

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

Кафедра электронной техники и технологии

***СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО
ПРОЕКТИРОВАНИЯ***

Лабораторный практикум
для студентов специальностей
«Медицинская электроника»,
«Электронно-оптическое аппаратостроение»
дневной и заочной форм обучения

В 3-х частях

Часть 2

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ В AutoCAD

Минск 2005

УДК 004.4 (075.8)
ББК 32.973 я 73
С 40

Рецензент:
доцент кафедры сетей и устройств телекоммуникаций БГУИР,
канд. техн. наук А.А. Борискевич

Авторы:
В.М. Бондарик, С.В. Кракаевич, Н.Е. Казаринова, М.А. Беляцкий

Системы автоматизированного проектирования: Лаб. практикум
С 40 для студ. спец. «Медицинская электроника», «Электронно-оптическое
аппаратостроение» дневной и заочной форм обуч.: В 3 ч. Ч. 2.
Проектирование электронной аппаратуры в AutoCAD / В.М. Бондарик,
С.В. Кракаевич, Н.Е. Казаринова, М.А. Беляцкий. – Мн.: БГУИР,
2005. – 53 с.: ил.

ISBN 985-444-820-7 (ч. 2)

Часть 2-я лабораторного практикума включает в себя руководство по работе с пакетом AutoCAD при автоматизированном проектировании электронной аппаратуры: двух- и трехмерное моделирование деталей, создание чертежей в соответствии с нормативно-технической документацией на печатные платы и электронные блоки с использованием информации, полученной при проектировании печатных плат в P-CAD.

Практикум предназначен для закрепления и углубления теоретических знаний, совершенствования практических навыков в области автоматизированного проектирования электронной аппаратуры на ПЭВМ.

УДК 004.4 (075.8)
ББК 32.973 я 73

Часть 1: Бондарик В.М., Криштапович А.М. Системы автоматизированного проектирования: Лаб. практикум ... в 3 ч. Ч. 1: Проектирование печатных плат в P-CAD 2001. – Мн.: 2004.

ISBN 985-444-820-7 (ч. 2)
ISBN 985-444-577-1

© Коллектив авторов, 2005
© БГУИР, 2005

Система автоматизированного проектирования AUTOCAD. КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Назначение и возможности

AutoCAD – универсальная система автоматизированного проектирования (САПР) фирмы Autodesk (США), завоевавшая наибольшую популярность во всем мире – 76 % пользователей работают в AutoCAD. Многие предприятия в разных странах обмениваются между собой чертежами в формате AutoCAD *.dwg. Основным достоинством AutoCAD является доступность для создания на его базе мощных специализированных расчетно-графических пакетов. Система AutoCAD позволяет разрабатывать двухмерные (плоские) чертежи и рисунки, а также разрабатывать и моделировать каркасные, полигональные (поверхностные) и объемные (твердотельные) конструкции в различных областях человеческой деятельности (техника, строительство и архитектура, швейное производство и т.п.).

В данном лабораторном практикуме будет рассмотрен пакет AutoCAD 2000/2000i/2002/2004. Все эти версии системы AutoCAD связаны между собой единым форматом хранения данных и предназначены для работы в среде операционной системы Windows. Система AutoCAD 2002/2004 может использоваться в локальном или сетевом варианте.

Большим преимуществом системы AutoCAD является возможность последующего формирования электронного архива чертежей. Каждый из созданных таким образом файлов рисунков легко редактируется, что позволяет быстро получать чертежи-аналоги по чертежам-прототипам. Для облегчения процесса выпуска проектной документации можно разрабатывать "библиотеки стандартных элементов". В качестве стандартных элементов могут выступать как целые файлы, так и их отдельные части. Начиная с AutoCAD 2002, в систему включены специальные средства для контролирования стандартов предприятий, позволяющих управлять слоями, стилями и т.п. Мощным дополнением к этому является возможность использования языков программирования. Система AutoCAD имеет встроенный компилятор языка AutoLISP, который позволяет пользователю расширить возможности системы, а также средства разработки приложений на языке программирования СИ.

Пакет AutoCAD 2002/2004 позволяет работать одновременно с несколькими чертежами, имеет мощные средства визуализации создаваемых трехмерных объектов и расширенные возможности адаптации системы к требованиям пользователя, обеспечивает связь графических объектов с внешними базами данных, позволяет просматривать и копировать компоненты чертежа без открытия его файла, редактировать внешние ссылки и блоки, находящиеся во внешних файлах, и многое другое.

Требования к компьютеру различны в зависимости от версии программного обеспечения. Для каждой более поздней версии AutoCAD требования к компьютеру ужесточаются. Так, для AutoCAD 2000 необходим процессор не хуже P 133, рекомендуемый объем памяти – 64 Мб (минимальный – 32 Мб),

жесткий диск – не менее 130 Мб свободного пространства, 50 Мб свободного дискового пространства в системном каталоге, не менее 64 Мб в файле подкачки. Сама система проектирования занимает порядка 150–190 Мб (в зависимости от варианта установки). Необходимо наличие мыши, монитор SVGA с разрешением не хуже 800x600. Для AutoCAD 2004 необходим компьютер не ниже Pentium III с процессором 500 МГц, оперативной памятью 256 Мб, винчестером 2 Гб; на винчестере надо иметь свободными 350 Мб под программное обеспечение и не менее 250 Мб для временных файлов, которые система образует во время сеансов работы. Для установки версии AutoCAD 2004 рекомендуется одна из следующих операционных систем: Windows 2000; Windows XP; Windows NT 4.0 (с обновлением Service Pack 6a или более поздним).

Общие принципы работы с AutoCAD

В данном пособии будут рассмотрены только специфические особенности работы с командами и графическим интерфейсом AutoCAD.

Загрузка AutoCAD. Запуск системы осуществляется с помощью двойного щелчка левой кнопки мыши по ярлыку  либо с использованием меню *Start* (*Пуск*) рабочего стола *Windows*. При этом на экране появляется окно *Startup*, в котором можно выбрать вариант начала работы с пакетом: *Open a Drawing* (*Открытие рисунка*); *Start from Scratch* (*Простейший шаблон*); *Use a Template* (*По шаблону*); *Use a Wizard* (*Вызов мастера*). При выборе режима *Use a Template* пользователь имеет возможность и ему рекомендуется начинать работу не с нуля, а с каким-то наполнением нового рисунка: рамками, штампами, другими линиями или установками.

На рис. 1 представлен вид рабочего окна AutoCAD. Цифрами обозначено: 1 – главное меню программы и панели инструментов; 2 – панель слоев; 3 – графическая область (область построений); 4 – горизонтальная и вертикальная полосы прокрутки чертежа на экране; 5 – диалог командной строки; 6 – строка состояния (включает в себя текущие координаты и индикаторы инструментов). AutoCAD относится к программам со стандартным интерфейсом, поэтому не составляет большого труда догадаться, например, что в главном меню (называемым иногда еще выпадающим) перечислены все функции программы. Однако существуют специализированные элементы интерфейса (например командная строка), которые являются новинкой для пользователя. Такие элементы будут описаны ниже.

Командная строка представляет собой средство диалога пользователя и программы. Когда пользователь вызывает команду (либо из главного меню программы, либо нажимая соответствующую пиктограмму на панелях), в командную строку автоматически вводится название команды.

Команды являются важнейшими элементами графического пользовательского интерфейса AutoCAD, поскольку все изменения в системе происходят в результате выполнения той или иной команды. В AutoCAD 2000/2004 существует более 800 команд.

Для большинства приложений Windows стандартным способом ввода команды является манипуляция с системным или контекстным меню. Способы ввода команд в AutoCAD следующие: с помощью системного меню; контекстных меню; панели инструментов; командной строки.

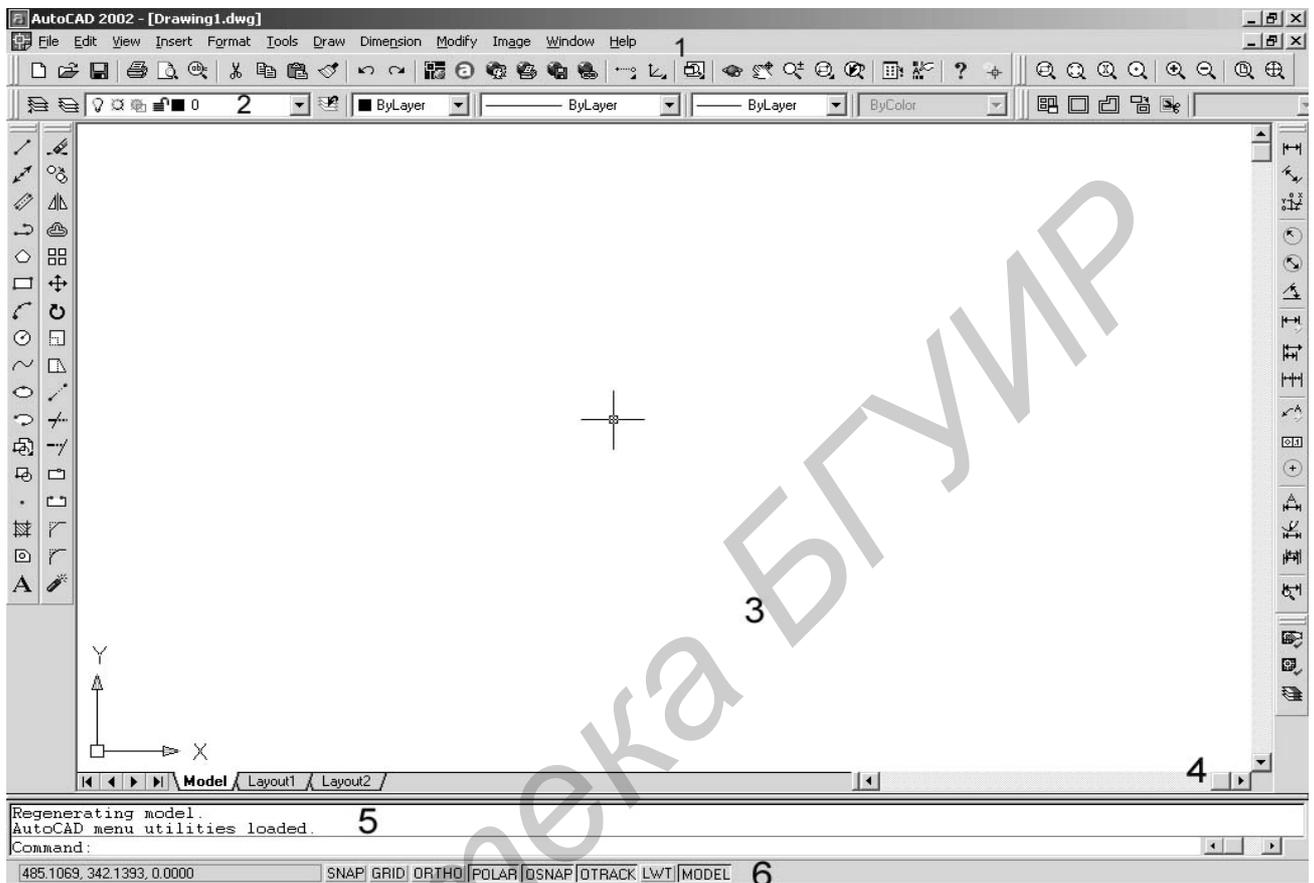


Рис. 1. Вид рабочего окна AutoCAD

Практически у каждой команды есть либо опции, либо требуется вводить дополнительную информацию (например координаты точек). В этом случае пользователь должен прочесть вопрос, который появляется в диалоге командной строки, и адекватно ответить на него. До этого момента нельзя начинать новую команду и выходить из программы, иначе данная команда будет прервана. В современных версиях AutoCAD нет необходимости вводить вручную опции команд. Есть возможность назначить появление контекстного меню опций команды при нажатии правой кнопки мыши.

Верхняя строка экрана состоит из надписей: *File* (Файл) – меню работы с файлами; *Edit* (Правка) – меню команд редактирования; *View* (Вид) – меню команд для управления экраном; *Insert* (Вставка) – меню команд для вставки объектов; *Format* (Формат) – меню команд для управления слоями, цветом, типом линии и стилями; *Tools* (Сервис) – меню команд для управления системой, установки системы координат; *Draw* (Рисование) – меню команд для рисования графических примитивов; *Dimension* (Размеры) – меню команд для простановки размеров; *Modify* (Редактирование) – меню команд изменения (редактирования) элементов чертежа; *Window* (Окно) – меню команд работы с

окнами; *Help* (Справка) – вызов справочной системы. Эта строка содержит наименования выпадающих меню, раскрыть любое из которых можно, выбрав с помощью мыши соответствующее имя меню. Меню AutoCAD настраиваемое, поэтому в зависимости от версии AutoCAD и настроек в меню могут присутствовать некоторые дополнительные пункты.

Графический экран снизу обрамляют кнопки вкладок Model (Модель), Layout 1 (Лист 1) и Layout 2 (Лист 2). Вкладки используются при переключении между пространствами модели и листа.

Ниже от зоны командной строки (5) находится строка состояния, в которой расположены счетчик координат и прямоугольные кнопки (6) следующих режимов: **SNAP** (ШАГ) включает / выключает невидимую координатную сетку привязки; **GRID** (СЕТКА) визуализирует координатную сетку на экране; **ORTHO** (ОРТО) ограничивает перемещения курсора только ортогональными перемещениями в текущей пользовательской системе координат; **POLAR** (ОТС-ПОЛЯР) включает полярную систему координат, **OSNAP** (ПРИВЯЗКА) привязывает создаваемый объект к конкретным точкам существующих объектов; **OTRACK** (ОТС-ПРИВ) позволяет вычерчивать отрезки прямых линий от характерных точек существующих объектов под заданными углами, **LWT** (ВЕС) указывает реальную толщину линий на экране; **MODEL** (МОДЕЛЬ) переключает из пространства модели в пространство листа.

Редактировать режимы отображения информации на экране можно с помощью диалогового окна **Drafting Settings** (рис. 2). Счетчик координат служит для ориентировки на поле чертежа – он изменяет свое трехкоординатное значение при движении указателя мыши по графическому экрану. Счетчик может быть отключен с помощью функциональной клавиши <F6>.

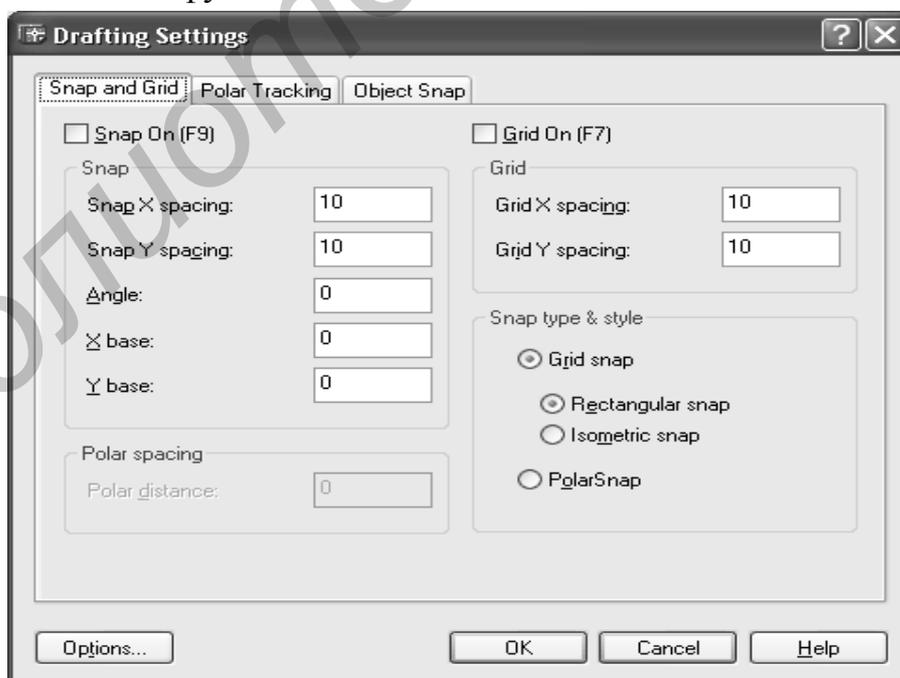


Рис. 2. Диалоговое окно **Drafting Settings**, вкладка Snap and Grid

Основным элементом пользовательского интерфейса являются кнопки панелей инструментов. Панели инструментов могут быть: плавающими (float) или

закрепленными (dock) с фиксированным месторасположением. В AutoCAD 2000/2000i/2002/2004 существует более 20 различных панелей инструментов. При первой загрузке системы на экране присутствует всего четыре: **Standard** (Стандартная), **Object Properties** (Свойства объектов), **Draw** (Рисование) и **Modify** (Редактирование). При необходимости пользователь может: вызывать на экран остальные панели инструментов; скрывать; модифицировать; создавать новые и вообще удалять панели из системы.

