать значения соответствующих свойств объекта.


Для редактирования чертежей удобно использовать панель **Редактирование** вкладки **Главная**. С помощью кнопок панели выбирается соответствующая команда редактирования, а затем по запросу системы выбираются объекты. Завершение выбора объектов – нажатие клавиши «Enter». Можно сначала выбрать объекты, а затем вызывать операцию редактирования.


Многие команды редактирования могут быть вызваны из контекстного меню, которое раскрывается по щелчку правой кнопкой мыши на выделенном объекте или группе объектов.


Перемещение. Вкладка **Главная**, панель **Редактирование**, кнопка , команда **перенести** (*_move*). Запрашивается базовая точка или перемещение (точка, относительно которой будет производиться смещение объектов), а затем новая точка. Две указанные точки определяют вектор перемещения. Если в ответ на запрос второй точки нажать клавишу «Enter», координаты первой точки интерпретируются как относительные смещения по осям X, Y и Z.


Копирование. Вкладка **Главная**, панель **Редактирование**, кнопка , команда **копировать** (*_copy*). Указать базовую точку для однократного копирования или ввести ключ **реЖим** для выбора многократного копирования. Завершение многократного копирования – нажатие клавиши Enter.


Масштабирование набора объектов. Вкладка **Главная**, панель **Редактирование**, кнопка , команда **масштаб** (*_scale*). Команда позволяет изменить размеры существующих примитивов. Сначала выдается запрос о базовой точке масштабирования, а затем запрос о коэффициенте масштабирования (можно указывать мышью). На второй запрос можно ответить ключом **Опорный отрезок** для определения коэффициента масштабирования с использованием имеющихся на чертеже объектов. При этом задается исходная длина опорного отрезка и требуемая новая длина. Можно задать исходную длину, указав два конца отрезка, масштаб которого нужно изменить, а затем задать новую длину. Таким образом, выделив в рамке весь чертеж, можно изменить его масштаб по одному из отрезков с известной длиной.

Удаление. Вкладка **Главная**, панель **Редактирование**, кнопка , команда **стереть** (*_erase*). Для удаления также можно выделить объект и нажать клавишу «Delete».


Поворот. Вкладка **Главная**, панель **Редактирование**, кнопка , команда **повернуть** (*_rotate*). Команда обеспечивает поворот набора объектов. Запрашивается базовая точка (центр вращения) и угол поворота. Ключ **Копия** позволяет построить повернутую копию объектов. Ключ **Опорный угол** определяет абсолютный текущий угол вращения и желаемый новый угол вращения.


Рисование подобных объектов. Вкладка **Главная**, панель **Редактирование**, кнопка , команда **подобие** (*_offset*). Команда строит примитив, подобный заданному примитиву с заданным смещением или проходящий через заданную точку (например концентрические окружности). Сначала запрашивается величина смещения или точка. Если указывается ключ **Через**, то подобный примитив будет проходить через заданную точку. Затем выбирается объект для создания подобных объектов. Если было указано смещение, то затем задается сторона смещения.

Расчленение объекта. Вкладка **Главная**, панель **Редактирование**, кнопка , команда **расчлениТЬ** (*_explode*). Заменяет блок, ассоциативный размер, полилинию, мультилинию на составляющие их примитивы.


Вытягивание объектов. Вкладка **Главная**, панель **Редактирование**, кнопка , команда **растянуть** (*_stretch*). Обеспечивает перемещение выбранной части чертежа, сохраняя при этом связь с оставшимися частями. Формирование объекта можно производить в прямоугольной рамке, задавая ее двумя углами. Любые объекты, полностью заключенные в рамку, перемещаются этой командой точно так


же, как и командой *_move*. Отрезки, дуги и сегменты полилиний, пересекающие рамку, растягиваются перемещением конечных точек, находящихся внутри рамки; конечные точки вне рамки остаются неизменными. Команда выдает запросы о базовой точке и о новой точке.


Зеркальное отображение набора объектов. Вкладка **Главная**, панель **Редактирование**, кнопка , команда *зеркало* (*_mirror*). Команда обеспечивает зеркальное отражение существующих на чертеже объектов, удаляя или сохраняя исходные объекты. После выбора объекта по запросам системы указывают первую и вторую точки оси симметрии. Далее выдается запрос об удалении исходных объектов (по умолчанию объекты не удаляются).


Массив. Вкладка **Главная**, панель **Редактирование**, кнопка , команда *массив* (*_array*). Обеспечивает получение нескольких копий объектов, размещенных в прямоугольной или круговой области. При выборе прямоугольной области в диалоговом окне вводится число рядов и число столбцов, расстояние между рядами и столбцами и угол поворота всего массива.

Для кругового массива необходимо указать центр массива, способ построения (число элементов и угол заполнения, число элементов и угол между элементами, угол заполнения и угол между элементами). Угол заполнения – это угол между первым и последним элементами относительно центральной точки. Также есть опция поворота объекта при копировании (скопированные объекты поворачиваются относительно своей опорной точки). Для круга, дуги опорная точка – центр, для отрезка – одна из крайних точек.

Перенос выбранных объектов на передний план. Вкладка **Главная**, панель **Редактирование**, кнопка , команда *порядок* (*_ai_draworder* *_Front*).


Отсечение части объекта по заданной границе. Вкладка **Главная**, панель **Редактирование**, кнопка , команда *обрезать* (*_trim*). Команда обрезает (удаляет) часть отрезка, дуги, двухмерной полилинии, круга, эллиптической дуги, луча или сплайна по заданной границе. Сначала по запросу выбирается граница, по которой будет происходить обрезание. В качестве границы могут быть отрезки, дуги, круги, лучи, сплайны и двухмерные полилинии. Для двухмерной полилинии обрезка производится по осевой линии. Затем указывается отрезаемая часть объекта.

Вытягивание (удлинение) объектов до заданной границы. Вкладка **Главная**, панель **Редактирование**, кнопка , команда *удлинить* (*_extend*). Сначала выбирается граница, а затем объект, который нужно удлинить. Объект выбирается путем указания той части, которая должна удлиниться.


Снятие фасок. Вкладка **Главная**, панель **Редактирование**, кнопка , команда *фаска* (*_chamfer*). Подрезает два пересекающихся отрезка на указанном расстоянии от точки пересечения и соединяет их концы линейным сегментом. Сначала необходимо с помощью ключа **Длина** задать длину фаски (расстояние от

точки пересечения) для обеих линий. После этого нужно указать два отрезка (линии) для построения фаски. Если задается ключ **Угол**, то длина фаски вычисляется по одной из длин и величине угла. Дополнительные ключи команды:




- **полиЛиния** – снимает фаски вдоль всей полилинии;
- **Обрезка** – определяет, обрезает ли AutoCAD выбранные отрезки или грани до конечных точек фаски;
- **Метод** – длина фаски определяется по двум длинам или длине и углу.


Скругление. Вкладка **Главная**, панель **Редактирование**, кнопка , команда **сопряжение** (*_fillet*). Команда плавно сопрягает отрезки, дуги, окружности или линейные сегменты полилиний дугой заданного радиуса. Сначала задается радиус сопряжения **раДиус**. После установки радиуса указываются объекты. Нельзя строить сопряжения параллельных линейных сегментов. Остальные ключи аналогичны команде **фаска**.

Сопряжения и фаски подчиняются следующему правилу: если оба отрезка находятся на одном слое, то дуга сопряжения (фаска) помещается на тот же слой. Если нет, то дуга сопряжения (фаска) помещается на текущий слой. Такие же правила распространяются на цвет и тип линии дуги сопряжения или фаски.

Увеличение длины. Вкладка **Главная**, панель **Редактирование**, кнопка , команда **увеличить** (*_lengthen*). Удлиняет объекты и увеличивает центральные углы дуг. Ключи команды:

- **ДЕльта** – изменяет длину (угол) на заданную величину со стороны, ближней к точке указания. Положительное приращение ведет к увеличению длины, отрицательное – к уменьшению;
- **проЦент** – задает процент от исходной длины объекта или угла дуги;
- **Всего** – устанавливает длину объекта или угол дуги равными заданной абсолютной величине, отсчитываемой от конца объекта, ближайшего к точке указания;
- **ДИнамика** – изменяет длину объекта с помощью динамического перемещения его конечной точки.

Разбиение объекта на составные части. Вкладка **Главная**, панель **Редактирование**, кнопка  или , команда **разорвать** (*_break*). Служит для удаления части объекта или разбиения его на части. По запросу системы выбирается объект или первая точка (точка начала разрыва). Чтобы разбить объект на две части, в ответ на запрос второй точки нужно нажать клавишу «Enter». Если вторая точка отличается от первой, то удаляется часть объекта между точками. Если вторая точка за объектом – удаляется часть объекта. Чтобы разбить объект на две части, ничего не удаляя, нужно указать вторую точку, совпадающую с первой. Это можно сделать вводом символа @ с клавиатуры в ответ на запрос второй точки или выбрать второй вариант команды – .

Соединение однотипных объектов в один. Вкладка **Главная**, панель **Редактирование**, кнопка , команда *соединить* (*_join*).

Редактирование графических примитивов. На вкладке **Главная**, панель **Редактирование** имеются пиктограммы для редактирования штриховки (команда *_hatchedit*), полилиний (команда *_pedit*), сплайнов (команда *_splinedit*). При редактировании штриховки открывается диалоговое окно команды, в котором можно изменить параметры штриховки.

При редактировании полилиний можно объединить отрезки, дуги в полилинию, разбить полилинию на две, переместить выбранные вершины, добавить к ней новые вершины, замкнуть или разомкнуть полилинию. При редактировании полилинии сначала выдается запрос на выбор объекта. Если выбранный объект не полилиния, то будет выдан запрос на преобразование его в полилинию. Ключи команды *полпред* (*_pedit*):

- **Замкнуть** – замкнуть полилинию;
- **Разомкнуть** – разомкнуть (удалить замыкающий сегмент);
- **Добавить** – добавление к разомкнутой полилинии отрезков, дуг, совпадающих с конечной точкой текущей полилинии;
- **Ширина** – задание новой единой для всей полилинии ширины;
- **Вершина** – редактирование вершин;
- **СГладить** – создание кривой, сглаживающей все вершины полилинии;
- **СПлайн** – строит сплайн через вершины полилинии;
- **Убрать сглаживание** – удаление сглаживания;
- **Типлин** – задает тип линии в вершинах полилинии;
- **Отменить** – отмена.

Разрыв полилинии осуществляется через ключ **Вершина**. С помощью этого же ключа можно перемещать выбранную вершину.

При редактировании сплайна можно его замыкать, размыкать, править (добавлять и удалять определяющие точки).

1.2 Порядок выполнения работы

- 1 Изучить команды создания и редактирования двумерных примитивов, команды оформления чертежа.
- 2 Получить задание у преподавателя.
- 3 Создать двумерную модель в соответствии с выданным заданием.
- 4 Оформить полученный чертеж в соответствии с действующими стандартами, используя команды оформления чертежа.
- 5 Оформить отчет по лабораторной работе.