Если на командных кнопках стандартной панели в нижнем правом углу имеются небольшие **треугольные стрелки**, то такие кнопки соответствуют нескольким командам. Если навести на такую пиктограмму мышью и, нажав левую клавишу, удерживать ее некоторое время, то появится панель инструментов, называемая **Toolbar Flyout** (Выносная), содержащая различные варианты исполнения выбранной команды.

Средства организации чертежа. Задание координат в AutoCAD. В AutoCAD ввод координат возможен в виде **абсолютных** и **относительных** координат. Ввод абсолютных координат возможен в следующих форматах: прямоугольных (декартовых) координат (X, Y); полярных координат $r < A$, где r – радиус, а A – угол от предыдущей точки, заданный в градусах против часовой стрелки. Относительные координаты задают смещение от последней введенной точки. При вводе точек в относительных координатах можно использовать любой формат записи в абсолютных координатах: @ds, dy – для прямоугольных; @r<A – для полярных.

В трехмерном пространстве вместо полярных координат двумерного пространства используются **цилиндрические** (точка определяется расстоянием от начала координат вдоль направления, заданного углом относительно оси X, и значением Z вдоль перпендикуляра к плоскости XY) и **сферические** (точка определяется расстоянием от начала координат вдоль направления, заданного углом относительно оси X, и углом относительно плоскости XY) координаты. После первой загрузки системы в левом нижнем углу появляется пиктограмма **WCS** (*World Coordinate System* – мировая система координат) (рис. 3). Она направлена следующим образом: ось OX – слева направо, ось OY – снизу вверх, ось OZ – перпендикулярно экрану.

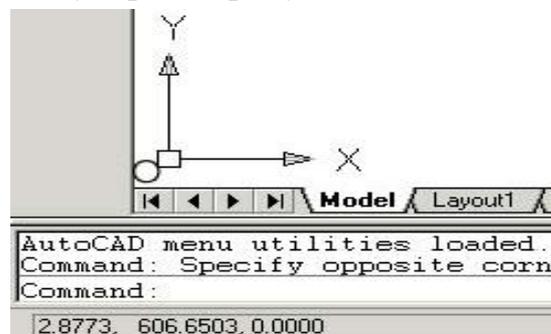


Рис. 3. Пиктограмма системы координат

Для удобства работы может быть определена **UCS** (*User Coordinate System* – пользовательская система координат), которую можно сдвинуть и / или повернуть под любым углом относительно **WCS**. Таких систем координат

одновременно может существовать несколько, и в любой момент возможен переход из одной в другую. Переключение между режимами отображения значений координат – **Control-D**.

В AutoCAD имеется возможность установить **полярный (POLAR)** и **ортогональный (ORTHO)** режимы работы. **Ортогональный** режим является частным случаем **полярного**, при его установке линии направлены вдоль осей координат под углом 0, 90, 180 или 270 °. Это бывает удобно использовать при редактировании, создании новых видов, параллельном переносе и т.п. Если значения координат точки вводятся с клавиатуры, то они получают более высокий приоритет и воспринимаются системой независимо от установки этого режима.

Существует два вида привязки координат: **шаговая привязка (SNAP)** – привязка координат к узлам невидимой сетки; **объектная привязка (OSNAP)** – привязка координат к различным точкам уже созданных объектов. Переход между активными режимами привязки осуществляется с помощью клавиши **Tab**. Невидимую сетку можно сделать видимой при помощи команды **GRID**. Шаг видимой на экране вспомогательной сетки не обязательно должен совпасть с сеткой шаговой привязки.

Объектная привязка (**OSNAP**) позволяет задавать новые точки относительно характерных точек уже существующих геометрических объектов.

Управление объектной привязкой осуществляется из диалогового окна **Drafting Settings**, закладка Object Snap, которое вызывается одним из следующих способов: используя меню *Tools => Drafting Settings*; с помощью мыши подвести курсор на кнопку **OSNAP** или **OTRACK**, находящуюся в статусной строке, и по нажатию правой кнопки выбрать *Settings*, используя контекстное меню, которое вызывается щелчком правой кнопки мыши при нажатой клавише **Shift**.

В AutoCAD возможно использование многослойной организации чертежа. Каждый слой имеет свое **имя** (имя слоя может содержать до 255 символов) и характеризуется **цветом, типом и толщиной линий**, которые устанавливаются для **всех объектов, принадлежащих слою**. Слои используются для размещения на них отдельных объектов чертежа. Так как слои можно включать / выключать, то тем самым можно легко управлять содержимым чертежа. Созданием, удалением и редактированием свойств слоев управляет **Layer Properties Manager** (Диспетчер свойств слоев) (рис. 4).

У слоев различают следующие свойства: состояние включения / выключения; состояние заморозки на всех видовых экранах; состояние блокировки; цвет графических объектов; тип линий графических объектов; вес линий (толщина в мм); признак печатаемости / непечатаемости.

Включение / выключение слоя производится в том случае, если необходимо временно убрать с чертежа все объекты, содержащиеся на данном слое.

Признак заморозки на всех видовых экранах применяется при оформлении бумажных чертежей.

Блокировка слоя применяется для того, чтобы защитить объекты, принадлежащие этому слою, от случайного удаления. При попытке удалить объект выдается сообщение о том, что слой заблокирован и удаление невозможно.

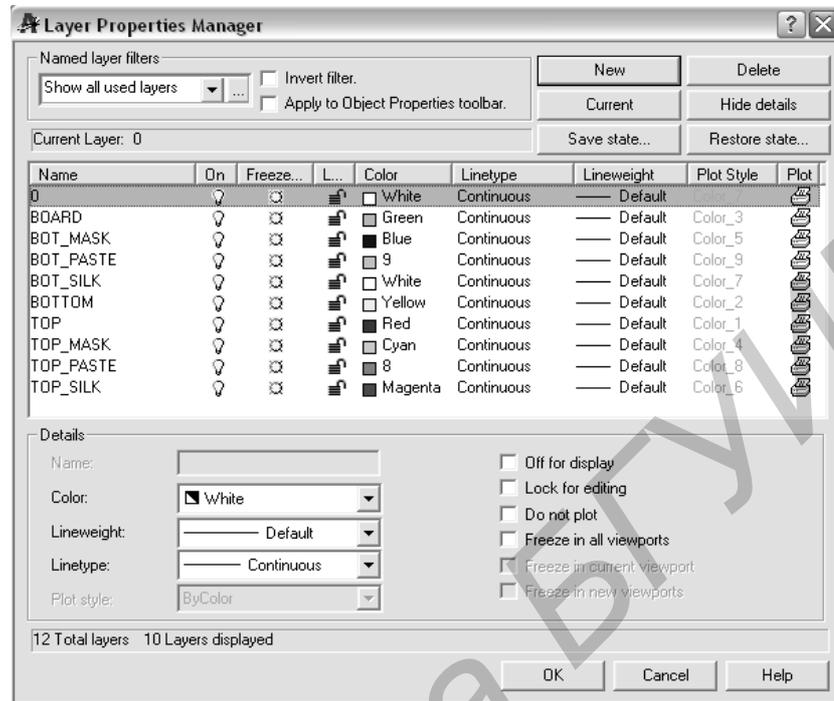


Рис. 4. Диспетчер свойств слоев (**Layer Properties Manager**)

Цвет назначается обычно для того, чтобы различать линии разных слоев. При печати такого чертежа, если не пользоваться специальными установками печати, цвет будет выводиться на печать, что недопустимо по ЕСКД.

Вес линий в мм характеризует толщину графических объектов при выводе на печать. При создании новых слоев в поле «Вес линий» может стоять значение «Обычный». Это значит, что толщина равна 0,25 мм.

Печатаемость / непечатаемость слоя применяется в случае, если данный слой содержит служебную информацию (например видовые экраны), которая не должна присутствовать на печати.

Информация о текущем слое представлена на панели **Object Properties** (Свойства объектов) (рис. 5). Пиктограмма 1 служит для вызова «Диспетчера свойств слоев» и запускает команду возврата к предыдущему состоянию слоев. Справа от панели «Слой» (2) находится панель «Свойства», которая содержит три раскрывающихся списка: «Цвет» объекта (3), «Тип линии» объекта (4) и «Толщина линии» объекта (5).

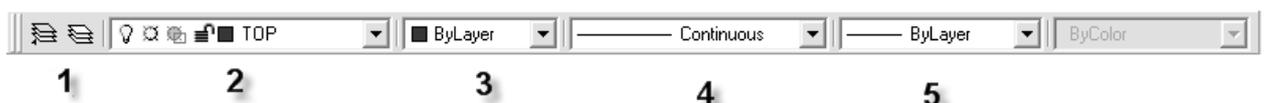


Рис. 5. Вид инструментальной панели **Object Properties** (Свойства объектов)

В раскрывающемся списке 2 представлен текущий слой (если не выбрано ни одного объекта). Если в данный момент выбраны объекты, содержащиеся на

команды **LINE** необходимо нажать клавишу <Enter> или поместить указатель мыши внутрь графического экрана и нажать правую кнопку мыши. При этом на месте, где находился конец указателя, появится контекстное меню, содержание которого зависит от выполняемой в данный момент команды.

Одной командой **LINE** можно нарисовать один или несколько последовательно расположенных отрезков. Признаком окончания команды является нажатие клавиши <Enter> или ввод опции замыкания – символа **C**.

Прерывание команды с помощью клавиши <Esc> или пункта **Cancel** контекстного меню также завершит эту команду. По любому из построенных отрезков можно с помощью команды **LIST** (СПИСОК) получить справочную информацию: координаты концов, угол наклона и т.п.

Способы ввода координат точек. В AutoCAD возможен ввод координат точки с клавиатуры (*первый способ*) и с помощью мыши (*второй способ*). При вводе координат с клавиатуры запятая является разделителем между абсциссой и ординатой, а точка используется как разделитель между целой и дробной частью числа. *Третий способ* ввода точек – это относительный ввод с клавиатуры в декартовых или полярных координатах, например: **@50,25**.

Четвертый способ ввода точек – это указание с помощью функций объектной привязки. Доступ к функциям объектной привязки осуществляется либо через панель **Object Snap** (Объектная привязка) (рис. 7), либо через контекстное меню.



Рис. 7. Панель **Object Snap** (Объектная привязка)

В этой панели собраны следующие кнопки:

-  – использование отслеживания с помощью промежуточной точки;
-  – смещение от другой (вспомогательной) точки;
-  – конечная точка;
-  – средняя точка;
-  – точка пересечения двух объектов или их продолжений;
-  – точка мнимого пересечения двух объектов или их продолжений;
-  – точка продолжения;
-  – центр дуги, окружности или эллипса;
-  – точка квадранта дуги, окружности или эллипса (это точки, расположенные на 0, 90, 180 и 270 °);
-  – точка касания;
-  – перпендикулярно объекту;
-  – параллельно объекту;



– точка вставки текста, блока, внешней ссылки;



– узловая точка;



– ближайшая к объекту точка;



– без использования объектной привязки;



– настройка постоянных режимов привязки.

Примитив-точка. Для построения точки используется команда **POINT** (ТОЧКА), которая, помимо набора на клавиатуре, может быть вызвана из панели **Draw** (Рисование) с помощью кнопки  или из падающего меню, если применить команду **Draw | Point | Single Point** (Рисование | Точка | Одиночная). Построенные заранее точки могут затем быть использованы другими командами.

Если системные переменные $PDMODE = 0$ и $PDSIZE = 0$, то точка отображается в виде одного пиксела (т.е. одной точки экрана), что чаще всего неудобно. Поэтому в падающем меню **Format** (Формат) есть пункт **Point Style** (Отображение точек), который вызывает диалоговое окно **Point Style** (Отображение точек), в котором выбирается условное обозначение точки. Точки могут быть использованы для построений новых объектов с помощью функции объектной привязки **Node** (Узел), при этом сами точки очень часто называются узловыми.

Например, пусть необходимо построить отрезок, у которого концы являются ранее созданными узловыми точками. Для этого вызовем команду **LINE** (ОТРЕЗОК) и на запрос **Specify first point** (Первая точка) с помощью левой кнопки мыши выберем кнопку  (**SNAP TO NODE** (Привязать к узлу)) панели **Object Snap** (Объектная привязка). Затем устанавливаем указатель мыши на первую узловую точку (обнаружив ее, AutoCAD обводит точку кружком). После этого опять обращаемся к функции объектной привязки **Node** (Узел) и указываем вторую узловую точку. Отрезок между заданными узлами построен.

Луч – это примитив, бесконечный в одну сторону и начинающийся в некоторой точке. Для его построения служит команда **RAY** (ЛУЧ). Команда может быть введена с клавиатуры или вызвана с помощью пункта **Ray** падающего меню **Draw** (Рисование). Применяется для дополнительных построений.

Прямая, в отличие от отрезков и лучей, – это бесконечные в обе стороны линии. Для их построения используется команда **XLINE** (ПРЯМАЯ), которая может быть введена с клавиатуры, из падающего меню **Draw** (Рисование) или кнопкой . Также применяется для дополнительных построений.

Окружность. Рисование окружностей (кругов) выполняется командой **CIRCLE** (КРУГ). Команду можно вызвать из панели **Draw** (Рисование)

кнопкой  или из падающего меню **Draw** (Рисование).

Дуга. Для построения дуги используется команда **ARC** (ДУГА). Команда может быть введена с клавиатуры, вызвана из панели инструментов **Draw** (Рисование) с помощью кнопки  или из падающего меню **Draw** (Рисование), в котором подменю *Arc* (Дуга) имеет одиннадцать пунктов для уточнения способов построения дуги.

Полилиния – это сложный примитив, состоящий из одного или нескольких связанных между собой прямолинейных и дуговых сегментов. Полилиния обрабатывается как единое целое (например при редактировании или удалении). Для рисования полилинии служит команда **PLINE** (ПОЛИЛИНИЯ), которая, помимо ввода с клавиатуры, может быть вызвана с помощью кнопки  или пункта *Polyline* (Полилиния) падающего меню **Draw** (Рисование).

Полилиния – один из немногих объектов, которые могут иметь ненулевую ширину. Ширина, заданная для предыдущей полилинии, запоминается и предлагается в качестве ширины по умолчанию для следующей полилинии. Поэтому AutoCAD информирует вас о том, с какой шириной система будет строить новую полилинию. В любой момент можно от режима рисования прямолинейных сегментов перейти к режиму рисования дуговых сегментов и наоборот. Также в любой момент можно задать новую ширину или полуширину для следующего сегмента полилинии.

Особенности полилинии по сравнению с простыми примитивами:

- полилиния является единым объектом, что удобно для операций удаления или редактирования (например построения параллельной линии);
- полилиния удобна для рисования жирных линий чертежа;
- переменная ширина сегментов полилинии может быть использована для графических эффектов (построения стрелок и т. п.).