1.3 Содержание отчета

- 1 Название работы и цель работы.
- 2 Исходное задание.
- 3 Полученный чертеж.
- 4 Выводы.

1.4 Контрольные вопросы

- 1 Как можно разбить прямоугольник на две части?
- 2 Как сохранить созданный блок в файл?
- 3 Для чего используется объектная привязка и как ее настроить?
- 4 Как правильно ввести в командной строке относительные полярные координаты?
- 5 Как установить вид и точность единиц чертежа и его лимиты?
- 6 Что такое слой, для чего он используется в чертеже и какие свойства имеет?
- 7 Как изменить толщину линий чертежа?
- 8 Чем отличаются строчный текст и многострочный текст?
- 9 Как задать направление сплайна в начальной и конечной вершинах?
- 10 Для чего используется пространство листа и пространство модели?
- 11 Для чего используется размерный стиль и как задать его параметры?

Список используемой литературы

- 1 Полещук, Н. AutoCAD 2011 / Н. Полещук. – СПб. : БХВ, 2010. – 544 с.
- 2 Орлов, А. AutoCAD 2011 / А. Орлов. – СПб. : Питер, 2011. – 384 с.
- 3 Жарков, Н. В. AutoCAD 2011 / Н. В. Жарков, Р. Г. Прокди, М.В. Финков. – СПб. : Наука и техника, 2011. – 624 с.
- 4 Система помощи AutoCAD 2011.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

Формирование чертежей с использованием 3D компьютерного твердотельного (объемного) моделирования

Цель работы: научиться создавать с помощью пакета AutoCAD трехмерные объемные модели и строить по ним двухмерные проекции и разрезы.

2.1 Теоретические сведения

2.1.1 Основные понятия

В AutoCAD 2011 имеется возможность создания поверхностной трехмерной модели или объемной (твердотельной) трехмерной модели. Поверхностная модель не имеет объема и существует только на поверхности. Объемную модель можно разрезать, чтобы посмотреть внутреннюю структуру. С точки зрения практического использования при решении конструкторских задач наибольший интерес представляет объемное моделирование. Далее в методическом пособии под трехмерной моделью будет пониматься объемная модель.

При трехмерном моделировании местоположение наблюдателя относительно изображаемых объектов задается точкой зрения. Есть стандартные точки зрения для точек зрения сверху, справа и т. п., а также изометрические точки зрения, например **ЮЗ изометрия** (вкладка **Вид**, панель **Виды**).

Для установки произвольных точек зрения можно пользоваться видовым кубом и компасом в правом верхнем углу рабочего поля, а также командой **3Дорбита** (вкладка **Вид**, панель **Навигация**). С помощью инструмента видовой куб можно переключаться между стандартными и изометрическими видами. При наведении курсора на инструмент видовой куб становится активным. Можно перетаскивать видовой куб или, щелкнув по его граням, перейти на один из имеющихся стандартных видов, наклонить текущий вид. Компас отображается под инструментом видовой куб и указывает, в каком направлении в модели определен север. Можно щелкнуть по букве направления на компасе для поворота модели либо щелкнуть и перетащить кольцо компаса для поворота модели вокруг точки вращения (рисунок 2.1).

Для визуализации (перехода от реберной модели к тонированию или наложению материала) можно использовать вкладку **Вид**, панель **Визуальные стили**. Объемные примитивы изображаются как каркасные геометрические модели, если не используется тонирование или наложение материала.

Для облегчения построений при трехмерном моделировании часто применяют пользовательские системы координат (ПСК). Для работы с ПСК используются пиктограммы панели **Координаты** вкладки **Вид**.

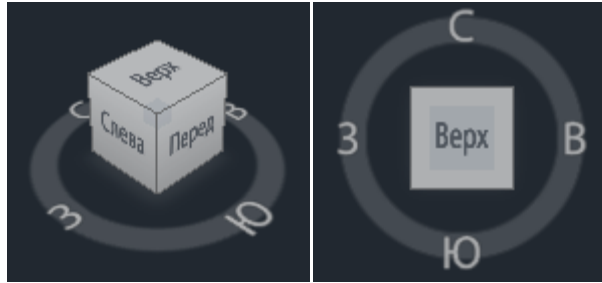


Рисунок 2.1 – Установка изометрической точки зрения и точки зрения сверху с помощью видового куба

В AutoCAD 2011 имеется возможность преобразования поверхностных объектов в объемные и обратно. Для этого необходимо выделить объект и из контекстного меню выполнить соответствующую команду преобразования. Однако следует отметить, что не для всех объектов такое преобразование может быть выполнено.

Последовательность создания объемной 3D модели в AutoCAD 2011:

1 Исходная деталь мысленно разбивается на простейшие трехмерные примитивы AutoCAD (параллелепипеды, цилиндры конусы и т. д.) либо на операции выталкивания и вращения.

2 Выбирается и строится базовое трехмерное тело.


3 На гранях базового тела строятся другие простейшие трехмерные объекты. Для удобства построений используется перемещение или создание ПСК.

4 С помощью операций объединения, вычитания и пересечения создаются составные твердотельные объекты, а также полости и отверстия.

2.1.2 Команды для создания трехмерных объемных моделей


Для формирования сложных геометрических тел используются объемные примитивы и команды, реализующие операции теории множеств.


Рассмотрим команды создания объемных примитивов. Для трехмерного объемного моделирования удобно с помощью панели быстрого доступа выбрать ленту **3D моделирование**. Кнопки команд для создания твердых тел есть также в ленте **3D основные**. Далее будем ссылаться на ленту **3D моделирование**.


Ящик (прямоугольный параллелепипед). Вкладка **Главная**, панель **Моделирование**, кнопка , команда **ящик** (`_box`). Имеются два варианта построения ящика по углу и по центру. Другие ключи:


- **Куб** – создается куб. Далее будет запрошена длина;
- **Длина** – создается ящик заданной длины (по оси X), ширины (по оси Y) и высоты (по оси Z) текущей ПСК;


- **2Точки** – высота ящика задается расстоянием между двумя заданными точками.


Цилиндр. Вкладка **Главная**, панель **Моделирование**, кнопка , команда **цилиндр** (*_cylinder*). Команда позволяет построить цилиндр с круглым или эллиптическим основанием. По умолчанию основание цилиндра располагается в плоскости Х0У текущей ПСК. Высота цилиндра параллельна оси Z. Основание может быть построено по центру и диаметру (радиусу), по двум точкам (задается диаметр основания), по трем точкам или по двум касательным и радиусу (**ККР**). Для ключа **Конечная точка оси** имеется возможность задания конечной точки оси цилиндра в любом месте 3D пространства, что позволяет поворачивать цилиндр. Для построения эллиптического основания надо выбрать ключ **Эллиптический**.


Конус. Вкладка **Главная**, панель **Моделирование**, кнопка , команда **конус** (*_cone*). Команда позволяет построить конус с эллиптическим или круговым основанием. По умолчанию основание конуса располагается в плоскости Х0У, а высота конуса параллельна оси Z текущей ПСК. Есть возможность построить усеченный конус. Запросы в командной строке и ключи схожи с цилиндром.


Шар. Вкладка **Главная**, панель **Моделирование**, кнопка , команда **шар** (*_sphere*). Задаст примитив шара. Запрашивается центр шара и диаметр (радиус) либо по двум точкам, по трем точкам, либо по двум касательным и радиусу (ключ **ККР**).

Клин. Вкладка **Главная**, панель **Моделирование**, кнопка , команда **клин** (*_wedge*). Клин можно строить по угловой точке или по центру. По умолчанию верхнее ребро клина параллельно оси Y, а нижняя грань располагается вдоль положительного направления оси X. Запросы аналогичны команде **ящик**.

Пирамида. Вкладка **Главная**, панель **Моделирование**, кнопка , команда **пирамида** (*_pyramid*). Можно строить пирамиду с числом граней до 32. Сначала необходимо с помощью ключа **Стороны** задать число сторон. Пирамида строится с основанием, вписанным или описанным относительно задаваемой окружности. Запрашивается центр основания или кромка (ключ **Кромка**). При выборе кромки двумя точками задается сторона основания. Затем запрашивается высота пирамиды. Для создания усеченной пирамиды надо выбрать ключ **Радиус верхнего основания**.

Тор. Вкладка **Главная**, панель **Моделирование**, кнопка , команда **тор** (*_torus*). По умолчанию тор строится параллельно плоскости Х0У текущей ПСК. На запросы системы указывается центр тора, а затем диаметр или радиус тора. Первый диаметр (радиус) задает расстояние от центра тора до оси трубки (полости). Затем запрашивается второй радиус или диаметр трубки (полости).

Политело. Вкладка **Главная**, панель **Моделирование**, кнопка , команда **политело** (*_polysolid*). Политело представляет собой широкую полилинию, имеющую высоту (стену с основанием – полилинией). Политело можно строить точно так же, как полилинию. Высота и ширина полителя задается в команде.

Выдавить. Вкладка **Главная**, панель **Моделирование**, кнопка , команда **выдавить** (*_extrude*) создает объемные тела из замкнутых плоских объектов. Выдавливаться можно такие примитивы, как замкнутая полилиния, круг, эллипс, многоугольник, сплайн. Выдавливаемые разомкнутые примитивы создают поверхность. Существует три основных варианта команды **выдавить**: вертикальное выдавливание, коническое выдавливание и выдавливание по направляющей.

Команда запрашивает объект для выдавливания, затем высоту выдавливания или другие ключи. При выборе высоты выдавливания при вводе положительного значения происходит выдавливание вдоль положительной оси Z.


В случае выбора ключа **Направление** можно задать направление для выдавливания, задаваемое двумя точками. Направление не должно лежать в одной плоскости с выдавливаемым объектом.

В случае выбора ключа **Траектория** можно задать направляющую кривую для выдавливания. Траекториями могут быть отрезки, круги, эллипсы, дуги, полилинии и сплайны. Траектория не должна лежать в одной плоскости с выдавливаемым объектом. Одна из конечных точек траектории должна лежать в одной плоскости с выдавливаемым объектом.

Ключ **Угол конусности** используется для создания суживающихся тел. При этом указывается угол, на который должны суживаться грани. Для суживания указывается положительный угол.

Ключ **Выражение** позволяет ввести формулу или уравнение для задания высоты выдавливания.

Рассмотренные ранее примитивы (ящик, клин, цилиндр, пирамида, конус) могут быть получены с помощью операции выдавливания: ящик – вертикальным выдавливанием прямоугольника, клин – вертикальным выдавливанием прямоугольного треугольника, цилиндр – вертикальным выдавливанием основания, пирамида – коническим выдавливанием многоугольника основания, конус – коническим выдавливанием основания.

Вращать. Вкладка **Главная**, панель **Моделирование**, кнопка , команда **вращать** (*_revolve*) создает трехмерные объемные тела с помощью вращения существующих замкнутых двухмерных объектов. Вращать можно лишь один из следующих объектов: замкнутые полилинии, многоугольники, круги, эллипсы, кольца, замкнутые сплайны. Нельзя вращать полилинии с пересекающимися сегментами, объекты, входящие в блок, а также трехмерные объекты. По запросу


выбирается объект вращения. Затем запрашивается ось вращения. Этот запрос имеет ключи:

- **Объект** – нужно указать отрезок или сегмент полилинии, используемый в качестве оси;
- **X/Y/Z** – использует положительную ось X(Y или Z) текущей ПСК в качестве оси вращения.

После указания оси запрашивается угол вращения в градусах. Можно также задать начальный угол вращения.

Ключ **Обратить** позволяет изменить направление вращения.

Рассмотренные ранее примитивы – цилиндр, конус, шар, тор могут быть получены операцией вращения: цилиндр – вращением прямоугольника вокруг высоты, конус – вращением прямоугольного треугольника вокруг катета, шар – вращением половины круга вокруг диаметра, тор – вращением окружности (сечения трубки) вокруг заданной оси.

Лофтинг (по сечениям). Вкладка **Главная**, панель **Моделирование**, кнопка , команда **посечениям** (*_loft*). Позволяет создать 3D объемные тела или поверхности в пространстве между несколькими заданными поперечными сечениями. Требуется задать по крайней мере два поперечных сечения. В качестве первого и (или) последнего поперечного сечения может использоваться точка. Может быть также дополнительно заданы направляющие линии, показывающие направление сопряжения сечений, или траектория, уточняющая траекторию сопряжения сечений (рисунок 2.2). При выполнении команды необходимо указать сечения в порядке их сопряжения.

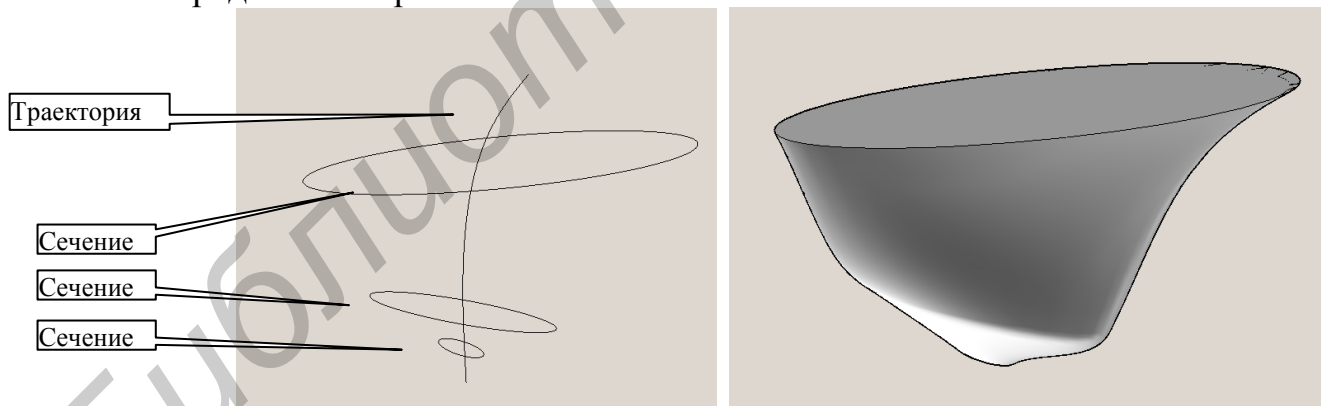



Рисунок 2.2 – Построение объемного тела командой **посечениям**

Сдвиг. Вкладка **Главная**, панель **Моделирование**, кнопка , команда **сдвиг** (*_sweep*). Позволяет создавать тела или поверхности путем сдвига разомкнутой или замкнутой, плоской или неплоской кривой (профиля) вдоль разомкнутой или замкнутой траектории. Разомкнутые кривые создают поверхности, а замкнутые кривые позволяют создавать тела или поверхности в

зависимости от заданного режима (например, так можно создать пружину). При этом можно еще придать угол закручивания при сдвиге по указанной траектории. Команда запросит объект для сдвига и траекторию. Помимо угла закручивания можно указать масштаб относительно единицы. Пример выполнения команды сдвига приведен на рисунке 2.3.

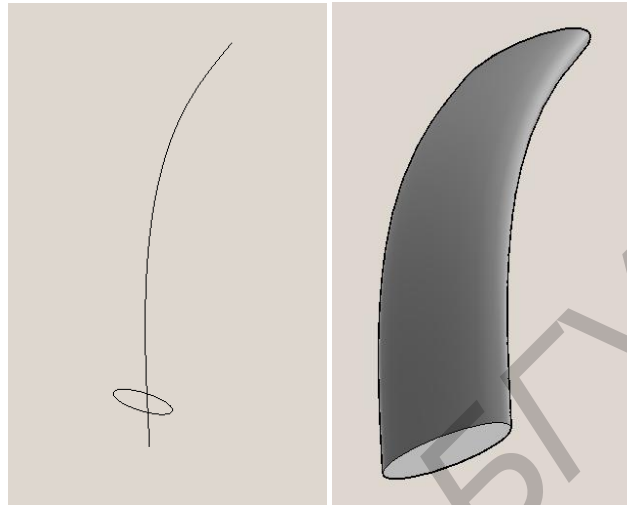





Рисунок 2.3 – Построение объемного тела командой *сдвиг*

Получение составных твердотельных объектов осуществляется с помощью команд объединения, вычитания, пересечения. Кнопки этих команд располагаются на вкладке **Главная**, панели **Редактир. тело**.

Команда **объединение** (*_union*) (кнопка ) позволяет создавать составные тела. Команда запросит объекты для объединения. Объединение необходимо для того, чтобы AutoCAD воспринимал составное тело как единое целое, а не как совокупность отдельных объектов.


Команда **вычитание** (*_subtract*) (кнопка ) позволяет строить отверстия и полости в твердотельных объектах. Команда запросит набор объектов, из которого производится вычитание, а затем набор объектов, которые вычитаются.


Команда **пересечение** (*_intersect*) (кнопка ) позволяет создавать тела из перекрывающихся объектов, имеющих общие точки пересечения. Объекты для пересечения запрашиваются командой.


2.1.3 Редактирование объемных 3D моделей


Для редактирования объемных тел используется панель **Редактир. тело** и лента **3D моделирование**, вкладка **Главная**, панель **Редактирование** (например, можно снять фаску или сделать скругление ребер).


Рассмотрим некоторые возможности редактирования твердотельных объектов. Для этого предназначена команда **редмел** (*_solidedit*) и различные ее ключи.

Выдавить – кнопка . Этот ключ позволяет выдавливать грани существующего твердого тела (не следует путать с командой *_extrude*). Система запросит грань, а затем глубину или траекторию. При выдавливании запрашивается угол сужения, что позволяет осуществить коническое выдавливание. При положительном угле грань суживается.


перенести – кнопка . Этот ключ позволяет переместить грань. Для плоской грани эффект перемещения аналогичен результату редактирования при ключе **Сместить**. Однако с помощью этой команды можно, например переместить на заданное расстояние круглое или эллиптическое отверстие. Для этого нужно в качестве базовой точки указать центр отверстия, а затем задать величину перемещения.

Повернуть – кнопка . Этот ключ позволяет повернуть грань. Запрашивается грань, а затем ось вращения. В качестве осей могут быть указаны оси X,Y,Z, ось, задаваемая двумя точками, или объект, используемый в качестве оси. Затем запрашивается угол поворота.

Сместить – кнопка . Этот ключ позволяет сместить грань (грань может быть неплоской). Позволяет расширять или сужать объект. Система запросит грань, а затем расстояние. Положительное расстояние отсчитывается наружу. Например, для уменьшения диаметра круглого отверстия нужно выбрать внутреннюю цилиндрическую поверхность этого отверстия и ввести положительное смещение.

конус – кнопка . Этот ключ позволяет создавать уклоны (конические грани). Например, чтобы создать коническую поверхность из цилиндра, на запрос системы **Выберите грани** надо указать наружную поверхность цилиндра, в качестве базовой точки – указать центр одного основания, а второй точки, задающей ось уклона, – центр другого основания. Если на запрос **Угол сужения** указать положительный угол, то получим суживающийся ко второму основанию усеченный конус.

2.1.4 Получение видов и разрезов по трехмерной модели

По построенной 3D модели можно автоматически построить двухмерные проекции и разрезы. Для этого используется команда *m-view* (*_solview*) (лента **3D моделирование**, вкладка **Главная**, панель инструментов **Моделирование**, кнопка ). По этой команде автоматически будет осуществлен переход в пространство листа и автоматически создан видовой экран с видом трехмерной модели. Этой командой виды и разрезы создаются в отдельных видовых экранах в пространстве листа с определенной структурой слоев. Перед построением видов целесообразно выполнить команду **2D Каркас** из панели инструментов **Вид**, вкладки **Главная**

для представления в виде реберной модели. Также целесообразно отключить видимость сетки. После вызова команды система запросит ключи:


ПСК (UCS) – позволяет построить вид в текущей ПСК. При выборе этого варианта будет запрошено имя ПСК или МСК, или текущая ПСК. Далее нужно указать масштаб, место расположения вида на листе, границы видового экрана, имя вида;

Орто (Ortho) – построение ортогональных видов. Например, для построения вида сверху по фронтальному виду на запрос системы **Укажите сторону видового экрана для проекции** необходимо указать верхнюю сторону видового экрана для фронтальной проекции. Остальные запросы аналогичны предыдущему ключу;

Дополнительный (Auxiliary) – построение дополнительных видов (видов по стрелке). Будут запрошены первая и вторая точки наклонной плоскости, перпендикулярной направлению взгляда, и сторона просмотра. Остальные запросы аналогичны предыдущему ключу;

Сечение (Section) – построение разрезов. AutoCAD запросит первую и вторую точки сечения. Плоскость сечения перпендикулярна плоскости текущей двухмерной проекции, поэтому достаточно указания двух точек. Для точных построений нужно включать объектную привязку. Далее система запросит сторону просмотра. Остальные запросы аналогичны предыдущему ключу. Вид будет располагаться в проекционной связи с видом, по которому построено сечение. Разрез будет построен без штриховки в виде проекции реберной модели.

Команда **m-вид** создает определенную структуру слоев для каждой проекции или разреза. Созданные слои используются для размещения видимых линий, скрытых линий и штриховки (*имя вида-VIS, имя вида-HID, имя вида-HAT*), а также для размещения размеров, видимых на отдельных видовых экранах (*имя вида-DIM*). Указанные слои далее используются командой **m-рисование**.