Полилинии специального вида. В системе AutoCAD есть несколько команд рисования таких объектов, как прямоугольники, правильные многоугольники, кольца и линии правки, каждый из которых на самом деле является полилинией. Вычерчивание прямоугольников осуществляет команда **RECTANG** (ПРЯМО-УГ). Команда может быть введена с клавиатуры или вызвана с помощью кнопки  панели **Draw** (Рисование) или с помощью пункта *Rectangle* (Прямоугольник) падающего меню **Draw** (Рисование).

Команда **POLYGON** (МН-УГОЛ) рисует правильный многоугольник либо по конечным точкам одной стороны, либо по точке центра и радиусу вписанной или описанной окружности. Команда может быть вызвана с помощью кнопки  панели **Draw** (Рисование) или с помощью пункта *Polygon* (Многоугольник) падающего меню **Draw** (Рисование).

Кольцо рисуется командой **DONUT** (КОЛЬЦО) и представляется полилинией с шириной, подобранной по внутреннему и внешнему диаметрам кольца.

Команда, помимо ввода с клавиатуры, может быть вызвана с помощью пункта *Donut* (Кольцо) падающего меню **Draw** (Рисование).

Новая команда, появившаяся в системе AutoCAD 2004, - **REVLOUD**. Эта команда рисует замкнутую полилинию в форме облака.

Мультилиния – это объект, состоящий из пучка ломаных, параллельных друг другу линий. Количество линий, входящих в мультилинию, составляет от 2 до 16. Мультилиния может обладать дополнительными свойствами, к которым относятся промежуточные стыки, торцы, скругления и заливка. Построение мультилиний выполняется командой **MLINE** (МЛИНИЯ). Команда может быть введена с клавиатуры или вызвана с помощью пункта *Multiline* (Мультилиния) падающего меню *Draw* (Рисование).

Эллипс – это геометрическое место точек, сумма расстояний до которых от двух фиксированных точек (фокусов) постоянна. Создание эллипсов и эллиптических дуг выполняется в системе AutoCAD с помощью команды **ELLIPSE** (ЭЛЛИПС), которая, помимо ввода с клавиатуры, может быть

вызвана кнопкой  панели **Draw** (Рисование) или пунктом падающего меню *Draw | Ellipse | Axis, End* (Рисование | Эллипс | Ось, Конец).

Сплайн. Команда **SPLINE** (СПЛАЙН) позволяет чертить сплайн – гладкую линию, которая точно проходит через заданные точки или отклоняется от них в рамках допуска и может удовлетворять условиям касания в начальной, конечной или обеих точках. Команда, помимо ввода с клавиатуры, может быть вызвана с помощью кнопки  панели **Draw** (Рисование) или пункта *Spline* (Сплайн) падающего меню *Draw* (Рисование). Сплайны могут применяться при оформлении чертежа в качестве линий разрыва, определения границ местных разрезов и сечений и т.п.

Надписи могут быть созданы с помощью команд **TEXT** (ТЕКСТ) или **MTEXT** (МТЕКСТ). В первом случае создается однострочный текст, во втором – мультитекст (многострочный текст). У команды **TEXT** есть синоним – команда **DTEXT** (ДТЕКСТ). Команда **ТЕКСТ**, создающая простые надписи, помимо клавиатуры, может быть вызвана кнопкой  панели инструментов **Text** (Текст) (рис. 8), а также из падающего меню *Draw* (Рисование), где в подменю *Text* (Текст) есть пункт *Single Line Text* (Однострочный текст).



Рис. 8. Панель инструментов **Text** (Текст)

Если в текст нужно вставить специальные знаки (например диаметр) или получить подчеркнутые или надчеркнутые символы, то при вводе текста можно использовать следующие управляющие коды, начинающиеся с двух символов процента:

- %%nnn – вставка символа с номером nnn (nnn заменяет три цифры) в текущей таблице кодировки символов, используемой как основной в графических приложениях для Windows (например, %%193 – это символ с номером 193, т. е. "Б");
- %%o — включение / отключение надчеркивания;
- %%u — включение / отключение подчеркивания;
- %%d — вставка символа градуса "°";

- %%p — вставка символа плюс-минус "±";
- %%c — вставка символа диаметра;
- %%% — вставка символа процента "%".

Режимы надчеркивания и подчеркивания могут действовать в надписи одновременно.

Команда **МТЕХТ** (МТЕКСТ) позволяет нанести на чертеж целые абзацы достаточно длинного текста (образующийся при этом примитив называется мультитекстом, или многострочным текстом), с возможностями выравнивания и редактирования, приближающимися к возможностям таких текстовых процессоров, как *Microsoft Word*. Команде соответствуют кнопка  в панелях **Draw** (Рисование) и **Text** (Текст), а также пункт падающего меню *Draw | Text | Multiline Text* (Рисование | Текст | Многострочный текст). Команда **МТЕХТ** (МТЕКСТ) при старте информирует об имени действующего текстового стиля и просит указать первую из двух точек, определяющих границы зоны мультитекста по ширине. Нижний предел по высоте при этом не фиксируется и сдвигается автоматически по мере ввода текста. После указания точек раскрывается окно редактора мультитекста. Перед вводом текста необходимо установить нужный стиль или задать внестилевое оформление с помощью имени шрифта и размера букв, а также выбрать цвет букв. Если в процессе ввода понадобится сменить настройки (имя шрифта, цвет и т. д.), то можно выделить левой кнопкой мыши участок текста и изменить его форматирование. Имена шрифтов имеют слева пометки в виде значка  (это стандартные SHX-шрифты AutoCAD) или  (шрифты Windows типа True Type). Не все шрифты могут воспроизводить русские буквы, поэтому требуется предварительный анализ шрифтов перед их практическим использованием. Шрифты, имена которых заканчиваются на **Cyr**, всегда подходят для русского текста.

Кнопка  позволяет управлять написанием дробей и индексов. Числитель и знаменатель дроби могут либо разделяться горизонтальной чертой, либо ничем не разделяться (по типу допуска), либо разделяться наклонной чертой. Перед тем как воспользоваться кнопкой дроби, нужно выделить мышью участок текста, в котором будущие числитель и знаменатель разделены одним из символов: /, ^ или #. Затем нужно щелкнуть по указанной кнопке.

Применение данной кнопки к выделенному участку текста, уже имеющему вид дроби, возвращает этот участок к неформатированному виду. Для получения верхнего или нижнего индекса можно воспользоваться средством форматирования дроби с помощью специального символа **A**.

При создании многострочного текста задается межстрочный интервал фиксированным численным значением или в долях от одинарного интервала. Величина одинарного межстрочного интервала обозначается буквой *x* и равна высоте символов, умноженной на 1,66. Поэтому значение межстрочного интервала можно ввести как число с суффиксом *x* (например 1,5 *x*, что соответствует полуторному интервалу) или просто как число (например 2,25,

что соответствует 2,25 от высоты символов). Значения должны находиться в диапазоне от 0,0833 (0,25x) до 1,3333 (4x). Сочетание правильно подобранного межстрочного интервала и позиций табуляции позволяет эффективно использовать мультитекст для заполнения таблиц (например таблицы спецификации, располагающейся на чертеже).

Размеры. Операции установки размеров, допусков и выносных линий (выносок) выполняются с помощью команд, которым соответствуют пункты падающего меню *Dimension* (Размеры) и кнопки панели инструментов ***Dimension*** (Размеры) (рис. 9).



Рис. 9. Панель инструментов ***Dimension*** (Размеры)

По умолчанию AutoCAD 2004 и AutoCAD 2002 в отличие от предыдущих версий все размеры создают ассоциативными, т.е. зависимыми от объектов, к которым данные размеры привязаны. Это означает, что при редактировании основного объекта будут автоматически изменяться и все связанные с ним размеры.

Команда **DIMLINEAR** предназначена для установки линейных размеров. Ей соответствуют кнопка  панели ***Dimension*** (Размеры) и пункт *Linear* (Линейный) падающего меню *Dimension* (Размеры).

Команда **DIMALIGNED**, которой соответствуют кнопка  панели ***Dimension*** (Размеры) и пункт *Aligned* (Параллельный) падающего меню *Dimension* (Размеры), позволяет проставить линейный размер параллельно выбранному отрезку или двум указанным точкам.

Команда **DIMORDINATE** позволяет строить выноску с установкой значения абсциссы или ординаты указываемой точки. Данной команде соответствуют кнопка  панели ***Dimension*** (Размеры) и пункт *Ordinate* (Ординатный) падающего меню *Dimension*.

Команде **DIMRADIUS** соответствуют кнопка  панели инструментов ***Dimension*** (Размеры) и пункт *Radius* (Радиус) падающего меню *Dimension*. Команда предназначена для простановки радиуса.

Команда **DIMDIAMETER** предназначена для нанесения диаметра. Ей соответствуют кнопка  панели инструментов ***Dimension*** (Размеры) и пункт *Diameter* (Диаметр) падающего меню *Dimension*.

Команда **DIMANGULAR** предназначена для простановки угловых размеров между отрезками или углового размера дуги (или части окружности). Ей соответствуют кнопка  панели инструментов ***Dimension*** (Размеры) и пункт *Angular* (Угловой) падающего меню *Dimension*.

Команда **QDIM** предназначена для быстрого создания группы однотипных размеров или для быстрого построения базовых размеров и размерных цепей.

Команда **DIMBASELINE** позволяет от одной и той же базовой точки построить несколько линейных размеров. Эта команда помимо ввода с клавиатуры может быть вызвана с помощью кнопки  панели инструментов

или пункта *Baseline* (Базовый) падающего меню *Dimension*. Команда не запрашивает положения первой выносной линии, а сразу начинает с запроса второй. В качестве базы группы базовых размеров обычно служит предыдущий линейный размер, и его первая точка становится первой точкой для следующих линейных (базовых) размеров.

Команда **DIMCONTINUE** позволяет построить группу продолжающих друг друга линейных размеров. Эта команда помимо ввода с клавиатуры может быть вызвана с помощью кнопки  панели инструментов или пункта *Continue* (Цепь) падающего меню *Dimension* (Размеры). Команда **DIMCONTINUE** начинает сразу с запроса положения второй выносной линии. Эти выносные линии можно поочередно указать в цикле. Опция **Undo** (Отменить) отменяет предыдущий шаг этой команды, а опция **Select** (Выбрать) позволяет выбрать другой линейный размер в качестве базы для построения размерной цепи.

Команда **QLEADER** строит одноименный примитив выноски, который состоит из ломаной либо гладкой выносной линии или из нескольких сегментов, начинающихся стрелкой (или другим настраиваемым символом) и заканчивающихся одной либо несколькими строками текста или мультитекста.

Команда вызывается кнопкой  панели **Dimension** (Размеры) или пунктом *Leader* (Выноска) падающего меню *Dimension* (Размеры). Окончание текста выноски – нажатие клавиши **<Enter>**.

В последних версиях системы AutoCAD выноска имеет развитый режим настройки, в который можно войти, выбрав вместо первой точки выноски пункт *Settings* (Параметры) или нажав клавишу **<Enter>**. В этом случае появляется диалоговое окно **Leader Settings** (Параметры выноски) (рис. 10).

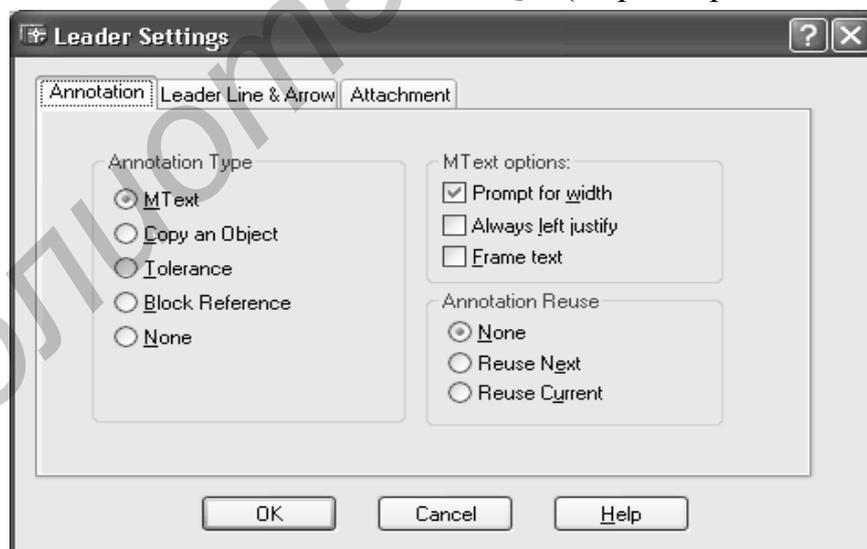


Рис. 10. Диалоговое окно **Leader Settings**, вкладка *Annotation*

Команда **TOLERANCE** (ДОПУСК) формирует обозначение допуска в виде нескольких рядов прямоугольников (от одного до четырех). Команде соответствует кнопка  панели **Dimension** (Размеры) и пункт *Tolerance* (Допуск) падающего меню *Dimension* (Размеры). Эта команда открывает диалоговое окно **Geometric Tolerance** (Допуски формы и расположения) (рис.

11). Обозначение допуска строится с помощью этого диалогового окна, четыре строки которого соответствуют четырем строкам допуска. Если создаваемое обозначение допуска должно иметь меньшее количество строк, то соответствующая строка диалогового окна не заполняется. Каждая строка диалогового окна рассчитана на максимальную длину (до 13 элементов). Поэтому если реальное обозначение допуска будет иметь меньшую длину, то ненужные элементы не заполняются, и они не включаются программой в формируемый примитив допуска.

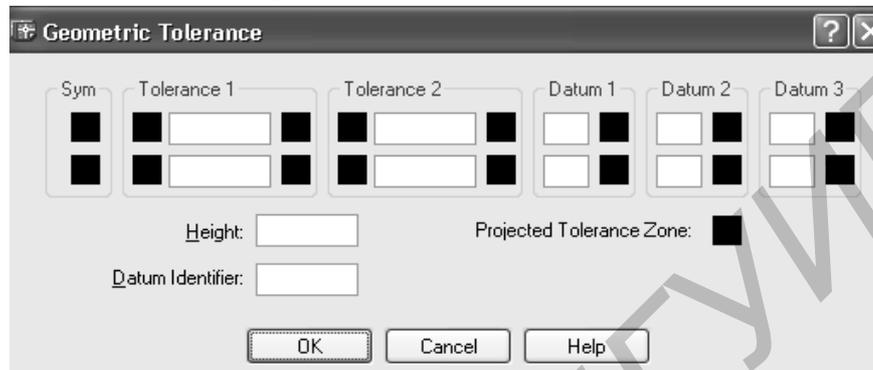


Рис. 11. Диалоговое окно **Geometric Tolerance**
(Допуски формы и расположения)

Заполнение полей в диалоговом окне выполняется следующим образом. Черные поля являются полями выбора символов из специальных окон, а белые поля – текстовые, содержимое которых заполняет пользователь. Если щелкнуть левой кнопки мыши по полю первой или второй строки раздела *Sym* (Симв), то раскроется окно **Symbol** (Символ) (рис. 12), в котором нужно выбрать один из предлагаемых вариантов.



Рис. 12. Окно **Symbol** (Символ)

Если щелкнуть левой кнопкой мыши по верхнему левому или нижнему левому черному полю, являющемуся первой частью разделов *Tolerance 1* (Допуск 1) или *Tolerance 2* (Допуск 2), то в квадрате появится символ диаметра. Такой же щелчок удаляет символ диаметра, если это поле ранее уже было заполнено. Верхнее правое или нижнее правое черное поле *Tolerance 1* (Допуск 1) либо *Tolerance 2* (Допуск 2) может быть заполнено одним из символов зависимого допуска с помощью окна **Material Condition** (Зависимый допуск) (рис. 13).

Аналогично заполняются или пропускаются остальные поля.