Для оформления чертежа по стандартам всем слоям всех видов с невидимыми линиями, которые именуется *имя вида-HID*, необходимо установить штриховой тип линии (например *ACAD_ISO02W100*). Для нанесения штриховки и прорисовки невидимых линий необходимо выполнить команду **m-рисование** (*_soldraw*) (лента **3D моделирование**, вкладка **Главная**, панель **Моделирование**, кнопка ). На запрос системой объекта необходимо указать рамки видовых экранов, для которых требуется перерисовка. Если нужно, чтобы невидимые линии были скрыты, необходимо отключить слои с невидимыми линиями (слои, имеющие имя с суффиксом *HID*). Для отключения видимости рамок видовых экранов надо отключить слой *VPORTS*.

При операциях редактирования полученных видов следует обращать внимание на состояние кнопки **Модель (Лист)** в строке состояния. Если на кнопке индицируется надпись **Модель**, то выбранный видовой экран можно рассматривать

как окно в пространство модели. Все вносимые изменения будут вноситься в геометрическую модель. Если на кнопке индицируется надпись **Лист**, то все вносимые изменения будут сохраняться только в пространстве листа и не будут отображаться в пространстве модели. Например для редактирования параметров штриховки надо щелкнуть по этой кнопке, чтобы на ней индицировалась надпись **Модель**, а далее необходимо выбрать штриховку и отредактировать ее свойства (параметры). Для нанесения размеров в пространстве листа надо щелкнуть по этой кнопке, чтобы на ней индицировалась надпись **Лист**, выбрать требуемый слой с суффиксом *DIM* и нанести требуемые размеры.

2.1.5 Пример построения твердотельной модели и построения по ней видов и разрезов

Цель: построить 3D объемную модель, виды и разрез детали, представленной на рисунке 2.4.

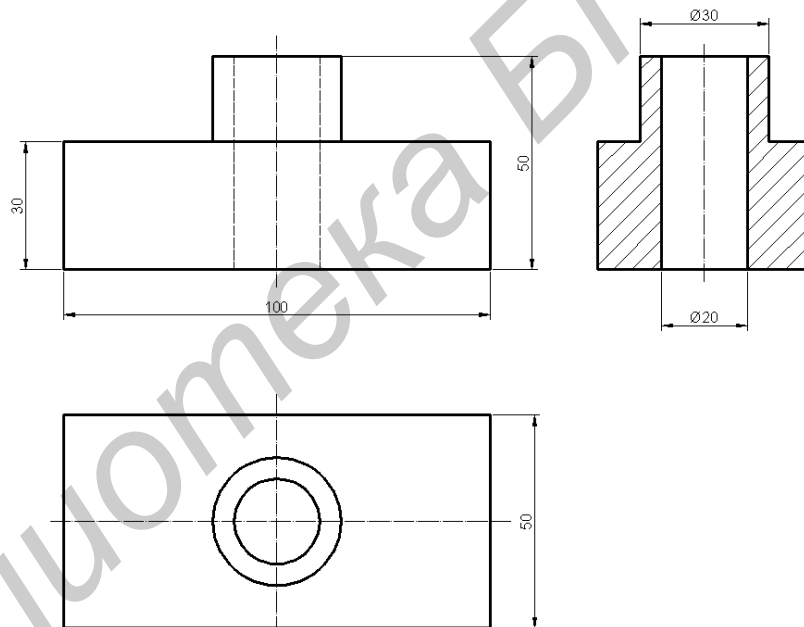


Рисунок 2.4 – Пример чертежа детали

1 Подготовительные действия:

Командой **Лимиты** установить размеры чертежа, соответствующие формату А3 (420x297).

2 Создание модели:

Создание параллелепипеда основания. Команда **ящик**, построение по углу:

Первый угол или [Центр]: 0,0,0

Другой угол или [Куб/Длина]: д

Длина: 100

Ширина: 50

Высота или [2Точки]: 30

Установить точку зрения **ЮЗ** изометрия

Устанавливаем ПСК на верхнюю плоскость цилиндра. Команда **_ucs**, ключ **Грань**. Ставим ПСК на верхнюю грань (рисунок 2.5). Для установки ПСК можно было воспользоваться кнопками панели **Координаты** вкладки **Главная** ленты **3D Моделирование**.

На плоскости строим цилиндр по центру верхнего основания параллелепипеда (команда **_cylinder**):


Центр основания или [3Т/2Т/ККР/Эллиптический]: .x

(задаем отклонение по оси X, используем объектную привязку и указываем середину стороны по оси X), далее AutoCAD запросит:

(требуется YZ): указываем середину стороны по оси Y с использованием объектной привязки. Далее AutoCAD запросит:

Радиус основания или [Диаметр]: 15.

Высота или [2Точки/Конечная точка оси] : 20.

Создаем внутренний цилиндр. Переносим ПСК в центр верхнего основания цилиндра (из панели **Координаты** кнопка **Начало** ). Для этого, используя объектную привязку, указываем на центр верхнего основания построенного цилиндра. ПСК переносится на верхнее основание цилиндра (рисунок 2.6).

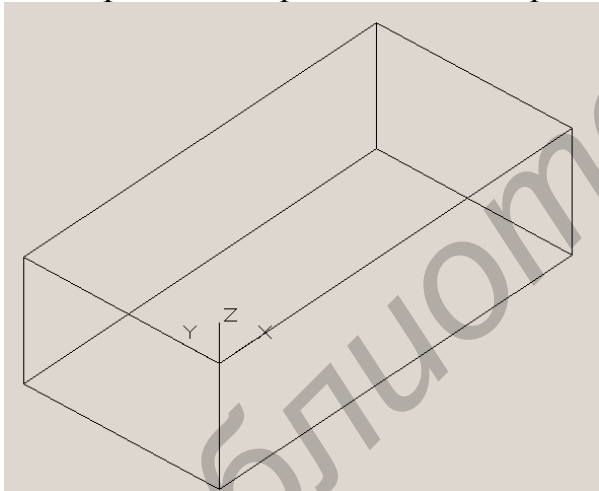


Рисунок 2.5 – Перенос ПСК на грань

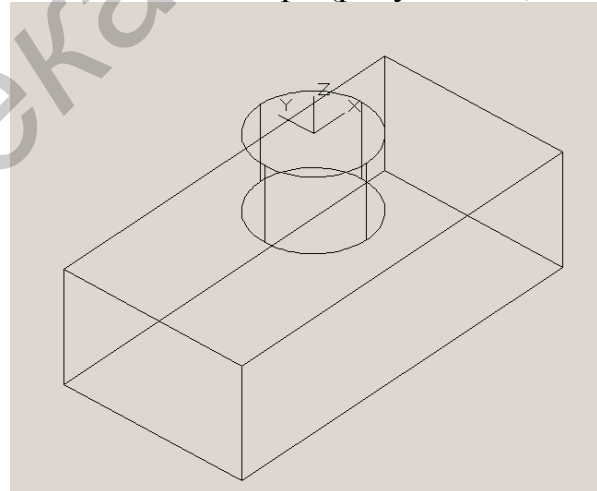


Рисунок 2.6 – Перенос ПСК на основание цилиндра

Строим внутренний цилиндр по центру (команда **_cylinder**) для создания отверстия:

Центр основания или [3Т/2Т/ККР/Эллиптический]: используем объектную привязку к центру верхнего основания

Радиус основания или [Диаметр]: 10.

Высота или [2Точки/Конечная точка оси]: -60.

3 Формируем составное объемное тело.

Команда **_union**:

Выберите объекты: указать внешний цилиндр и параллелепипед

Команда: **_subtract**:

Выберите объекты: выделяем объединенный объект

Выберите тела, поверхности или области для вычитания – указываем внутренний цилиндр.

4 Формирование чертежа (двухмерных проекций) по объемной модели

Устанавливаем вид спереди (рисунок 2.7) с помощью кнопки



панели **Вид**.

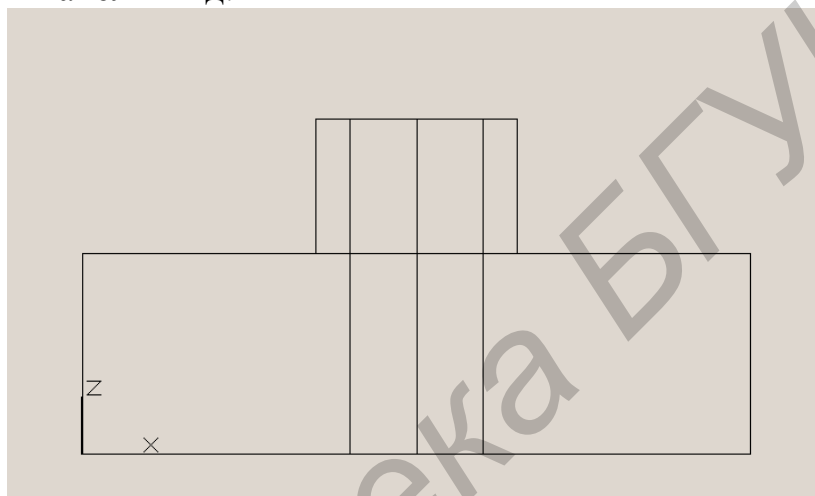


Рисунок 2.7 – Установка вида спереди

Переходим в пространство листа (щелкаем по вкладке **Лист1**). Удаляем вид, созданный системой по умолчанию, поскольку он не создает требуемой структуры слоев.

Для создания видовых экранов в пространстве листа необходимо выполнить команду **m-вид** (**_solview**).

Задайте параметр [Пск/Орто/Дополнительный/Сечение]: п

Задайте параметр [Имя/Мск/?/Текущая] <Текущая>: т

Масштаб вида <1>: 1

Центр вида: указываем место размещения фронтального вида на листе в верхнем левом углу (команда продолжает запрос о центре вида и можно попробовать разные точки). После того как место размещения вида на листе будет выбрано, нажимаем клавишу «Enter».

Первый угол видового экрана:

Противоположный угол видового экрана: указываем углы видового экрана

Имя вида: front

Задайте параметр [Пск/Орто/Дополнительный/Сечение]: о

Укажите сторону видового экрана для проекции: указываем верхнюю сторону видового экрана фронтального вида.

Далее указываем место расположения вида и углы видового экрана.

Имя вида: top.

Строим разрез по оси цилиндров:

Задать параметр [Пск/Орто/Дополнительный/Сечение]: с

Первая точка секущей плоскости:

Вторая точка секущей плоскости: указываем точки секущей плоскости в центрах верхнего и нижнего оснований цилиндров на фронтальном виде.

Сторона просмотра: указываем точку взгляда на разрез слева от цилиндра.

Далее указываем масштаб, центр вида и углы видового экрана.

Имя вида: sec

Для выхода из команды *m-вид* два раза нажимаем клавишу «Enter».

5 Оформление чертежа по стандартам.

Всем слоям с невидимыми линиями (*имя вида-HID*) установить штриховой тип линии *ACAD_ISO02W100*.

Для нанесения штриховки и прорисовки невидимых линий выполнить команду *m-рисование (_soldraw)*:

Выберите объекты – указываем рамки всех видовых экранов.

Отключить слой видовых рамок **VPORTS** (перевести в состояние OFF).

Провести осевые линии, проставить размеры в слоях с именами *имя вида-DIM*, устанавливая соответствующие слои текущими. Для нанесения размеров в пространстве листа необходимо нажать кнопку **Лист** в строке состояния. Получим изображение, представленное на рисунке 2.4.

2.2 Порядок выполнения работы

1 Изучить команды создания и редактирования 3D объемных моделей и команды построения двухмерных проекций и разрезов.

2 Получить задание у преподавателя.

3 Создать трехмерную объемную модель в соответствии с выданным заданием.

4 Построить заданные двухмерные проекции и разрезы по трехмерной модели. Оформить полученный чертеж в соответствии с действующими стандартами, используя команды оформления чертежа.

5 Оформить отчет по лабораторной работе.

2.3 Содержание отчета

1 Название работы и цель работы.

2 Исходное задание.

3 Трехмерная модель.

4 Двухмерные проекции и требуемые разрезы.

5 Выводы.

2.4 Контрольные вопросы

- 1 Чем отличаются трехмерные объемные и поверхностные модели?
- 2 С помощью каких команд можно построить объемную полусферу?
- 3 Как в трехмерной объемной модели создать отверстие прямоугольного сечения?
- 4 Для чего используются ПСК при построении трехмерных моделей?
- 5 Как создать трехмерные тела из набора трехмерных примитивов?
- 6 Как в пространстве листа проставить размеры, чтобы они не отображались в пространстве модели?
- 7 Как в разрезе изменить тип штриховки?
- 8 Как создать двухмерную проекцию вида снизу?
- 9 Как в трехмерной объемной модели изменить диаметр отверстия?
- 10 Как убрать рамку видового экрана на чертеже двухмерных проекций?
- 11 Как построить дополнительный вид?
- 12 Можно ли задать различный масштаб для различных двухмерных проекций трехмерной модели на одном листе?

Список используемой литературы

- 1 Сазонов, А. AutoCAD 2011 / А. Сазонов. – М. : ДМК Пресс, 2011. – 376 с.
- 2 Полещук, Н. AutoCAD 2011 / Н. Полещук. – СПб. : БХВ, 2010. – 544 с.
- 3 Жарков, Н. В. AutoCAD 2011 / Н. В. Жарков, Р. Г. Прокди, М. В. Финков. – СПб. : Наука и техника, 2011. – 624 с.
- 4 Система помощи AutoCAD 2011.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3

Программное создание чертежей в AutoCAD с использованием VBA

Цель работы: научиться создавать чертежи в AutoCAD с использованием VBA.

3.1 Теоретические сведения

3.1.1 Основные понятия

AutoCAD 2011 поддерживает два программных способа создания чертежей: с помощью AutoLISP и с помощью Visual Basic for Application (VBA). VBA – это скриптовый язык, базирующийся на Microsoft Visual BASIC. С помощью интерфейса ActiveX Automation появляется возможность доступа через VBA к объектам AutoCAD и управления ими.

ActiveX Automation – это разработанная компанией Microsoft технология, основанная на архитектуре компонентной объектной модели (COM). Этот интерфейс позволяет использовать хранящиеся в чертежах AutoCAD данные совместно с другими приложениями, а также автоматизировать выполнение различных задач. Любое приложение, которое может работать с объектной моделью AutoCAD, называется контроллером автоматизации. Реализация интерфейса ActiveX для AutoCAD имеет два следующих преимущества:


- программный доступ к чертежам AutoCAD можно осуществлять из самых разных сред программирования;
- существенно упростилось совместное использование данных с другими приложениями, например Microsoft Excel и Microsoft Word.

AutoLISP лучше интегрирован с AutoCAD, поскольку является «родным» средством автоматизации проектирования. VBA для этих целей начал использоваться с AutoCAD значительно позже. VBA сильно интегрирован с Windows и имеет полный доступ к файловой системе Windows, ему доступен полный интерфейс Windows-программирования. AutoLISP имеет ограничения при создании пользовательского оконного интерфейса.

Программной единицей VBA является модуль, который можно рассматривать как набор объявлений и процедур на языке VBA. Модуль VBA в AutoCAD называется макросом. Каждый модуль состоит из раздела описаний (Declaration Section) и одной или нескольких процедур или функций. В разделе описаний модуля содержатся описания используемых в модуле констант и переменных.

Основу пользовательского интерфейса составляют формы. Каждая форма открывается в отдельном окне и помимо заголовка окна может иметь элементы управления (поля, списки, кнопки и другие элементы управления).

Что касается синтаксиса VBA, типов данных, процедур и функций, инструкций языка, то для самостоятельного изучения этих вопросов можно рекомендовать книги [1–3].

Интегрированная среда разработки проектов VBA (редактор VBA) включает редактор кода, конструктор форм и отладчик. Редактор VBA вызывается из AutoCAD через вкладку **Управление**, панель **Приложения**, кнопка  Редактор Visual Basic или нажатием клавиатурной комбинации (Alt+F11). Редактор VBA открывается в отдельном окне. В левой верхней части окна располагается окно обозревателя проектов (рисунок 3.1). Если это окно закрыто, его можно открыть через пункт меню **View/Project Explorer**. Обозреватель проекта отображает все формы и модули всех чертежей, загруженных в AutoCAD, и позволяет выбирать требуемые объекты для работы.

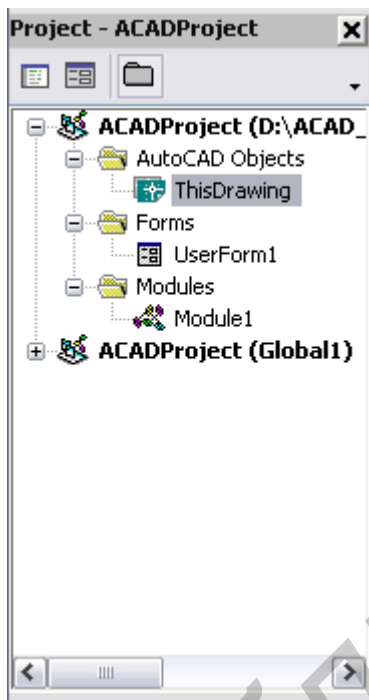



Рисунок 3.1 – Обозреватель проектов


Для каждого чертежа в окне обозревателя проекта может быть три папки: **AutoCAD Objects**, **Forms** и **Modules**. Для вновь создаваемого проекта будет только одна папка **AutoCAD Objects**. Когда добавляется форма или модуль к проекту, VBA добавляет их в соответствующую папку. Папка **AutoCAD objects** содержит объект **ThisDrawing**, представляющий собой текущий чертеж. Объект **ThisDrawing** добавляется в папку **AutoCAD Objects** автоматически при создании нового чертежа. Для открытия соответствующего объекта необходимо дважды щелкнуть по его имени в окне обозревателя проекта левой кнопкой мыши.


Для просмотра и редактирования ссылок на библиотеки используется команда **Tools/References**. В диалоговом окне необходимо установить флажки для требуемых библиотек. Должны быть установлены ссылки как минимум на следующие библиотеки: Visual Basic For Application, ACAD 2011 Type Library, OLE Automation, Microsoft Forms 2.0 Object Library.


Существует два типа VBA проектов в AutoCAD: внедренный проект, который хранится вместе с чертежом, и глобальный проект, который хранится как отдельный файл с расширением .dwb. Внедренный проект следует использовать в случаях автоматизации специфических для данного чертежа построений, а глобальный – для утилит общего использования. Каждый загруженный чертеж может иметь единственный внедренный проект, или вообще не иметь внедренного VBA проекта. Число глобальных проектов, загруженных в AutoCAD, не ограничено. При загрузке чертежа с внедренным проектом AutoCAD выдаст предупреждение о наличии макроса. Для работы с этими двумя типами проектов в AutoCAD

имеется диспетчер VBA, который вызывается в AutoCAD из вкладки **Управление**, панель **Приложения**, кнопка  Диспетчер VBA . С помощью диалогового окна диспетчера VBA можно выполнить следующие операции:

- Извлечь внедренный проект из загруженного чертежа в глобальный проект (кнопка **Извлечь**);
- Внедрить загруженный глобальный проект в открытый чертеж (кнопка **Встроить**);
- Создать новый глобальный проект (кнопка **Новый**);
- Сохранить глобальный проект под новым именем (кнопка **Сохранить как**);
- Загрузить глобальный проект (кнопка **Загрузить**);
- Выгрузить глобальный проект из памяти (кнопка **Выгрузить**);
- Посмотреть загруженные макросы (кнопка **Макросы**);
- Запустить редактор VBA (кнопка **Редактор Visual Basic**).

Глобальный проект также может быть загружен с помощью вкладки **Управление**, панели **Приложения**, кнопки  Загрузить проект .

Новый внедренный проект создается не через диспетчер VBA, а с помощью вкладки **Управление**, панели **Приложения**, кнопки  Макрос VBA . В открывшемся окне в поле со списком **Макросы из** необходимо выбрать требуемый чертеж, в поле **Имя** указать имя макроса после чего щелкнуть по кнопке **Создать**. В следующем открывшемся диалоговом окне указывается имя чертежа, в который встраивается макрос.

Для удаления встроенного проекта с помощью вкладки **Управление**, панели **Приложения**, кнопки  Макрос VBA открывается окно **Макросы**, в котором выбирается из списка требуемый макрос и затем используется кнопка **Удалить**.

Запуск VBA-приложения. Для запуска VBA-приложения из окна редактора VBA выполните команду **Run/RunSub(UserForm)**. Для запуска из командной строки AutoCAD выполните команду **vbarun**, нажмите пробел, после чего система откроет окно выбора макроса. Через меню AutoCAD – выполните команду **Tools/Macro/Macros**.

Загрузка при запуске AutoCAD. AutoCAD автоматически не инициализирует VBA при запуске, VBA загружается по требованию. Для загрузки и запуска кода VBA при запуске можно создать глобальный проект VBA с именем acad.dvb и сохранять его в каталоге установки AutoCAD. Любой проект с этим названием будет автоматически загружен при запуске AutoCAD. Если этот проект содержит макрос (процедуру Sub) с именем AcadStartup, этот макрос будет автоматически выполняться, как только файл acad.dvb будет загружен.

3.1.2 Работа с формами

Пользовательский интерфейс VBA реализуется с помощью форм. Для работы с формами используется несколько инструкций и методов.

Инструкция Load. Загружает форму в память, но не отображает ее на экране.