Рис. 13. Окно *Material Condition*
(Зависимый допуск)

Штриховка. Для штрихования замкнутых областей рисунка служит команда **HATCH**, которая вызывается либо с помощью кнопки  панели **Draw** (Рисование), либо с помощью пункта *Hatch* (Штриховка) падающего меню *Draw* (Рисование). Эта команда позволяет создать штриховку или заливку области, ограниченной замкнутой линией (линиями), как путем простого указания точек внутри контура, так и путем выбора объектов. Эта команда автоматически определяет контур и игнорирует примитивы, которые не имеют отношения к контуру. Она вызывает диалоговое окно **Boundary Hatch and Fill** (Штриховка и заливка по контуру) с тремя вкладками в левой части (рис. 14).

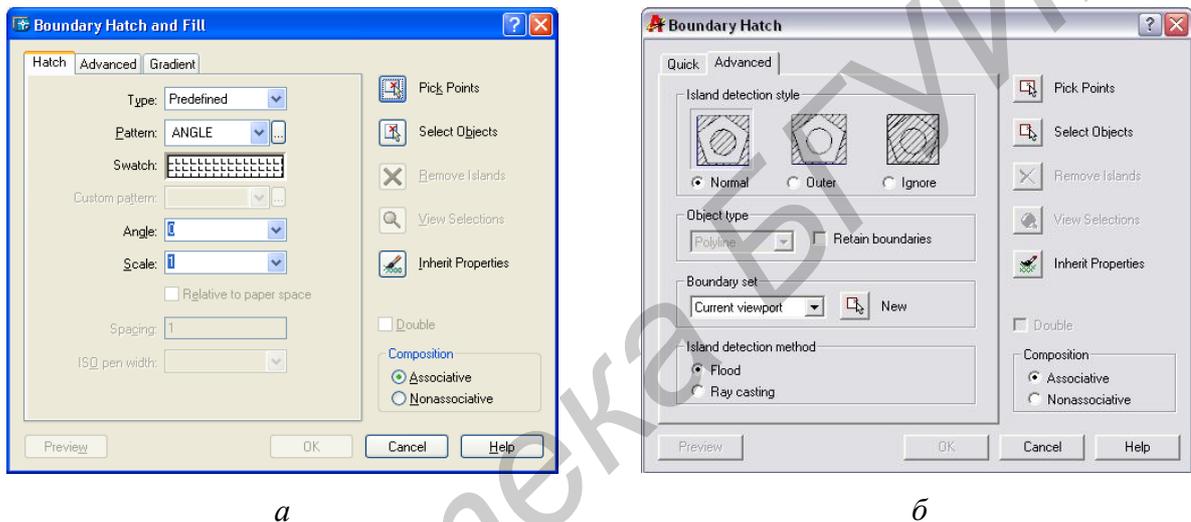


Рис. 14. Диалоговое окно **Boundary Hatch and Fill** вкладки *Hatch* AutoCAD 2004 (а) и *Advanced* AutoCAD 2000i (б)

Диалоговое окно имеет три сменяющих друг друга вкладки в левой части. Вкладка *Hatch* (Штриховка) (в версиях до AutoCAD 2004 она называлась *Quick* (Основные)) задает параметры штриховки. Заполняемая штриховкой область задается с помощью параметров в правой части этого окна. Выбирается тип штриховки, угол наклона и масштаб штриховки относительно эталонного изображения. При увеличении масштаба расстояние между линиями штриховки увеличивается, при уменьшении масштаба — уменьшается. Также должны быть заданы параметры заполняемого контура.

В версии системы AutoCAD 2004 впервые появилось целое множество заливок — градиентные заливки. Для работы с ними предназначена вкладка *Gradient* (Градиентные). В данной версии вставка нужной штриховки или заливки может быть выполнена простым перетаскиванием образца внутрь той области, которую необходимо заполнить.

Редкие примитивы. К редким примитивам могут быть отнесены полосы и фигуры.

Команда **TRACE** (ПОЛОСА) вводится только с клавиатуры и предназначена для построения полос — ломаных линий с постоянной шириной.

Команда **SOLID** (ФИГУРА) строит последовательно расположенные закрашенные четырехугольники или треугольники. Вершины фигур задаются точками в диалоговом режиме. Фигуры, построенные с помощью одной команды **SOLID**, не образуют единого объекта.

Получение справок. В процессе работы очень полезными оказываются команды получения справочной информации о создаваемых объектах. На рис. 15 показана панель инструментов **Inquiry** (Справки), содержащая кнопки следующих операций (в порядке их расположения в панели слева направо): **Distance** (Расстояние); **Area** (Площадь); **Region | Mass Properties** (Область | Масса); **List** (Список); **Locate Point** (Координаты).



Рис. 15. Панель **Inquiry** (Справки)

К этим операциям можно также обратиться с помощью подменю **Inquiry** падающего меню **Tools** (Сервис).

Редактирование графических объектов

Наиболее быстрым способом редактирования объектов в AutoCAD является использование меток – небольших квадратов в характерных точках объектов. У разных примитивов высвечиваются различные метки.

При активации текущей метки (нажатие на левую кнопку мыши) она должна сменить цвет на красный и система AutoCAD выдает сообщение о возможных действиях при редактировании объекта.

Например, для примитива **LINE** (отрезок) характерными точками являются конечные и средние точки.

У примитива **XLINE** (прямая) высвечиваются базовая точка и две точки на прямой на небольшом расстоянии от базовой. Если переносить базовую (среднюю) точку, то перемещается вся линия, а если переносить точки других ручек, то базовая точка остается на месте, но изменяется наклон прямой.

На окружности высвечивается пять меток: в центре и квадрантах (т.е. в крайней верхней, нижней, левой и правой точках). При попытке перемещения центральной метки окружность перемещается на новое место, а в случае редактирования окружности за любую из остальных меток окружность растягивается или сжимается, меняя радиус.

У примитива **ARC** (дуга) высвечиваются три метки: на концах и в середине.

Примитивы **TEXT** (текст) и **MTEXT** (мультитекст) имеют метки в тех точках, которые характеризуют положение или выравнивание текста.

Примитив **DIMENSION** имеет метки не только у базовых точек, но и на концах выносных линий и у размерного текста. Эти метки позволяют менять положение выносной линии и размерного текста (при этом общее оформление размера как единого целого сохраняется).

Команды общего редактирования

Кнопки команд общего редактирования объектов (копирование, перенос, удлинение и т. п.) расположены в панели **Modify** (Редактирование) (рис. 16).



Рис. 16. Панель **Modify** (Редактирование)

Каждую из команд, рассмотренных в данном разделе, можно ввести с клавиатуры, а также вызвать с помощью падающего меню *Modify* (Редактирование). Многие команды данной группы работают либо с набором предварительно выбранных объектов, либо при отсутствии такого набора выдают запрос *Select objects* (Выберите объекты). Остальные команды запрашивают редактируемые объекты в соответствующий момент. Кнопка , соответствующая команде **ERASE** (СТЕРЕТЬ), стирает с экрана выбранные объекты и удаляет их из рисунка.

Кнопка  команды **COPY** (КОПИРОВАТЬ) копирует выбранные объекты параллельно вектору, который задается начальной и конечной точками. Если при запуске команды выбранных объектов нет, то задается вопрос о выборе объектов. После выбора объектов нужно завершить выбор либо нажатием клавиши **<Enter>**, либо щелчком правой кнопкой мыши.

Кнопка  команды **MIRROR** (ЗЕРКАЛО) позволяет зеркально отразить (симметризовать) выбранные объекты относительно оси, которая определяется двумя точками. Рекомендуется применять при включенном режиме *ORTHO*.

Если среди симметризуемых объектов есть тексты, то в некоторых условиях они тоже отражаются относительно оси, что приводит к их нечитаемости. Для того чтобы тексты при отражении не переворачивались, нужно установить для системной переменной *MIRRTTEXT* значение 0 (вместо другого возможного значения 1). Тогда точки привязки текста симметризируются, а сам текст останется повернутым в ту же сторону, что и исходный.

Кнопка  в панели **Draw** (Рисование) соответствует команде **OFFSET** (ПОДОБИЕ). Команду можно также вызвать из падающего меню *Modify* (Редактирование) с помощью пункта *Offset* (Подобие). Команда предназначена для рисования подобных (параллельных) линий к линейным объектам (отрезкам, лучам, прямым, полилиниям, дугам, окружностям, эллипсам и сплайнам).

Кнопка  команды **ARRAY** (МАССИВ) предназначена для создания группы копий одних и тех же объектов, причем копии располагаются по определенному закону в гнездах прямоугольного или кругового массива. Команду, кроме того, можно также вызвать из падающего меню *Modify* с помощью пункта *Array*. В любом случае команда вызывает диалоговое окно **Array**, которое в левой части имеет изменяемую область. Содержимое этой

области зависит от состояния двух переключателей *Rectangular Array* (Прямоугольный массив) и *Polar Array* (Круговой массив), расположенных в верхней части окна (рис. 17).

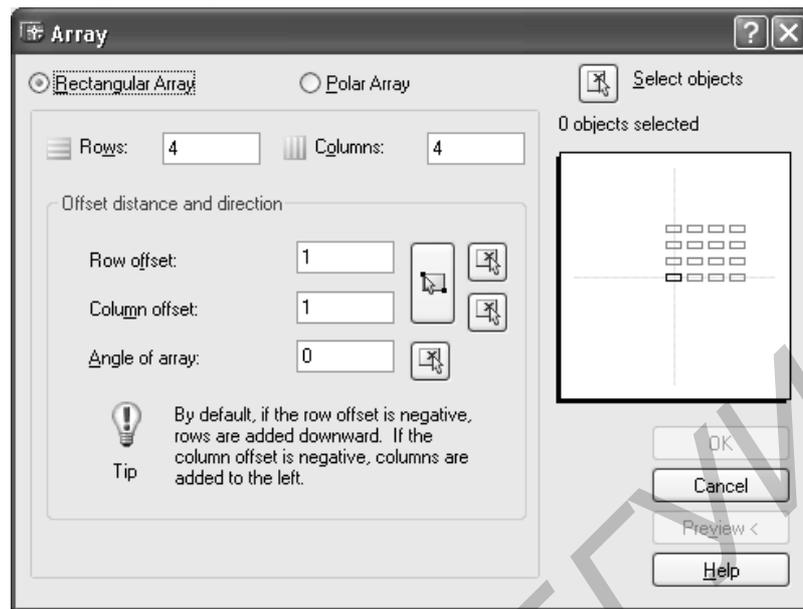


Рис. 17. Диалоговое окно **Array** с включенным переключателем *Rectangular Array*

Кнопка  соответствует команде **MOVE** (ПЕРЕНЕСТИ), которая позволяет переместить выбранные объекты параллельно вектору, заданному двумя точками. Команду можно также вызвать из падающего меню *Modify* с помощью пункта *Move* (Перенести). Запросы и действия этой команды очень похожи на запросы и действия команды **COPY**.

Кнопка  команды **ROTATE** (ПОВЕРНУТЬ) дает возможность повернуть выбранные объекты относительно базовой точки на заданный угол. Команду можно также вызвать из падающего меню *Modify* с помощью пункта *Rotate*.

Кнопка , соответствующая команде **SCALE** (МАСШТАБ), позволяет масштабировать выбранные объекты относительно базовой точки. Команду можно также вызвать из падающего меню *Modify* с помощью пункта *Scale*.

Команда **STRETCH** (РАСТЯНУТЬ), которой соответствует кнопка  панели **Modify**, предназначена для изменения формы объекта методом растяжения. Команду можно также вызвать из падающего меню *Modify* с помощью пункта *Stretch* (Растянуть). Команда обычно выполняется над полилинией (хотя она может растягивать и дуги, эллиптические дуги, сплайны и другие линейные примитивы), когда надо переместить несколько ее вершин параллельно вектору, задаваемому двумя точками, а остальные вершины полилинии надо оставить на месте и соответствующим образом преобразовать геометрию объекта. Команда **STRETCH** не применяется для набора предварительно выбранных объектов, поскольку в данном случае важно часть полилинии выбрать с помощью текущей рамки или текущего многоугольника.

Кнопка  соответствует команде **TRIM** (ОБРЕЗАТЬ), позволяющей обрезать объект (объекты) с помощью пересекающих его (их) других объектов или

удлинить его (их) до нужного объекта. Команду можно также вызвать из падающего меню *Modify* с помощью пункта *Trim*. При обрезке может происходить преобразование типов примитивов. Например, окружность может стать дугой, луч – отрезком, прямая – лучом или отрезком.

Команда **EXTEND** (УДЛИНИТЬ), которой соответствует кнопка , позволяет выбрать набор "граничных кромок", а затем указать объекты, которые удлиняются до этих кромок. Команду можно также вызвать из падающего меню *Modify* с помощью пункта *Extend*. Последовательность указания объектов очень важна, так как системе нужно различать граничные и удлиняемые объекты. Команда **BREAK** (РАЗОРВАТЬ) предназначена для разрыва объекта в двух указываемых точках. Команду можно вызвать из падающего меню *Modify* с помощью пункта *Break*. Кроме того, ей в панели инструментов **Modify** соответствуют две кнопки. Кнопка  вызывает команду **BREAK** в самом общем варианте. Кнопка  **BREAK AT POINT** (Разорвать в точке) позволяет воспользоваться вариантом команды **BREAK** в том случае, когда первая и вторая точки разрыва совпадают, но точка указания объекта не является точкой разрыва. Кнопка  вызывает команду **CHAMFER** (ФАСКА), которая выполняет операцию подрезки двух пересекающихся прямолинейных сегментов (отрезков, лучей, прямых) на заданных расстояниях от точки их пересечения (снятие фаски), строя при этом новый отрезок, соединяющий точки подрезки. Команду, кроме того, можно вызвать из падающего меню *Modify* с помощью пункта *Chamfer*. Команда выполняется как над пересекающимися, так и над непересекающимися, но непараллельными отрезками (при этом отрезки сначала удлиняются до пересечения).

Команда **FILLET** (СОПРЯЖЕНИЕ) сопрягает объекты (например отрезки, дуги и окружности) дугой заданного радиуса. Ей соответствует кнопка  панели **Modify** и пункт *Fillet* падающего меню *Modify*. Команда по своим режимам аналогична команде **CHAMFER** (ФАСКА).

Кнопка  панели **Modify**, соответствующая команде **EXPLODE** (РАСЧЛЕНИТЬ), расчленяет на более простые объекты полилинии, вхождения блоков, размеры и другие сложные объекты.

Операции редактирования текстов собраны в панели инструментов **Text** (Текст) (см. рис. 8). Для редактирования надписей предусмотрены кнопка  панели и пункт падающего меню **Modify | Object | Text | Edit** (Редактирование | Объект | Текст | Редактировать). Они вызывают команду **DDEDIT**. Другой, более простой способ вызова этой команды – двойной щелчок по однострочному тексту (при этом в рисунке не должны быть выделены другие объекты). Команда **DDEDIT** предназначена не только для редактирования текста, но и размерного текста, допусков и определений атрибутов.

Редактирование мультитекста выполняется по тем же правилам, что и создание мультитекста. Кроме того, можно выделить любой участок текста и вызвать правой кнопкой мыши контекстное меню.

Кнопка  панели **Text** вызывает команду **FIND** (НАЙТИ), которая выполняет операции поиска и замены в текстовых примитивах всего чертежа или выделенного набора объектов. Кнопка  соответствует команде **STYLE** (СТИЛЬ), создающей стили текста. Кнопка  вызывает команду **SCALETEXT**, которая позволяет масштабировать текст. Команду можно также вызвать с помощью пункта падающего меню **Modify | Object | Text | Scale** (Редактирование | Объект | Текст | Масштаб).