Синтаксис инструкции:

```
Load ИмяФормы
```

Чтобы сделать форму видимой, используется метод Show. Чтобы скрыть форму, используется метод Hide. Пользователь не может взаимодействовать с формой, пока форма не станет видимой. С загруженной формой можно работать программным путем с помощью события Initialize формы (это событие происходит после загрузки формы, но до ее отображения на экране).

Инструкция Unload. Выгружает форму из памяти. Синтаксис инструкции:

```
Unload ИмяФормы
```

Когда форма выгружается, она удаляется из памяти, и вся память, связанная с выгруженной формой, может распределяться заново. Программным путем с выгруженной формой также нельзя работать, пока она опять не будет загружена в память с помощью инструкции Load.

Метод Hide. Скрывает форму с экрана, но не выгружает ее из памяти. Синтаксис метода:

```
ИмяФормы.Hide
```

Элементы управления скрытой формы недоступны для пользователя, однако они программно доступны для выполняемого приложения. Когда форма скрывается, она удаляется с экрана и ее свойство Visible приобретает значение False.

После того как пользователь введет нужные данные с помощью формы, форму необходимо убрать с экрана. Если форма больше не нужна, ее нужно выгрузить.

Метод Show. Выводит форму на экран. Синтаксис метода:

```
ИмяФормы.Show
```

Если форма уже была загружена в память, она просто станет видимой, если еще нет, то будет автоматически загружена (произойдет событие Load).

Важнейшей концепцией автоматизации работы приложения в VBA являются события. События (events) — это операции или вызовы, инициированные пользователем, на которые отвечает программа. Например, к событиям относятся щелчки мышью, нажатия на клавиши, открытие и закрытие форм, выбор элементов управления форм и т. п. VBA позволяет создавать программы, управляемые событиями (event-driven). Для этого в качестве реакции на событие запускается некоторая процедура. Поскольку форму в первую очередь можно рассматривать как объект для хранения других элементов управления, главное ее событие — Initialize. Все остальные события обычно используются не для формы, а для расположенных на ней элементов управления.

Для создания формы необходимо выполнить команду **Insert/UserForm** окна редактора VBA. Откроются два новых окна: конструктора форм (**UserForm**), которое используется для визуального конструирования формы, и окно элементов управления **Toolbox**. Элементы управления можно разместить на форме (рисунок 3.2). По умолчанию новые формы получают имена UserForm*i*, где *i* – номер формы по порядку.

В левой нижней части окна VBA будет размещено окно **Properties**. Это окно свойств объекта, выделенного на форме, либо самой формы. Поле со списком вверху окна содержит объекты, расположенные на форме. Ниже находится список свойств выделенного объекта (рисунок 3.3), значения которых можно редактировать.

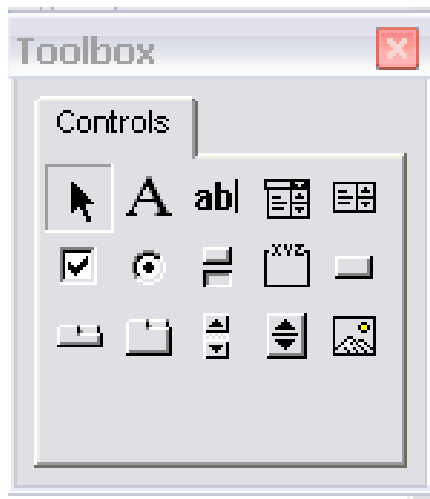


Рисунок 3.2 – Окно элементов управления

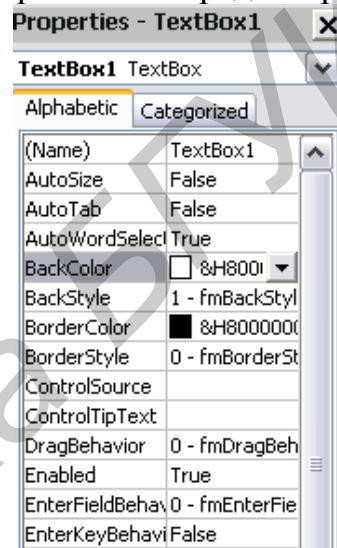


Рисунок 3.3 – Окно свойств

Некоторые самые важные свойства форм (кроме ShowModal, все они применимы и для элементов управления):

- Name – определяет имя формы. Имя формы используется программистом в программном коде для этой формы (и в окнах редактора Visual Basic);
- Caption – определяет заголовок формы (по умолчанию совпадает с именем формы);
- Enabled – если установлено в False, пользователь работать с формой не сможет. Используется для временного отключения формы, например, пока пользователь не обеспечит какие-то условия для ее работы;
- ShowModal – если установлено в True (по умолчанию), пользователь не может перейти к другим формам или вернуться к чертежу, пока не закроет эту форму.

Большая часть остальных свойств относится к внешнему виду и размерам.

Чтобы добавить элементы управления к форме, щелкните на иконке элемента управления в панели инструментов **Controls**, а затем щелкните в требуемом месте формы. Изменить размер элемента управления на форме можно путем перемещения его угловых маркеров при выделенном объекте.

Назначение элементов управления **ToolBox** (названия всплывут как подсказки после наведения указателя на соответствующий элемент управления): Label – надпись; TextBox – поле; ComboBox – поле со списком; ListBox – список; CheckBox – флажок; RadioButton – радиокнопка; ToggleButton – переключатель; Frame – группа; CommandButton – кнопка; MultiPage – многостраничный элемент с закладками; TabStrip – вкладки; ScrollBar – линейка прокрутки; SpinButton – кнопки для уменьшения/увеличения значений; Image – рисунок.

Для реакции на события в форме необходимо написать код обработчиков этих событий. Для создания обработчика события щелкните правой кнопкой мыши на форме или на требуемом элементе управления и выберите пункт **View Code** из контекстного меню. Откроется окно редактора кода для выбранного объекта. В верхней части редактора располагаются два поля со списками. Поле со списком слева – это перечень всех объектов, которые расположены в форме. Поле со списком справа – это перечень событий для текущего выбранного объекта. Когда выбирается объект, редактор кода автоматически добавляет процедуру обработки события по умолчанию для этого объекта. Когда выбирается событие, редактор автоматически добавляет процедуру обработки этого события.

3.1.3 Работа с объектами AutoCAD

С помощью интерфейса ActiveX Automation обеспечивается доступ к программируемым объектам, определяемым объектной моделью AutoCAD. Это позволяет создавать, редактировать и управлять объектами из внешних приложений. Все доступные через интерфейс объекты называются объектами Automation. Объекты Automation позволяют работать с методами и свойствами. Свойства являются функциями, которые позволяют устанавливать или получать информацию о состоянии объекта. Методы позволяют выполнять операции над объектом, в том числе изменять и читать свойства объекта.

На рисунке 3.4 показана упрощенная объектная модель ActiveX Automation в AutoCAD, взятая из помощи AutoCAD. Эта модель показывает объекты AutoCAD и их иерархию, которые доступны через ActiveX Automation. На рисунке овалом показаны объекты, а прямоугольником – коллекции. Самый верхний объект иерархии Application – приложение AutoCAD. Этот объект содержит объекты Preferences (ссылки на библиотеки) и Document, который представляет собой текущий чертеж.

Объект Document в свою очередь содержит объекты Plot (средства для вывода чертежа) и Utility (разнообразные утилиты), а также несколько объектов-

коллекций, каждый из которых включает и управляет группой индивидуальных объектов. Существуют следующие объекты-коллекции:

- Documents – включает все открытые в текущей сессии документы;
- ModelSpace – включает все графические объекты (примитивы) пространства модели;
- PaperSpace – включает все графические объекты пространства активного листа;
- Block Object – включает все указанные определения блоков;

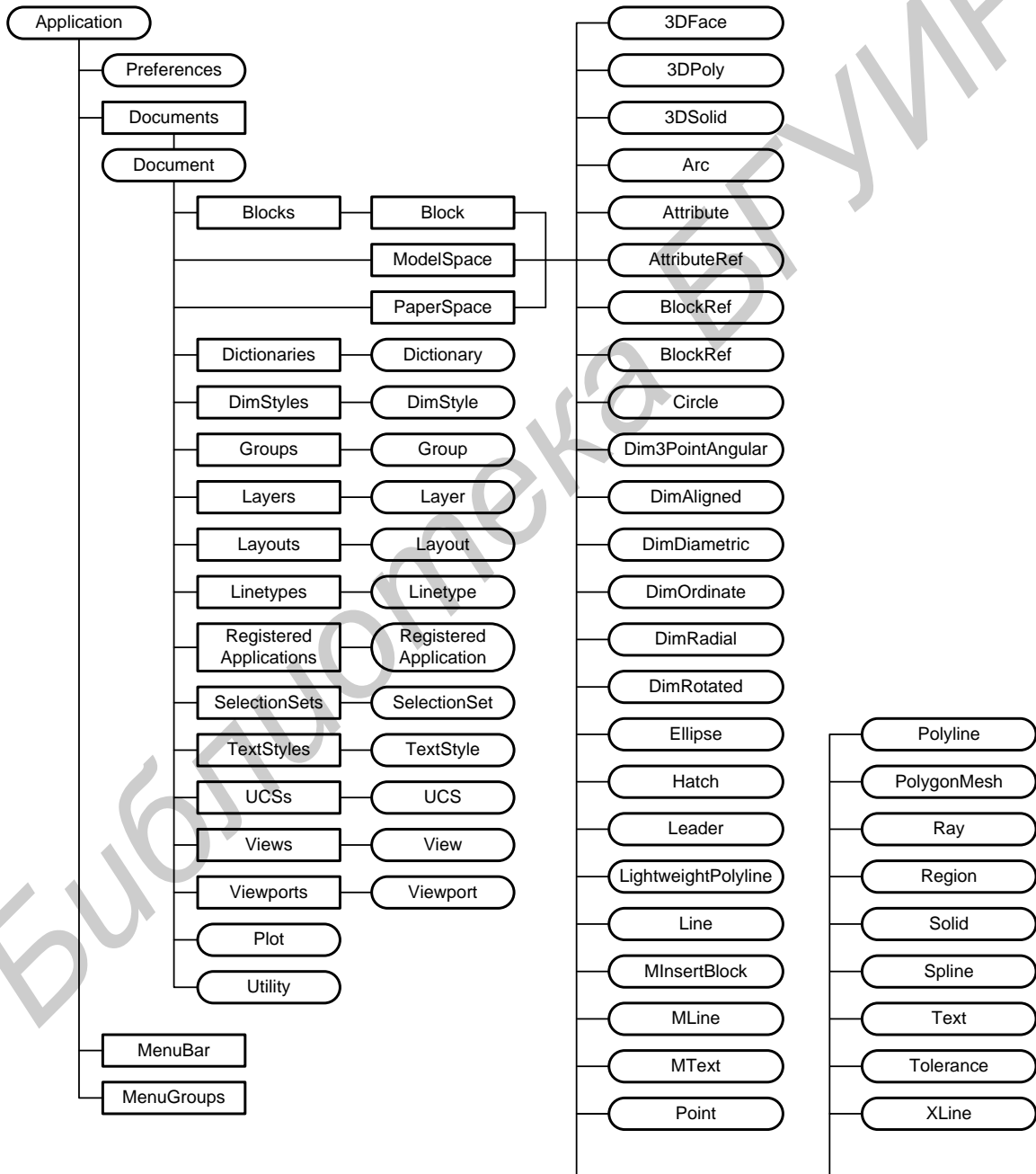


Рисунок 3.4 – Объектная модель AutoCAD

- `Blocks` – включает все блочные ссылки чертежа;
- `Dictionaries` – включает все словари чертежа;
- `DimStyles` – включает все размерные стили чертежа;
- `Groups` – включает все группы чертежа;
- `Layers` – включает все слои чертежа;
- `Layouts` – включает все раскладки чертежа;
- `Linetypes` – включает все типы линий чертежа;
- `MenuBar` – включает все отображаемые меню;
- `MenuGroups` – включает все меню и панели инструментов;
- `RegisteredApplications` – включает все зарегистрированные приложения;
- `SelectionSets` – включает все наборы чертежа;
- `TextStyles` – включает все стили текста чертежа;
- `UCSs` – включает все пользовательские системы координат чертежа;
- `Views` – включает все виды чертежа;
- `Viewports` – включает все видовые экраны чертежа.

При ссылках на объекты, свойства и методы в качестве разделителей имен используются точка и восклицательный знак.

Ссылки на текущий чертеж. Наиболее просто связь VBA с активным чертежом обеспечивается через объект `ThisDrawing`. С его помощью можно получить доступ ко всем свойствам и методам объекта `Document`, а также ко всем другим объектам в иерархии. Объект `ThisDrawing` имеет свойство `Application`, которое можно использовать для вызова любых методов объекта `Application`.

Доступ к требуемому объекту можно получить либо непосредственно путем указания полного пути к нему в иерархии объектов в соответствии с рисунком 3.4, либо через объектную переменную. Для доступа к объекту через объектную переменную необходимо определить переменную требуемого типа, после чего присвоить переменной ссылку на требуемый объект. В качестве примера приведем определение объектной переменной `modSpace` типа `AcadModelSpace`, которая ссылается на текущее пространство модели:

```
Dim modSpace As AcadModelSpace
Set modSpace = ThisDrawing.ModelSpace
```

Проведение построений и использование команд AutoCAD из модулей VBA. Для проведения построений используются методы группы `Add` для объектов `ModelSpace` или `PaperSpace`. При использовании методов этой группы никаких сообщений при построениях в командной строке AutoCAD не выводится. Рассмотрим методы для создания наиболее распространенных графических примитивов. Тип линии по умолчанию – непрерывный. Информацию о создании других примитивов можно найти в *ActiveX and VBA Developer's Guide* [4].

Метод `AddLine` создает линию, проходящую через две точки. Синтаксис:

```
RetVal = object.AddLine(StartPoint, EndPoint)
```

Назначение элементов синтаксиса:

- `object` – коллекции `ModelSpace`, `PaperSpace`, `Block`;
- `StartPoint` – трехмерные координаты положения в МСК начальной точки линии. Тип данных – `Variant` (массив с тремя элементами `double`), только для ввода. Массив хранит координаты `X,Y,Z` в нулевом, первом и втором элементах массива;
- `EndPoint` – трехмерные координаты положения в МСК конечной точки линии. Тип данных – `Variant` (массив с тремя элементами `double`), только для ввода. Массив хранит координаты `X,Y,Z` в нулевом, первом и втором элементах массива;
- `RetVal` – объект типа `AcadLine`.

Пример использования метода `AddLine` для построения линии в пространстве модели.

```
Dim lineObj As AcadLine
Dim startPoint(0 To 2) As Double
Dim endPoint(0 To 2) As Double
startPoint(0) = 1: startPoint(1) = 1: startPoint(2) = 0
endPoint(0) = 5: endPoint(1) = 5: endPoint(2) = 0
Set lineObj = ThisDrawing.ModelSpace.AddLine(startPoint, endPoint)
```

Метод `AddPolyLine` создает полилинию, проходящую через указанные вершины. Синтаксис:

```
RetVal = object.AddPolyline(VerticesList)
```

Назначение элементов синтаксиса:

- `object` – коллекции `ModelSpace`, `PaperSpace`, `Block`;
- `VerticesList` – трехмерные координаты вершин полилинии. Тип данных – `Variant` (массив элементами `double`), только для ввода. Каждая вершина представлена тремя элементами, с первыми двумя, являющимися `X` и `Y` координатами в `OCS` (системе координат объекта); третий элемент игнорируется. Требуется не менее двух точек (шесть элементов) для создания полилинии. Размер массива должен быть кратен 3;
- `RetVal` – объект типа `AcadPolyline`.

Чтобы создавать полилинию, содержащую дуги, сначала создайте полилинию с прямолинейными сегментами, а затем установите выпуклость в определенной вершине, используя метод `SetBulge`. Метод оставлен для совместимости со старыми версиями. Лучше используйте метод `AddLightweightPolyline`, чтобы создать полилинии с оптимизированным форматом, экономящим память и дисковое пространство.

Метод `AddLightWeightPolyline` создает двумерную полилинию, проходящую через указанные вершины. Синтаксис:

```
RetVal = object.AddLightweightPolyline(VerticesList)
```

Назначение элементов синтаксиса:

- `object` – коллекции `ModelSpace`, `PaperSpace`, `Block`;
- `VerticesList` – двумерные координаты вершин полилинии в плоскости XY. Тип данных – `Variant` (массив элементами `double`), только для ввода. Требуется не менее двух точек (четыре элемента массива) для создания полилинии. Размер массива должен быть кратен двум.

- `RetVal` – объект типа `AcadLWPolyline`.

Чтобы создавать полилинию, содержащую дуги, сначала создайте полилинию с прямолинейными сегментами, а затем установите выпуклость в определенной вершине, используя метод `SetBulge`.

Пример построения полилинии в пространстве модели:

```
Dim plineObj As AcadLWPolyline
Dim pnts(0 To 5) As Double
pnts(0) = 3: pnts(1) = 4
pnts(2) = 4: pnts(3) = 8
pnts(4) = 7: pnts(5) = 5
Set plineObj = ThisDrawing.ModelSpace.AddLightWeightPolyline(pnts)
```

Метод `AddArc` создает дугу через центральную точку, радиус, начальный и конечный угол. Синтаксис:

```
RetVal = object.AddArc(Center, Radius, StartAngle, EndAngle)
```

Назначение элементов синтаксиса:

- `object` – коллекции `ModelSpace`, `PaperSpace`, `Block`;
- `Center` – трехмерные координаты центра дуги в МСК, тип данных – `Variant` (массив с тремя элементами `double`), только для ввода;
- `Radius` – радиус дуги, тип данных – `Double`, только для ввода;
- `StartAngle`, `EndAngle` – начальный и конечный угол в радианах, определяющий дугу. Начальный угол должен быть больше, чем конечный угол (дуга рисуется против часовой стрелки), тип данных – `Double`, только для ввода;
- `RetVal` – объект типа `AcadArc`.

Метод `AddCircle` создает окружность через центральную точку и радиус.

Синтаксис:

```
RetVal = object.AddCircle(Center, Radius)
```

Назначение элементов синтаксиса:

- `object` – коллекции `ModelSpace`, `PaperSpace`, `Block`;
- `Center` – трехмерные координаты центра окружности в МСК, тип данных – `Variant` (массив с тремя элементами `double`), только для ввода;
- `Radius` – радиус окружности, тип данных – `Double`, только для ввода;
- `RetVal` – объект типа `AcadCircle`.

Метод `AddEllipse` создает эллипс в XY плоскости МСК, по заданной средней точке, точке на главной оси и отношению радиусов. Синтаксис:

```
RetVal = object.AddEllipse(Center, MajorAxis, RadiusRatio)
```

Назначение элементов синтаксиса:

- `object` – коллекции `ModelSpace`, `PaperSpace`, `Block`;
- `Center` – трехмерные координаты центра эллипса в МСК, тип данных – `Variant` (массив с тремя элементами `double`), только для ввода;
- `MajorAxis` – Положительное значение, определяющее длину главной оси эллипса. Тип данных – `Double`, только для ввода;
- `RadiusRatio` – Положительное значение, определяющее отношение главной к младшей оси эллипса. `RadiusRatio = 1.0` определяет круг. Тип данных – `Double`, только для ввода;
- `RetVal` – объект типа `AcadEllipse`.

Метод `AddSpline` создает сплайн по заданным точкам. Синтаксис:

```
RetVal = object.AddSpline(PointsArray, StartTangent, EndTangent)
```

Назначение элементов синтаксиса:

- `object` – коллекции `ModelSpace`, `PaperSpace`, `Block`;
- `PointsArray` – массив трехмерных координат в МСК, определяющих кривую сплайна. Чтобы создать сплайн, требуется не менее двух точек (шесть элементов массива). Размер массива должен быть кратен трём. Тип данных – `Variant` (массив `double`), только для ввода;
- `StartTangent` – трехмерный вектор, определяющий направление кривой сплайна в первой точке. Тип данных – `Variant` (массив с тремя элементами `double`), только для ввода;
- `EndTangent` – трехмерный вектор, определяющий направление кривой сплайна в последней точке. Тип данных – `Variant` (массив с тремя элементами `double`), только для ввода;
- `RetVal` – объект типа `AcadEllipse`.

Параметры `StartTangent` и `EndTangent` задают направления в двух концах сплайна. Сплайн создается открытым. Чтобы замкнуть сплайн, используйте свойство `Closed` после создания сплайна.

Для выполнения построений и других команд AutoCAD из кода VBA можно также использовать метод `SendCommand`. Синтаксис метода:

```
object.SendCommand(Command)
```

В качестве объекта нужно использовать объект `ThisDrawing`. Аргумент `Command` представляет собой текстовую строку, передаваемую из VBA в командную строку AutoCAD. Текстовая строка имитирует ответы пользователя на запросы AutoCAD в командной строке.

Например, вместо метода `AddCircle` для построения окружности можно использовать метод `SendCommand`. Фрагмент кода для построения окружности с центром, определяемым массивом `returnPnt` и радиусом `Radius`, в этом случае выглядел бы следующим образом:

```
ThisDrawing.SendCommand "Circle" & vbCr & CStr(returnPnt(0)) _
& ", " & CStr(returnPnt(1)) & ", " & CStr(returnPnt(2)) & vbCr _
& CStr(Radius) & vbCr
```

В приведенном фрагменте функция `CStr` обеспечивает преобразование числового значения к строковому, константа `vbCr` имитирует нажатие клавиши «Enter». В командной строке AutoCAD передаются все запросы команды построения окружности.