Команда **JUSTIFYTEXT** (ВЫРТЕКСТ), которой соответствует кнопка  позволяет, не меняя внешнего вида надписи, изменить способ ее выравнивания (например, надпись привязана за нижнюю правую точку, а вы хотите, чтобы надпись была пересоздана с опцией *Fit* (По ширине)). Команду можно также вызвать с помощью пункта падающего меню **Modify | Object | Text | Justify** (Редактирование | Объект | Текст | Выравнивание). Изменение способа выравнивания позволяет в дальнейшем редактировать надпись (даже с помощью меток), но с сохранением новых свойств.

Кнопка  соответствует команде **SPACETRANS**, которая предназначена для пересчета длин между пространствами модели и листа.

Редактирование размеров. Команда **DIMEDIT** позволяет поменять размерный текст и его местоположение, а также наклонить выносные линии. Команде соответствуют кнопка  панели **Dimension** (Размеры) и пункты подменю **Align Text** (Размерный текст) падающего меню **Dimension**.

Команде **DIMSTYLE** соответствует кнопка , которая входит как в панель **Dimension** (Размеры), так и в новую панель **Styles** (Стили). Этой же команде соответствуют пункт **Style** (Стиль) падающего меню **Dimension** и пункт **Dimension Style** (Размерные стили) падающего меню **Format**. Команда позволяет создавать и редактировать размерные стили (совокупность установок, описывающих форму размерных примитивов). Эту кнопку удобно использовать еще и для внесения отдельных изменений в оформление размеров, не редактируя размерного стиля и не создавая нового.

Размеры можно корректировать с использованием диалогового окна **Dimension Style Manager** (Диспетчер размерных стилей), открываемого командой **DIMSTYLE**. Все установки оформления размеров записываются в так называемые размерные переменные, которые сохраняются вместе с рисунком. Посмотреть их действующие значения можно, щелкнув мышью по кнопке **COMPARE** (Сравнить).

Блоки. Важным инструментом автоматизации процесса разработки чертежей и моделей является использование блоков и внешних ссылок. Блок – это сложный именованный объект, для которого создается описание, включающее любое количество примитивов текущего рисунка. Блок имеет базовую точку; может применяться для вставки в любое место чертежа, причем в процессе вставки возможен его поворот и масштабирование с различными коэффициентами по разным осям. Блок может содержать атрибуты – переменные надписи, задаваемые пользователем.

Применяются два типа блоков: *локальные* и *автономные*.

Локальные блоки входят в состав того чертежа, в котором они были созданы, и не могут быть перенесены в другой чертеж.

Автономные блоки хранятся в виде отдельного файла чертежа и могут быть использованы в других чертежах.

Для создания блока применяют команду **BLOCK** (БЛОК). Команде соответствуют кнопка  панели инструментов **Draw** (Рисование) и пункт падающего меню **Draw | Block | Make** (Рисование | Блок | Создать). Команда **BLOCK** вызывает диалоговое окно **Block Definition** (Описание блока) (рис. 18).

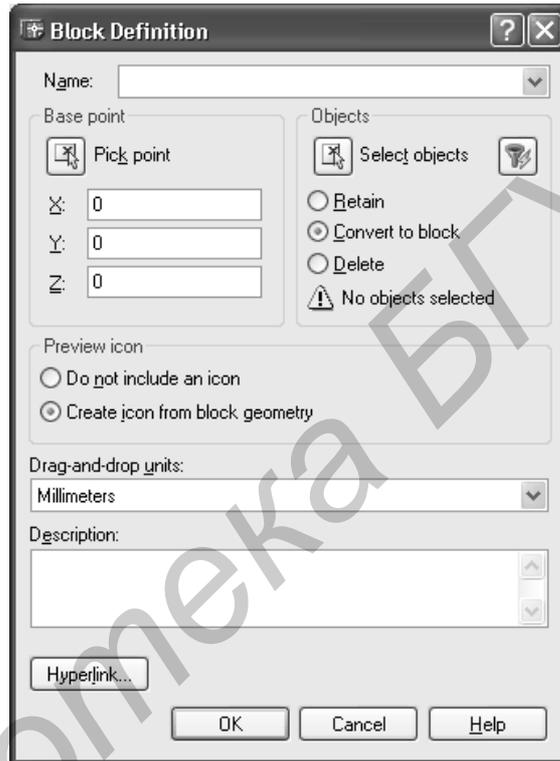


Рис. 18. Диалоговое окно **Block Definition**
(Описание блока)

Для создания блока необходимо определить на изображении **базовую** точку и выбрать объекты чертежа, подлежащие включению в блок. Базовой называется точка, используемая для вставки блока.

Способы ввода данных:

- 1) выбрать объекты на экране (*Select Object*);
- 2) выбрать объекты с помощью функций быстрого отбора AutoCAD по свойствам (*Quick Object*).

Возможные варианты выбора: с сохранением примитивов в текущем состоянии; с заменой в существующем чертеже блоком; с удалением из текущего чертежа при записи в базу данных.

Возможен предварительный просмотр процесса создания изображения блока. При создании автономного блока дополнительно задается имя и расположение файла автономного блока, а также единицы измерения, которые будут использоваться при вставке блока.

Для вставки блоков используется команда **INSERT** (ВСТАВИТЬ), которой соответствуют кнопка  панели инструментов **Draw** и пункт *Block* падающего меню *Insert* (Вставка).

Подготовка и выпуск чертежей. *Идеология создания чертежей в AutoCAD с применением видовых экранов.* Существуют два принципиально различных подхода к оформлению чертежей в AutoCAD.

Пользователи, работавшие со старыми версиями (до 14-й включительно), привыкли чертить конструкцию в масштабе, необходимом для размещения на листе. Затем виды компоновались в пространстве, помещались внутрь штампа требуемого формата и распечатывались. При этом, если в чертеже содержалось несколько листов, они размещались в пространстве произвольно относительно друг друга.

Этот путь интуитивно понятен и прост, но неудобен тем, что в разных чертежных видах применяется разный масштаб и приходится производить пересчет размеров и масштабирование фрагментов.

Начиная с версии 2000 (релиз 15) и выше, в AutoCAD был введен новый механизм оформления чертежей. Этот механизм использует такие понятия, как *пространство модели* (или *модель*), *пространство листа*, *видовой экран*, *ассоциативные размеры*.

Процесс проектирования и оформления КД можно разделить на следующие этапы:

1. Проектирование (вычерчивание) в пространстве модели конструкции в масштабе 1:1. На данном этапе проектируется конструкция и строится необходимое число видов без нанесения на них пояснительной информации и размеров. Чертежные виды могут располагаться в пространстве модели произвольно.
2. Из шаблона создается необходимое число новых листов нужного формата с штампом и основной надписью.
3. На каждом из листов создаются видовые экраны, представляющие собой чертежные виды. Для каждого видового экрана настраивается масштаб отображения и другие параметры.
4. Видовые экраны размещаются на листе и закрепляются.
5. В пространстве листа на виды наносятся ассоциативные размеры, а также наносятся все остальные элементы оформления.

К достоинствам данного способа оформления стоит отнести:

- удобство проектирования (нет необходимости чертить в масштабе; нет необходимости точно размещать чертежные виды);
- легкость размещения чертежных видов на листе;
- более «аккуратное» представление многостраничных документов (один лист – одна закладка);
- возможность сохранения для каждого листа уникальных настроек вывода на печать.

Пространство модели и пространство листа. Пространством модели называется чертежная область, предназначенная для проектирования изделия.

Ее размеры во всех направлениях не ограничены. Рекомендуется в пространстве модели чертить конструкцию в масштабе 1:1 независимо от ее габаритов. При этом все дополнительные (местные) виды чертятся также в масштабе 1:1, причем их взаимное расположение может быть произвольным.

Пространством листа называется чертежная область, предназначенная для вывода изображения на печать. Ее особенностью является то, что 1 мм пространства листа теоретически должен быть равен 1 мм на бумаге печатающего устройства. На практике получается, что почти все малоформатные принтеры имеют поля печати. Поэтому при выводе на печать имеется некоторая погрешность (уменьшение). Обычно она не превышает 5–8 %.

Видовые экраны. Видовой экран (ВЭ) представляет собой фрагмент модели, находящийся на листе. При этом для каждого видового экрана отдельно можно настроить масштаб отображения. В сущности, ВЭ является границей чертежного вида на листе. Видовые экраны бывают двух типов: прямоугольные и произвольной формы. Создание и управление ВЭ производится при помощи инструментов, представленных на панели *Viewports*. На этой панели есть также поле, отображающее масштаб для выделенного ВЭ.

Видовые экраны могут накладываться друг на друга полностью или частично. Для того чтобы границы ВЭ не выводились на печать, их следует помещать на непечатаемый слой.

Трехмерное моделирование в системе AutoCAD

Система AutoCAD 2000 / 2002 / 2004 включает в себя достаточно широкий спектр средств трехмерного моделирования. Она позволяет работать как с простейшими, примитивами, так и со сложными поверхностями и твердыми телами. Базовые типы пространственных моделей, используемых в AutoCAD, можно условно разделить на три группы:

- каркасные модели;
- модели поверхностей;
- твердотельные модели.

Каркасная модель – это совокупность отрезков и кривых, определяющих ребра фигуры. В каркасном моделировании используются трехмерные отрезки, сплайны и полилинии, которые позволяют в общих чертах определить конфигурацию изделия – построить его каркас. Данный вид работы следует рассматривать главным образом как этап вспомогательных построений для трехмерного проектирования более высокого уровня.

Поверхностная модель – это совокупность поверхностей, ограничивающих и определяющих трехмерный объект в пространстве. Моделирование поверхностей применяется для детальной отработки внешнего облика изделия. Создаваемые при этом объекты характеризуются лишь конфигурацией своей поверхности и поэтому непригодны для решения таких задач, как определение инерционно-массовых характеристик изделия или получение необходимых

изображений для оформления чертежей. Область применения данного вида моделирования – дизайн, решение задач компоновки сложных изделий. Набор средств моделирования поверхностей системы AutoCAD 2002 весьма широк и позволяет создавать пространственные объекты практически любой формы. Имеется возможность создавать следующие основные типы поверхностей: линейчатые поверхности, поверхности Кунса, поверхности Безье.

Твердотельное моделирование является основным видом трехмерного проектирования изделий машиностроения. Создаваемые в ходе такого моделирования тела воспринимаются системой как некие единые объекты, имеющие определенный объем. Твердотельное моделирование позволяет не только эффективно решать компоновочные задачи, но и определять инерционно-массовые характеристики, а также получать с пространственного объекта необходимые виды, разрезы и сечения для оформления рабочей документации. Твердотельные модели могут подвергаться различным расчетам, в том числе методом конечных элементов.

Средства твердотельного моделирования системы AutoCAD не позволяют осуществлять параметрическое моделирование. Поэтому возможности этой системы в данной области уступают возможностям таких систем, как *Autodesk Mechanical Desktop*, *Inventor* или *Solid Works*. Тем не менее AutoCAD вполне позволяет создавать твердотельные модели деталей и узлов, конфигурация которых представляет собой набор простейших форм. Серьезные сложности возникают лишь при моделировании изделий сложной неправильной формы, например литых деталей.

Помимо средств создания пространственных объектов, блок трехмерного моделирования системы AutoCAD включает в себя средства просмотра объемного изображения, визуализации и средства редактирования трехмерных объектов.

Необходимо открыть следующие панели инструментов перед началом работы: **View**→**Toolbars**→**3D Orbit**, **View**→**Toolbars**→**Shade**, **View**→**Toolbars**→**Solids**, **View**→**Toolbars**→**Solids Editing**.

Элементарными трехмерными объектами системы AutoCAD, предназначенными прежде всего для каркасного моделирования, являются отрезки, сплайны и полилинии. Первые два типа объектов создаются при помощи тех же команд **LINE** и **SPLINE**, которые используются при плоском черчении. Особенностью при их использовании в трехмерном пространстве является то, что при задании координат точек следует указывать и координату оси Z (при плоском черчении эта координата опускается). При указании точек графическим курсором следует пользоваться объектной привязкой, так как в противном случае система воспринимает указанные точки, лежащие на плоскости XY текущей системы координат. Трехмерные полилинии создаются при помощи специальной команды **3DPOLY**.

Некоторые средства построения и редактирования поверхностей указаны в табл. 1, 2, а средства построения и редактирования твердотельных объектов – в табл. 3, 4.

Моделирование поверхностей Средства построения поверхностей

Таблица 1

Команды построения поверхностей

Команда	Назначение команды	Вызов команды
3DFACE	Построение пространственных трех- и четырехугольных граней	Выпадающее меню: <i>Draw</i> → <i>Surfaces</i> → <i>3D Face</i>
AI_BOX	Построение поверхности прямоугольного параллелепипеда, основания которого параллельны плоскости XY текущей системы координат	Выпадающее меню: <i>Draw</i> → <i>Surfaces</i> → <i>3D Surfaces</i> → <i>Box3D</i>
AI_WEDGE	Построение поверхности прямой призмы («клина») с основанием в виде прямоугольного треугольника, перпендикулярным плоскости XY текущей системы координат	Выпадающее меню: <i>Draw</i> → <i>Surfaces</i> → <i>3D Surfaces</i> → <i>Wedge</i>
AI_PYRAMID	Построение поверхности треугольной или четырехугольной пирамиды или обелиска	Выпадающее меню: <i>Draw</i> → <i>Surfaces</i> → <i>3D Surfaces</i> → <i>Pyramid</i>
AI_CONE	Построение боковой поверхности кругового прямого конуса, в том числе усеченного	Выпадающее меню: <i>Draw</i> → <i>Surfaces</i> → <i>3D Surfaces</i> → <i>Cone</i>
AI_SPHERE	Построение сферы	Выпадающее меню: <i>Draw</i> → <i>Surfaces</i> → <i>3D Surfaces</i> → <i>Sphere</i>
AI_DOME	Построение верхней полусферы (поверхности купола)	Выпадающее меню: <i>Draw</i> → <i>Surfaces</i> → <i>3D Surfaces</i> → <i>Dome</i>
AI_DISH	Построение нижней полусферы (поверхности чаши)	Выпадающее меню: <i>Draw</i> → <i>Surfaces</i> → <i>3D Surfaces</i> → <i>Dish</i>
AI_TORUS	Построение поверхности тора	Выпадающее меню: <i>Draw</i> → <i>Surfaces</i> → <i>3D Surfaces</i> → <i>Torus</i>
3DMESH	Построение произвольной поверхности в виде трехмерной, состоящей из четырехугольных сегментов	Выпадающее меню: <i>Draw</i> → <i>Surfaces</i> → <i>3D Mesh</i>
AI_MESH	Построение четырехугольного участка билинейной поверхности, состоящего из набора элементарных четырехугольных сегментов	Выпадающее меню: <i>Draw</i> → <i>Surfaces</i> → <i>3D Surface</i> → <i>Mesh</i>
REVSURF	Построение произвольной поверхности вращения	Выпадающее меню: <i>Draw</i> → <i>Surfaces</i> → <i>Revolved Surface</i>
TABSURF	Построение поверхности, получаемой путем перемещения образующей вдоль	Выпадающее меню: <i>Draw</i> → <i>Surfaces</i> → <i>Tabulated</i>

Команда	Назначение команды	Вызов команды
	направляющего вектора	<i>Surface</i>
RULESURF	Построение линейчатой поверхности, заданной двумя произвольными направляющими	Выпадающее меню: <i>Draw</i> → <i>Surfaces</i> → <i>Ruled Surface</i>
EDGESURF	Построение нелинейчатой поверхности, заданной двумя парами произвольных линий, образующих замкнутый контур	Выпадающее меню: <i>Draw</i> → <i>Surfaces</i> → <i>Edge Surface</i>

СРЕДСТВА РЕДАКТИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Таблица 2

Команды редактирования поверхностей

Команда	Назначение команды	Вызов команды
EDGE	Позволяет управлять видимостью отдельных ребер элементарных сегментов поверхностей	Выпадающее меню: <i>Draw</i> → <i>Surfaces</i> → <i>Edge</i>
PEDIT	Позволяет редактировать свойства сложных поверхностей	Выпадающее меню: <i>Modify</i> → <i>Object</i> → <i>Polyline</i>
PROPERTIES	Позволяет редактировать свойства поверхностей	Выпадающее меню: <i>Modify</i> → <i>Properties</i>

Твердотельное моделирование

Средства построения твердотельных объектов

Таблица 3

Команды построения твердотельных объектов

Команда	Назначение команды	Вызов команды
BOX	Построение твердотельного прямоугольного параллелепипеда с ребрами, параллельными осям текущей системы координат	Выпадающее меню: <i>Draw</i> → <i>Solids</i> → <i>Box</i>
SPHERE	Построение твердотельного шара	Выпадающее меню: <i>Draw</i> → <i>Solids</i> → <i>Sphere</i>
CYLINDER	Построение прямого твердотельного цилиндра с осью, параллельной оси Z текущей системы координат	Выпадающее меню: <i>Draw</i> → <i>Solids</i> → <i>Cylinder</i>
CONE	Построение твердотельного конуса	Выпадающее меню: <i>Draw</i> → <i>Solids</i> → <i>Cone</i>
WEDGE	Построение твердотельной прямой призмы («клина») с основанием в виде прямоугольного треугольника, параллельным плоскости XZ текущей системы координат	Выпадающее меню: <i>Draw</i> → <i>Solids</i> → <i>Wedge</i>
TORUS	Построение твердотельного тора	Выпадающее меню: <i>Draw</i> → <i>Solids</i> → <i>Torus</i>
EXTRUDE	Построение твердотельного объекта путем "выдавливания" плоского контура	Выпадающее меню: <i>Draw</i> → <i>Solids</i> → <i>Extrude</i>
REVOLVE	Построение твердого тела вращения	Выпадающее меню: <i>Draw</i> → <i>Solids</i> → <i>Revolve</i>

Лабораторная работа № 1

Построение чертежей деталей и сборочных единиц с использованием пакета AUTOCAD

Цель работы: изучить средства двумерного моделирования и графических примитивов системы AutoCAD, а также возможности построения чертежей деталей и сборочных единиц в AutoCAD.

Пример оформления чертежа. Очень часто перед построением чертежей для получения опорных точек чертежа целесообразно выполнить дополнительные построения. Для этого следует использовать специально выделенный слой. Кроме того, различные элементы чертежа также целесообразно выполнять в различных слоях различными цветами. Исходя из этих соображений, можно рекомендовать следующую последовательность (этапы) оформления чертежа детали электронной аппаратуры:

1. Подготовительные операции.

1.1. Задать формат чертежа (поля, в котором будет создаваться изображение). Для этого необходимо выполнить команду **LIMITS** (меню *Format | Drawing Limits*) По этой команде ввести координаты левого нижнего угла чертежа и правого верхнего. Например, для формата **A3** необходимо ввести соответственно 0, 0 и 420, 297.

1.2. Установить командой **GRID** требуемую координатную сетку и режим вывода на экран координатной сетки (включить кнопку **GRID** в строке состояния). Установить привязку к узлам сетки (включить кнопку **SNAP** в строке состояния). При необходимости включить режим ортогональности (кнопка **ORTHO** в строке состояния).

1.3. Командой **ZOOM** (меню *View | Zoom*) установить требуемый масштаб изображения.

1.4. Установить слой с помощью команды **LAYER** (пункт меню *Format | Layer*). Целесообразно ввести следующие слои:

MAIN – слой для основных линий чертежа;

FINE – слой тонких линий (штриховка, резьба и т.п.);

DIM – слой для простановки размеров;

AXIS – слой осевых линий (тип линии DASH DOT – штрихпунктир);

BUILD – слой для дополнительных построений;

ATTR – слой для атрибутов.

2. Создание чертежа.

2.1. Загрузить форматку листа с использованием команды вставки блока или загрузить шаблон *.dwt.

2.2. В слое *AXIS* построить осевые линии.

2.3. В слое *BUILD* выполнить необходимые дополнительные построения для получения опорных точек чертежа.

2.4. Сделать обводку детали в слое *MAIN* с помощью команды **PLINE** с толщиной линии ~0,8 мм. При формировании основных линий обратить

внимание на формирование замкнутых контуров штриховки. После завершения формирования основных линий слой *BUILD* можно выключить.

2.5. В слое *FINE* обозначить резьбу, нанести штриховку.

2.6. В слое *DIM* нанести размеры.

2.7. Выполнить ввод текста технических требований, обозначений видов и т. п. в соответствии с нормативно-технической документацией на проектирование деталей машиностроения.

2.8. Заполнить основную надпись чертежа.

2.9. Сохранить чертеж (*File | Save*).

Порядок выполнения работы:

1. Изучить описание системы AutoCAD.
2. Получить у преподавателя задание для выполнения практической части работы (табл. 6).

Таблица 6

Варианты индивидуальных заданий

Вариант	Наименование детали	Вариант	Наименование детали
1	Радиатор пластинчатый № 1	4	Корпус электронного блока
2	Радиатор игольчатый	5	Радиатор пластинчатый № 2
3	Основание пульта	6	Крышка электронного блока

3. Выполнить настройку рабочей среды AutoCAD и сохранить шаблон в файле *.dwt.

4. Сформировать требуемые виды и изображения детали.

5. Проставить необходимые размеры на чертеже детали.

6. Добавить технические требования и оформить чертеж детали с соблюдением требований действующей нормативно-технической документации.

7. Сохранить полученный чертеж в формате *.dwg.

8. Продемонстрировать результат работы преподавателю.

9. Получить распечатку результатов выполнения работы.

10. Оформить отчет по лабораторной работе.

Содержание отчета:

1. Цель работы.

2. Результаты выполнения работы в виде распечатки чертежа детали электронной аппаратуры.

3. Электронная версия чертежа детали.

4. Выводы.

Контрольные вопросы:

1. Настройка рабочей среды AutoCAD. Создание профиля.

2. Графические примитивы в системе AutoCAD.

3. Средства организации чертежа в AutoCAD.

4. Подготовка рабочей среды в системе AutoCAD к созданию чертежа-прототипа.
5. Создание размерного стиля в системе AutoCAD.
6. Команды вычерчивания линий, многоугольников, окружностей в системе AutoCAD.
7. Нанесение штриховок в системе AutoCAD.
8. Особенности редактирования объектов в системе AutoCAD.
9. Создание, хранение и манипуляции блоками в системе AutoCAD. Виды блоков.
10. Средства вывода чертежей на бумагу в системе AutoCAD.

СРЕДСТВА РЕДАКТИРОВАНИЯ ТВЕРДОТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ

Таблица 4

Команды редактирования твердотельных объектов

Команда	Назначение команды	Вызов команды
CHAMFER	Позволяет создавать фаску (скошенную часть кромки) твердого тела	Выпадающее меню: <i>Modify → Chamfer</i>
FILLET	Позволяет скруглять внутренние и внешние углы твердого тела	Выпадающее меню: <i>Modify → Fillet</i>
SLICE	Позволяет разрезать набор тел плоскостью и при необходимости удалить отсеченные части объектов	Выпадающее меню: <i>Draw → Solids → Slice</i>
UNION	Позволяет создать новый твердотельный объект путем объединения нескольких объектов	Выпадающее меню: <i>Modify → Solids Editing → Union</i>
SUBTRACT	Позволяет создать новую область или твердотельный объект путем исключения (вычитания) аналогичных объектов	Выпадающее меню: <i>Modify → Solids Editing → Subtract</i>
INTERSECT	Позволяет создать новый твердотельный объект, который является общей частью всех указанных объектов	Выпадающее меню: <i>Modify → Solids Editing → Intersect</i>
INTERFERE	Позволяет проверить, пересекаются ли тела одного набора с телами другого набора, и в случае наличия пересечения создать новые объекты, являющиеся общей частью обоих наборов	Выпадающее меню: <i>Modify → Solids → Interfere</i>
SOLIDEDIT	Обеспечивает редактирование твердотельных объектов	Выпадающее меню: <i>Modify → Solids Editing</i>
SECTION	Позволяет построить сечения (в виде замкнутых областей) твердотельных объектов	Выпадающее меню: <i>Draw → Solids → Section</i>

Общие средства редактирования трехмерных объектов

Для редактирования любых трехмерных объектов могут применяться такие универсальные команды, как **PROPERTIES**, **COPY**, **ERASE**, **EXPLODE**, **MOVE**, **OOPS**, **REDO**, **SCALE**, **UNDO**, а также средство редактирования **Grips** (табл. 5). Работа со всеми этими средствами ведется так же, как и при **2D** черчении. Использование других команд редактирования имеет свои особенности.

При использовании команды **ARRAY** применительно к трехмерным объектам создается массив объектов, все соответствующие точки которых расположены на одной плоскости, параллельной плоскости XY текущей системы координат. Поэтому с помощью данной команды нельзя создать массив, элементы которого имеют различное расположение относительно оси Z.

Таблица 5

Команды редактирования трехмерных объектов

Команда	Назначение команды	Вызов команды
3DARRAY	Создает в пространстве копии объектов в виде прямоугольного или полярного массива	Выпадающее меню: <i>Modify</i> → <i>3D Operation</i> → <i>3D Array</i>
MIRROR3D	Позволяет создать зеркальную копию объектов относительно произвольно расположенной плоскости	Выпадающее меню: <i>Modify</i> → <i>3D Operation</i> → <i>Mirror 3D</i>
ROTATE3D	Поворот объектов относительно произвольно направленной оси	Выпадающее меню: <i>Modify</i> → <i>3D Operation</i> → <i>Rotate 3D</i>
ALIGN	Позволяет задать положение и ориентацию объекта путем выравнивания его относительно другого объекта	Выпадающее меню: <i>Modify</i> → <i>3D Operation</i> → <i>Align</i>

При использовании команды **MIRROR** применительно к трехмерным объектам создается их зеркальное отражение относительно плоскости, проходящей через заданную ось симметрии и перпендикулярной плоскости XY текущей системы координат.

При использовании команды **ROTATE** применительно к трехмерным объектам производится их поворот относительно оси, проходящей через заданную точку и перпендикулярной плоскости XY текущей системы координат.

При использовании команды **STRETCH** применительно к поверхностям производится изменение положения их узловых точек. Изменение формы твердотельных объектов с помощью данной команды невозможно (действие команды сводится к перемещению объекта).

Примеры создания **3D** моделей поверхностей и твердотельных объектов приведены в лабораторной работе № 2.

Лабораторная работа № 2

Построение трехмерных моделей деталей
электронной аппаратуры в пакете AUTOCAD

Цель работы: изучить возможности построения и редактирования
трехмерных моделей деталей электронной аппаратуры в AutoCAD.

Пример трехмерного моделирования в AutoCAD. Рассмотрим
использование средств построения *поверхностей* в AutoCAD на примере
создания трехмерной модели детали, чертеж которой представлен на рис. 19.

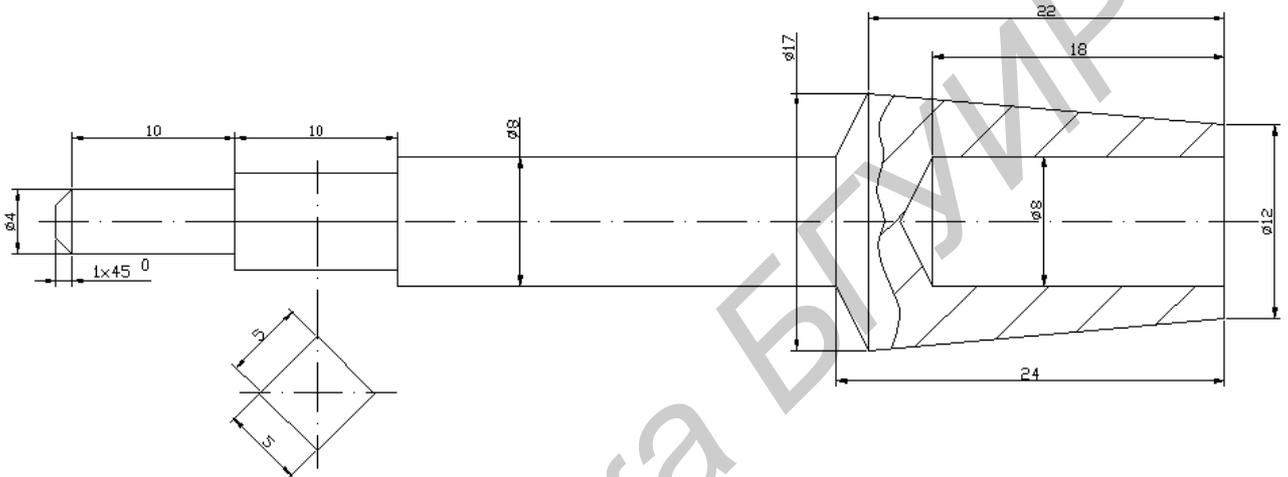


Рис. 19. Чертеж детали «Пробка»

Можно рекомендовать следующую последовательность моделирования
данного изделия:

1. Подготовительные операции

1.1. Создать ось модели детали. Для этого необходимо выполнить
команду **LINE** и вычертить отрезок с вершинами $(-5, 0, 0)$ и $(77, 0, 0)$,
используя мировую систему координат.

1.2. Создать образующую левого торца детали, конической поверхности
фаски $1 \times 45^\circ$ и цилиндрической поверхности $d = 4$. Для этого с помощью команды
3DPOLY построить полилинию с вершинами $(0, 0, 0)$, $(0, 0, 1)$, $(1, 0, 2)$ и
 $(10, 0, 2)$.

1.3. Создать образующую поверхности цилиндра $d=8$ и его торца. Для
этого с помощью команды **3DPOLY** построить полилинию с вершинами
 $(20, 0, 0)$, $(20, 0, 4)$ и $(48, 0, 4)$.

1.4. Создать систему координат, плоскость **XY** которой совпадает с
плоскостью правого торца цилиндра $d = 8$. Для этого с помощью команды **UCS**
перенести начало координат в точку $(48, 0, 0)$ и развернуть ее относительно оси **Y**
на 90° .

1.5. Создать окружности, задающие усеченный конус. Для этого с
помощью команды **CIRCLE** построить окружность с центром в точке $(0, 0, 0)$ и
радиусом 4 и окружность с центром в точке $(0, 0, 3)$ и радиусом 8,5.

1.6. Установить мировую систему координат по команде **UCS**.

1.7. Построить образующие конической поверхности и глухого отверстия $d = 8$. Для этого с помощью команды **3DPOLY** построить полилинию с вершинами (50, 0, 8.5), (72, 0, 6), (72, 0, 4), (54, 0, 6) и (51.7, 0, 0) (рис. 20).