Организация интерфейса пользователя путем запросов в командной строке AutoCAD. Такой интерфейс реализуется с помощью методов группы `Get` объекта `Utility`. Рассмотрим наиболее часто используемые методы.

Метод `GetPoint` позволяет запросить координаты точки. Синтаксис:

```
RetVal = GetPoint([Point][, Prompt])
```

Назначение элементов синтаксиса:

- `RetVal` – Variant (массив с тремя элементами `double`) – трехэлементный массив, содержащий координаты введенной точки в МСК;
- `Point` – Variant (массив с тремя элементами `double`) – трехэлементный массив, задающий в МСК координаты относительной базовой точки;
- `Prompt` – текстовая строка запроса в командной строке.

Пример. Вывести в окне сообщения координаты точки, введенной пользователем в ответ на запрос *Введите точку*:

```
Sub Example_Pt
    Dim returnPnt As Variant
    returnPnt = ThisDrawing.Utility.GetPoint(, vbCrLf & _
        "Введите точку: ")
    MsgBox "Координаты WCS точки: " & returnPnt(0) & ", " & _
        returnPnt(1) & ", " & returnPnt(2)
End Sub
```

Метод `GetAngle` позволяет запросить угол в радианах. Синтаксис:

```
RetVal = GetAngle([Point][, Prompt])
```

Назначение элементов синтаксиса:

- `Point` и `Prompt` имеют тот же смысл, что и для метода `GetPoint`;
- `RetVal` – тип данных – `Double`. Угол в радианах.

Метод `GetDistance` позволяет запросить расстояние. Синтаксис:

```
RetVal = GetDistance([Point][, Prompt])
```

Назначение элементов синтаксиса:

- `Point` и `Prompt` имеют тот же смысл, что и для метода `GetPoint`;
- `RetVal` – тип данных – Variant (`double`) – расстояние, указанное пользователем.

Работа с системными переменными. В переменных AutoCAD хранятся значения, определяющие текущие настройки системы. Например, переменная `LU-NITS` хранит значение, соответствующее текущей системе единиц. Для определения и изменения этих настроек необходимо обращаться к этим переменным

из VBA. Для получения значения любой системной переменной AutoCAD нужно использовать метод `GetVariable` объекта `Document`. Синтаксис:

```
RetVal = ThisDrawing.GetVariable(Name)
```

Назначение элементов синтаксиса:

- Name – строка с именем переменной;
- RetVal – значение системной переменной (Variant).

Для установки значения системной переменной нужно использовать метод `SetVariable` объекта `Document`. Синтаксис

```
ThisDrawing.SetVariable Name, Value
```

Назначение элементов синтаксиса:

- Name – строка с именем системной переменной;
- Value – новое значение системной переменной (Variant).

3.1.4 Пример создания чертежей с помощью модулей VBA

Необходимо нарисовать объект с изменяемым числом видимых элементов. Число окружностей должно быть от одной до пяти. Приложение должно запрашивать базовую точку (левый нижний угол прямоугольника), половину ширины h , радиус окружности r и число окружностей (рисунок 3.5). Длина прямоугольника должна изменяться пропорционально числу окружностей.

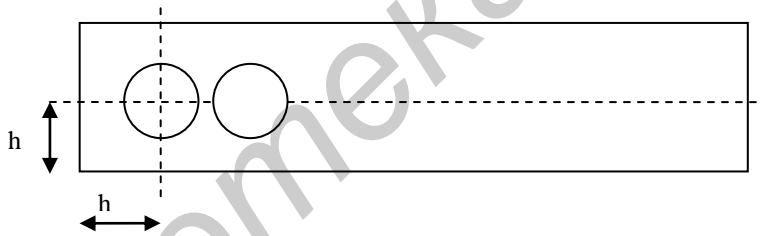


Рисунок 3.5 – Объект с изменяемым числом окружностей

В тексте модуля будем использовать метод создания линейного массива. Метод `ArrayRectangular` позволяет создавать двух- и трехмерные линейные массивы. Имеет следующий синтаксис:

```
RetVal = object.ArrayRectangular (NumberOfRows, NumberOfColumns,  
NumberOfLevels, DistBetweenRows, DistBetweenColumns,  
DistBetweenLevels)
```

Назначение элементов синтаксиса:

- Object – объект, к которому применяется метод;
- NumberOfRows – число строк массива, Integer, только для чтения;
- NumberOfColumns – число столбцов массива, Integer, только для чтения;
- NumberOfLevels – число уровней в 3D массиве, Integer, только для чтения;

- `DistBetweenRows` – расстояние между строками, `Double`, только для чтения. При положительном значении строки добавляются сверху от базового объекта, при отрицательном – снизу;
- `DistBetweenColumns` – расстояние между столбцами, `Double`, только для чтения. При положительном значении столбцы добавляются справа от базового объекта, при отрицательном – слева;
- `DistBetweenLevels` – расстояние между уровнями, `Double`, только для чтения. При положительном значении уровни добавляются в положительном направлении от объекта, при отрицательном – в отрицательном;
- `RetVal` – массив объектов.

Необходимо создать форму для ввода параметров (рисунок 3.6).

Рисунок 3.6 – Форма для ввода параметров

Код обработчика события нажатия кнопки **ОК** приведен ниже:

```
Private Sub CommandButton1_Click()
    If (Trim(UserForm1.TextBox1) = "") Then
        MsgBox "Введите значение радиуса!"
        UserForm1.TextBox1.SetFocus
        Exit Sub
    End If
    r = UserForm1.TextBox1
    h = UserForm1.TextBox2
    NC = UserForm1.ComboBox1
    Unload UserForm1
End Sub
```

Исходный текст модуля:

```
Public r As Double, h As Double, NC As Byte
Sub Example_Parametric()

    Dim plineObj As AcadLWPolyline, circleObj As AcadCircle
    Dim ReturnPnt As Variant, CenterPnt(0 To 2) As Double
    Dim PlinePnts(0 To 7) As Double, i As Integer
    Dim retObj As Variant, numberOfColumns As Long
    Dim distanceBwtnColumns As Double

    ThisDrawing.SetVariable "osmode", 0 'откл. объектной привязки
    ReturnPnt = ThisDrawing.Utility.GetPoint(, vbCrLf _
        & "Введите базовую точку: ") 'левый нижний угол прямоуго.

    Load UserForm1
    For i = 1 To 5
        UserForm1.ComboBox1.AddItem (i) 'формирование списка знач.
    Next i
    UserForm1.Show
```

```

For i = 0 To 1 'построение прямоугольника
    PlinePnts(i) = ReturnPnt(i)
Next i
PlinePnts(2) = PlinePnts(0)
PlinePnts(3) = PlinePnts(1) + 2 * h
PlinePnts(4) = PlinePnts(0) + NC * h * 2
PlinePnts(5) = PlinePnts(3)
PlinePnts(6) = PlinePnts(4)
PlinePnts(7) = PlinePnts(1)
Set plineObj = _
    ThisDrawing.ModelSpace.AddLightWeightPolyline(PlinePnts)
plineObj.Closed = True      ' Close Polyline
ThisDrawing.Regen (True)

CenterPnt(0) = ReturnPnt(0) + h      'построение окружности
CenterPnt(1) = ReturnPnt(1) + h
CenterPnt(2) = ReturnPnt(2)
numberOfColumns = NC
distanceBwtnColumns = 2 * h
Set circleObj = _
    ThisDrawing.ModelSpace.AddCircle(CenterPnt, r)
If NC > 1 Then 'построение линейного массива
    retObj = circleObj.ArrayRectangular(1, numberOfColumns, _
        1, 0, distanceBwtnColumns, 0)
End If

ThisDrawing.Regen acAllViewports 'Перерисовать и регенерир.
                                'все видовые экраны

ZoomAll
Set plineObj = Nothing
Set circleObj = Nothing

End Sub

```

Формирование вершин прямоугольника начинается с левого нижнего угла. Прямоугольник вычерчивается полилинией. Переменные r (радиус окружности), h (половина высоты прямоугольника), NC (число окружностей) должны быть доступны из основного модуля. Требуемое количество окружностей строится с помощью линейного массива.

Необходимо иметь в виду, что при программном создании чертежей следует обязательно отключать объектную привязку, иначе вместо чертежа можно получить непонятный набор линий.

3.2 Порядок выполнения работы

1 Изучить объектную модель AutoCAD, принципы автоматизации приложения с использованием VBA, методы для программного формирования чертежа.

- 2 Получить задание у преподавателя.
- 3 Создать чертеж в соответствии с выданным заданием.
- 4 Оформить отчет по лабораторной работе.

3.3 Содержание отчета

- 1 Название работы и цель работы.
- 2 Исходное задание.
- 3 Полученный чертеж.
- 4 Исходный код VBA.
- 5 Выводы.

3.4 Контрольные вопросы

- 1 Как создать форму и разместить на ней элементы управления?
- 2 Как просмотреть и отредактировать свойства требуемого элемента управления?
- 3 Как обеспечить ссылку на текущий чертеж в коде VBA?
- 4 Чем отличается прорисовка объектов (примитивов) чертежа с помощью метода `SendCommand` от методов группы `Add`?
- 5 Как обеспечить передачу параметров из командной строки AutoCAD в приложение, созданное с помощью VBA?
- 6 Как прочитать или задать значение переменной AutoCAD из кода VBA?
- 7 Для чего используется объект `thisDrawing`?
- 8 Как с помощью VBA нарисовать линию (отрезок) в пространстве листа?
- 9 Для чего используются события в VBA?
- 10 Чем отличаются внедренный и глобальный VBA проекты?

Список используемой литературы

- 1 Климачева, Т. Н. Трехмерная компьютерная графика и автоматизация проектирования на VBA в AutoCAD / Т. Н. Климачева. – М. : ДМК Пресс, 2007. – 464 с.
- 2 Михеев, Р. VBA и программирование в MS Office для пользователей / Р. Михеев. – СПб. : БХВ, 2006. – 384 с.
- 3 Слепцова, Л. Д. Программирование на VBA в Microsoft Office 2010 / Л. Д. Слепцова. – М. : Диалектика, Вильямс, 2010. – 432 с.
- 4 Система помощи AutoCAD 2011.

Учебное издание

Станкевич Андрей Владимирович

**СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ
AUTOCAD 2011.
ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ**

ПОСОБИЕ

Редактор *Т. П. Андрейченко*

Корректор *А. В. Бас*

Компьютерная верстка *А. А. Лысеня*

Подписано в печать . Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».
Отпечатано на ризографе. Усл. печ. л. . Уч-изд. л. 3,3. Тираж 100 экз. Заказ 206.

Издатель и полиграфическое исполнение: учреждение образования
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»
ЛИ №02330/0494371 от 16.03.2009. ЛП №02330/0494175 от 03.04.2009.
220013, Минск, П. Бровки, 6

Библиотека БГУИР