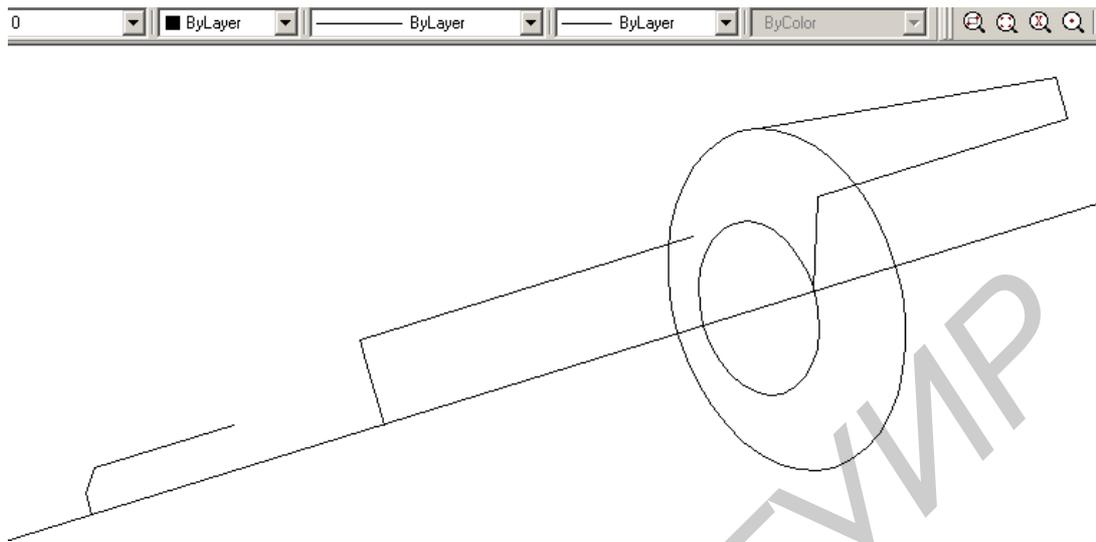


Рис. 20. Результат вспомогательных построений модели

2. Создание чертежа

2.1. Установить значение системной переменной SURFTAB1, равное 20, по команде **SETVAR**.

2.2. Создать поверхности левого торца, фаски и цилиндрической поверхности. Для этого с помощью команды **REVSURF** построить поверхность вращения, указав в качестве образующей полилинию, созданную в п. 1.2, и задав ось вращения, совпадающую с линией, созданной в п. 1.1.

2.3. Совместить ось Z системы координат с осью детали. Для этого по команде **UCS** повернуть мировую систему координат вокруг оси Y на 90° .

2.4. Создать поверхность прямоугольного параллелепипеда с основанием 5×5 . Для этого с помощью команды **AI_BOX** построить поверхность, задав вершину основания (-2.5, -2.5, 10), длину и ширину 5, высоту 10 и угол поворота относительно оси Z, равный 0.

2.5. Повернуть последнюю созданную поверхность относительно оси Z текущей системы координат. Для этого по команде **ROTATE3D** повернуть объект на 45° , задав в качестве вращения ось Z.

2.6. Построить боковую поверхность усеченного конуса с основанием $d = 17$ и $d = 8$. Для этого с помощью команды **RULESURF** создать поверхность, указав в качестве границ поверхности окружности, созданные в п. 1.5.

2.7. Создать поверхности цилиндра и его торца. Для этого с помощью команды **REVSURF** построить поверхность вращения, указав в качестве образующей полилинию, созданную в п. 1.3, и задав ось вращения, совпадающую с линией, созданной в п. 1.1.

2.8. Создать поверхность правой части детали. Для этого с помощью команды **REVSURF** построить поверхность вращения, указав в качестве образующей полилинию, созданную в п. 1.7, и задав ось вращения, совпадающую с линией, созданной в п. 1.1.

Построенную модель можно закрасить командой **SHADEMODE** и просмотреть при помощи команды **3DORBIT** (рис. 21).

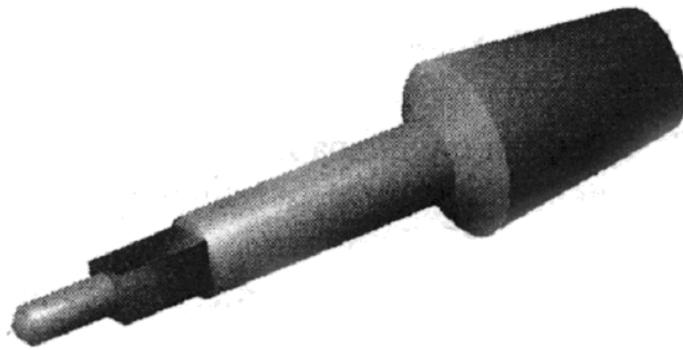


Рис. 21. Трехмерная модель детали «Пробка»

Пример создания *твердотельной модели* крышки пульта управления в AutoCAD (рис. 22).

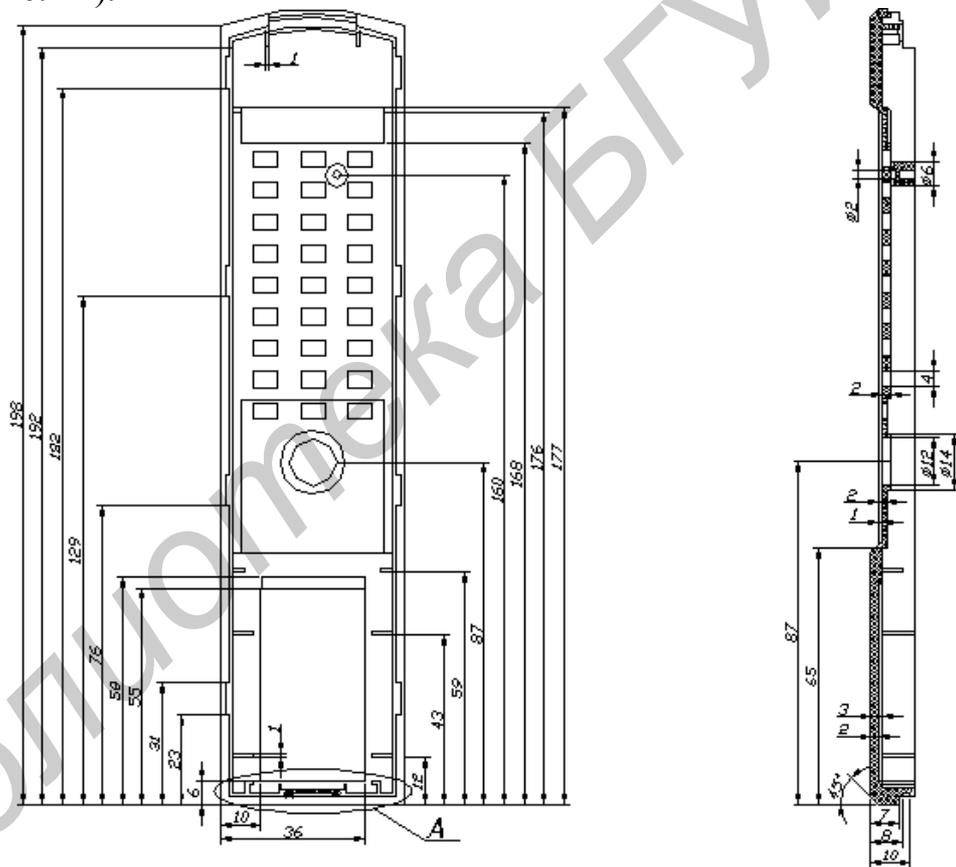


Рис. 22. Двухмерный чертеж крышки пульта управления

3. Построение внешней формы детали

Внимание! При вводе промежуточных данных для всех команд трехмерного моделирования необходимо его заканчивать нажатием клавиши **<Ввод>**.

3.1. Создать и сделать текущим новый слой для построения внешнего контура детали по команде **LAYER**.

3.2. Построить прямоугольную внешнюю часть пульта.

3.2.1. По команде **BOX** ввести:

- координаты нижней левой вершины параллелепипеда (0, 0, 0);

– координаты нижней противоположной грани параллелепипеда (198, 48, 0);

– высоту параллелепипеда (8).

3.2.2. По команде **BOX** ввести:

– координаты (2, 2, 8);

– координаты нижней противоположной грани параллелепипеда (196, 46, 8);

– высоту параллелепипеда (4).

3.2.3. По команде **UNION** выбрать два ранее созданных объекта.

3.2.4. По команде **BOX** ввести:

– координаты (66, 0, 0);

– координаты нижней противоположной грани параллелепипеда (172, 48, 0);

– высоту параллелепипеда (2).

3.2.5. По команде **SUBTRACT** выбрать:

– большую фигуру;

– фигуру, созданную в п. 3.2.4.

4. Построение внутренней формы детали

4.1. Создать и сделать текущим новый слой для построения внутреннего контура детали по команде **LAYER**.

4.2. Построить внутреннюю часть пульта.

4.2.1. По команде **BOX** ввести:

– координаты нижней левой вершины параллелепипеда (4, 4, 4);

– координаты нижней противоположной грани параллелепипеда (194, 44, 4);

– высоту параллелепипеда (8).

4.2.2. По команде **SUBTRACT** выбрать:

– внешний контур детали;

– фигуру, созданную в п. 4.2.1.

4.2.3. По команде **BOX** ввести:

– координаты нижней левой вершины параллелепипеда (4, 4, 2);

– координаты нижней противоположной грани параллелепипеда (64, 44, 2);

– высоту параллелепипеда (2).

4.2.4. По команде **BOX** ввести:

– координаты нижней левой вершины параллелепипеда (174, 4, 2);

– координаты нижней противоположной грани параллелепипеда (194, 44, 2);

– высоту параллелепипеда (2).

4.2.5. По команде **SUBTRACT** выбрать:

– внешний контур детали;

– фигуры, созданные в пп. 4.2.3 и 4.2.4.

После промежуточных построений получился вид крышки пульта управления без отверстий под кнопки (рис. 23).

4.2.6. По команде **BOX** ввести:

- координаты вершины параллелепипеда (98, 9, 2);
- координаты нижней противоположной грани параллелепипеда (102, 13, 2);
- высоту параллелепипеда (2).

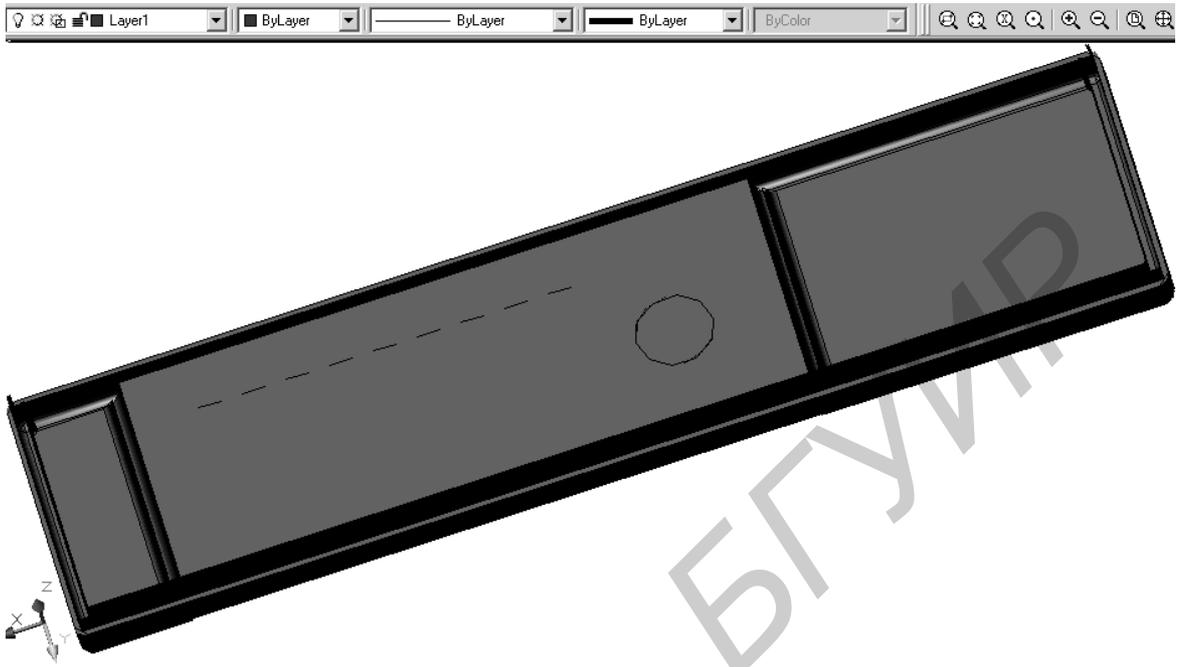


Рис. 23. Вид крышки пульта управления после промежуточных построений

4.2.7. По команде **ARRAY** открыть окно и установить указанные на рис. 24 параметры.

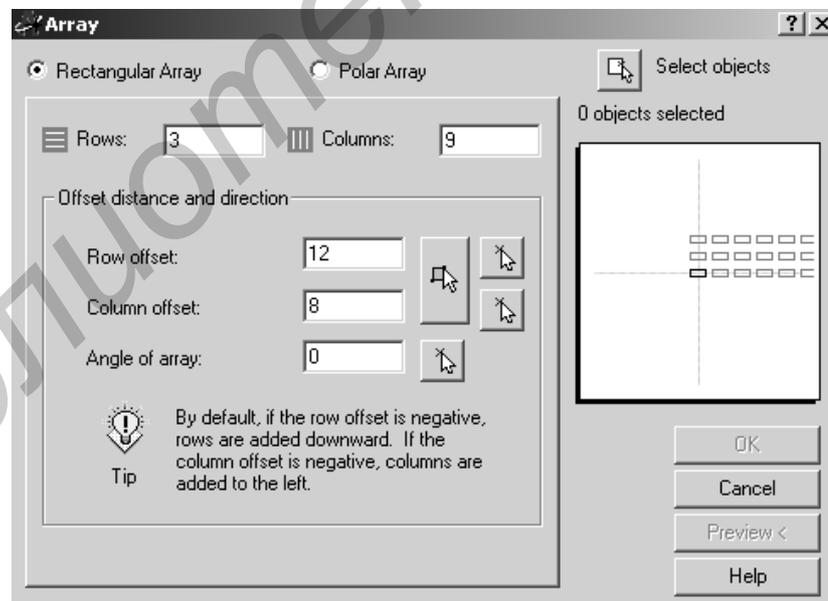


Рис. 24. Вид окна команды **ARRAY** при моделировании всех отверстий крышки пульта управления

4.2.8. По команде **SUBTRACT** выбрать:

- внешний контур детали;
- фигуры, созданные в пп. 4.2.6 и 4.2.7.

4.2.9. По команде **CYLINDER** ввести:

- координаты центра цилиндра (82, 24, 4);
 - радиус цилиндра (10);
 - высоту цилиндра (2).
- 4.2.10. По команде **UNION** выбрать ранее созданные объекты.
- 4.2.11. По команде **CYLINDER** ввести:
- координаты центра цилиндра (82, 24, 2);
 - радиус цилиндра (7);
 - высоту цилиндра (4).
- 4.2.12. По команде **SUBTRACT** выбрать:
- контур детали;
 - фигуру, созданную в п. 4.2.11.
- 4.3. Провести скругление углов детали по команде **FILLET**:
- нажать клавиши <R> и <Ввод>;
 - ввести необходимый радиус скругления;
 - выбрать угол, который необходимо скруглить.

Трехмерная твердотельная модель крышки пульта управления построена (рис. 25).

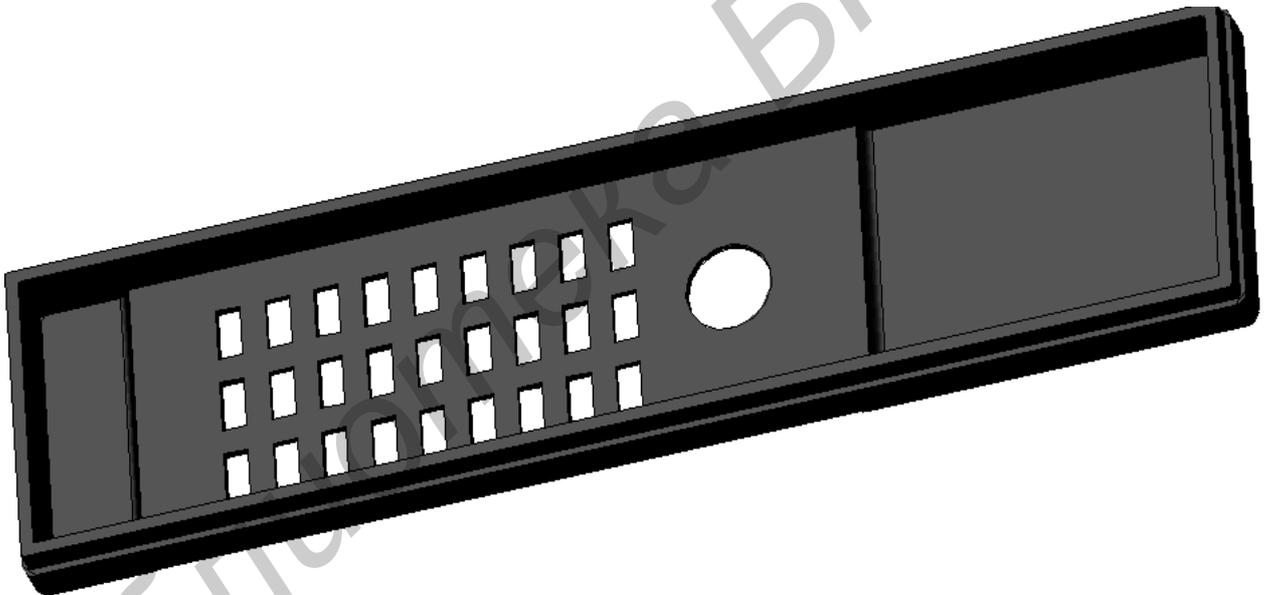


Рис. 25. Трехмерная твердотельная модель крышки пульта управления со скругленными углами

Порядок выполнения работы:

11. Изучить описание системы AutoCAD.
 12. На приведенных примерах изучить действие команд системы AutoCAD и связанных с ними инструментальных моделей, используемых для построения и редактирования трехмерных моделей деталей.
 13. Загрузить в AutoCAD чертеж детали, созданный на лабораторной работе № 1 по индивидуальному заданию.
 14. Создать трехмерную модель загруженного чертежа детали.
 15. Продемонстрировать результат работы преподавателю.
5. Получить распечатку результатов выполнения работы.

6. Оформить отчет по лабораторной работе.

Содержание отчета:

1. Цель работы.
2. Результаты выполнения работы в виде распечатки трехмерной модели детали электронной аппаратуры.
3. Электронная версия результатов моделирования детали.
4. Выводы.

Контрольные вопросы:

1. Виды трехмерных моделей в AutoCAD.
2. Особенности трехмерного моделирования в AutoCAD.
3. Использование различных систем координат при трехмерном моделировании в AutoCAD.
4. Особенности построения и редактирования твердотельных объектов.
5. Использование видовых экранов при трехмерном моделировании в AutoCAD.
6. Особенности построения и редактирования твердотельных моделей в AutoCAD.

Лабораторная работа № 3

Экспорт схемы электрической и платы печатной из P-CAD в AUTOCAD. Оформление чертежа платы печатной с использованием пакета AUTOCAD

Цель работы: изучить возможности экспорта чертежей электрических схем и печатных плат из P-CAD в AutoCAD; получить навыки исправления и доработки экспортированных чертежей с использованием пакета AutoCAD в соответствии с нормативно-технической документацией на платы печатные и электрические схемы.

Пример оформления чертежа. Рекомендуется оформлять чертеж платы печатной в следующей последовательности:

1. Подготовительные операции

- 1.1. Выполнить настройку рабочей среды AutoCAD или загрузить сохраненный шаблон из файла *.dwt.
- 1.2. Загрузить в PCAD PCB файл *.pcb с информацией о спроектированной плате печатной.
- 1.3. Выполнить экспортирование файла в формате *.dxf, для чего:
 - выделить в рабочей области PCAD PCB зону с экспортируемой информацией;
 - выполнить команду **FILE**→**EXPORT**→**DXF**.
- 1.4. В открывшемся диалоговом окне экспорта данных из PCAD PCB (рис. 26):
 - убрать галочку в пункте *Output Drill Symbols* (информация о стеках контактных площадок);

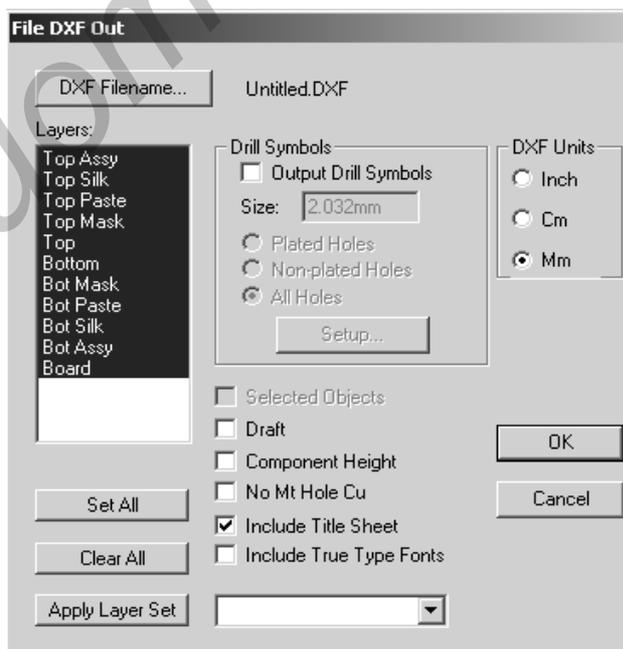


Рис. 26. Диалоговое окно экспорта данных

- выбрать единицы измерения (mm);
- выбрать для экспорта все созданные в PCAD PCB слои (кнопка **Set All**).

1.5. Указать имя и расположение экспортируемого файла (кнопка **DXF Filename...**).

1.6. Нажать кнопку **ОК**.

2. Создание базового блока чертежа

2.1. Открыть в AutoCAD сохраненный файл формата *.dxf (рис. 27).

2.1.1. Если проводники необходимо распечатать реальной толщины (что редко), то замораживаются слои топологии (*TOP*, *BOTTOM* и т.д.).

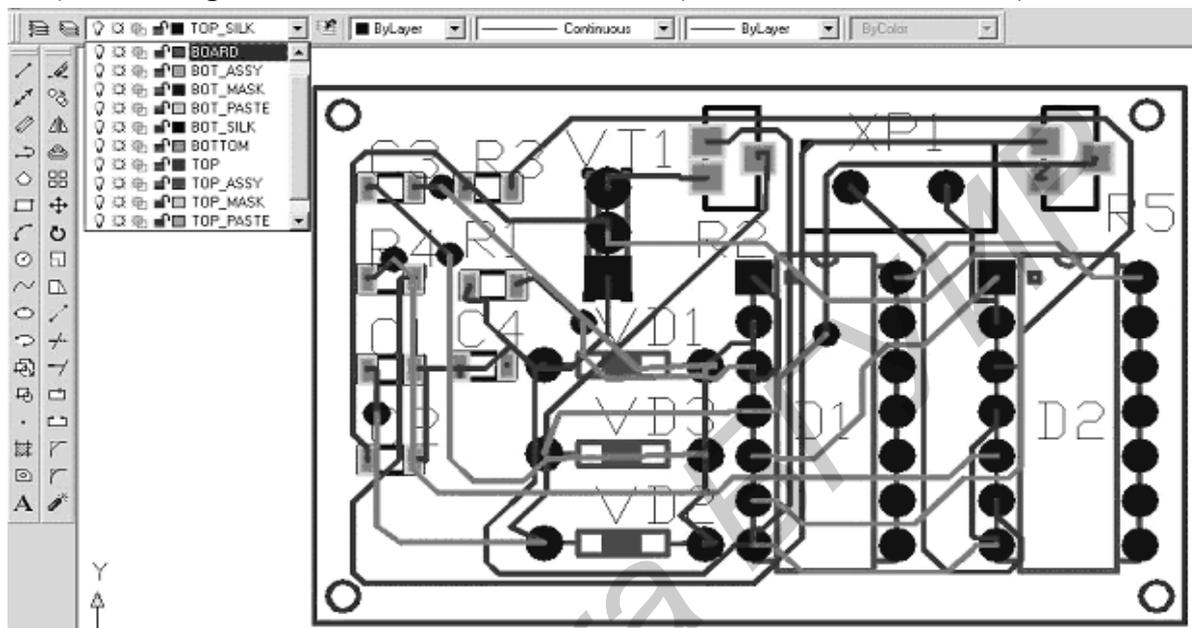


Рис. 27. Экран AutoCAD с загруженным файлом платы в формате *.dxf

2.1.2. При импорте в AutoCAD файла платы из P-CAD в формате *.dxf автоматически создаются все выделенные слои (см. рис. 26, 27). Информация для дальнейшего оформления платы печатной содержится на слоях: *TOP*, *BOTTOM* – трассировка платы, *BOARD* – контур платы печатной; *TOP SILK*, *BOT SILK* – информация о маркировке элементов). Остальные слои можно «заморозить», сделать невидимыми или удалить. Они могут быть использованы при оформлении сборочного чертежа электронного блока.

2.2. При необходимости – произвести корректировку трассировки. Для этого с помощью многократного применения команды **EXPLODE** разгруппировать компоненты файла, затем произвести редактирование трасс.

2.3. Удалить мелкие объекты (круги, дуги и т.п.), созданные в P-CAD PCB и экспортированные в файл *.dxf, для чего:

- открыть диалоговое окно **Properties** (рис. 28);
- нажать кнопку **Quick Select**;
- выбрать параметры: *Object type - Arc*, *Properties - Radius*, *Operator - Less than*, *Value - 0.03*;
- нажать кнопку **ОК**.
- нажать кнопку **Delete**.

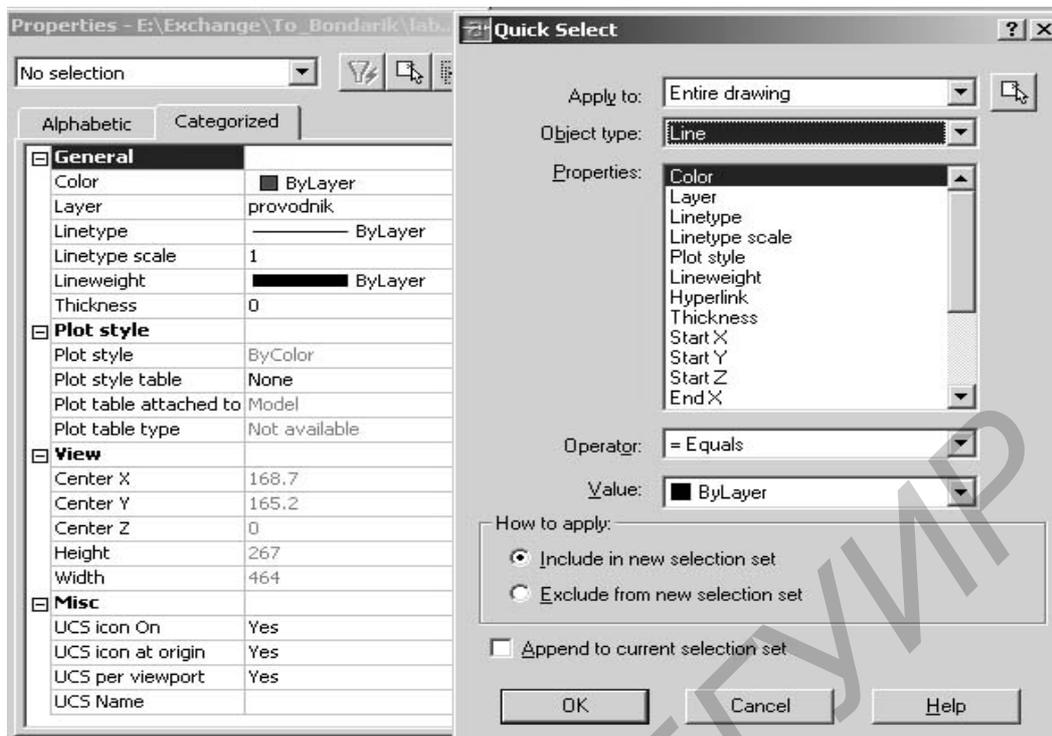


Рис. 28. Диалоговое окно команды **Properties**

2.4. Выделить все в рабочем поле и создать блок по команде **BLOCK**.

2.5. Созданный блок перенести в настроенный шаблон (толщины линий лучше задавать по слоям, но можно и по цветам – тогда необходимо позаботиться о придании разным цветам различных значений толщины линий). Если единицы шаблона – мм, плата автоматически примет размеры в мм. Рамка чертежа должна также быть в шаблоне.

2.6. Масштабировать созданный блок (при необходимости) по команде **SCALE**, для чего:

- проверить размеры заранее известного объекта по команде **DIMLINEAR**. Например, известно расстояние между двумя выводами интегральной микросхемы в DIP-корпусе – 2,5 мм;

- выделить блок и применить команду **SCALE** (масштабный фактор (*scale factor*) выбирается больше 1,0, если необходимо увеличить размеры блока).

3. Создание чертежа платы печатной

3.1. Созданный в п. 2 блок зеркально отразить по команде **MIRROR** при включенном режиме **ORTHO**.

3.2. Разбить полученные блоки на примитивы по команде **EXPLODE**.

3.3. «Заморозить» слои **BOARD**, **TOP**, **TOP_SILK** и удалить примитивы базового блока.

3.4. «Разморозить» слои **TOP**, **TOP_SILK**.

3.5. «Заморозить» слои **BOTTOM**, **BOT_SILK** и удалить примитивы зеркально отраженного блока.

3.6. Включить слои **BOARD**, **BOTTOM**, **BOT_SILK**.

3.7. Создать вид сбоку платы печатной, для чего необходимо по команде **RECTANG** в месте расположения линии зеркального отображения блоков

вставить прямоугольник с шириной, равной толщине платы (с учетом масштаба чертежа) (рис. 29).

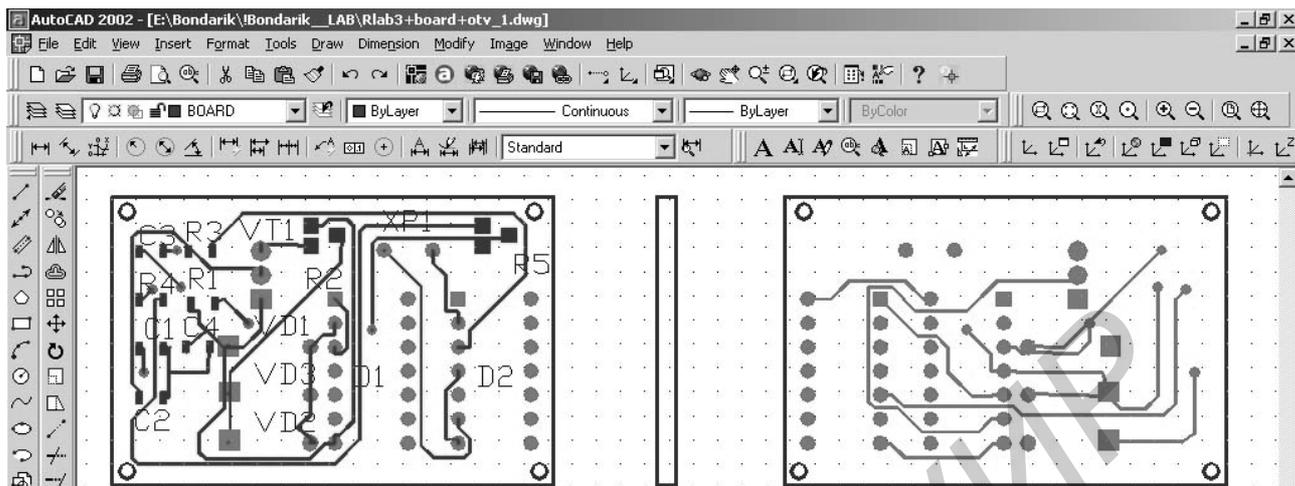


Рис. 29. Экран AutoCAD со сформированными видами платы печатной

3.8. Нанести линии координатной сетки на основной вид печатной платы:

- создать новый слой (например *KS*);
- нанести линию координатной сетки по команде **LINE** в созданном слое поверх одной из сторон платы печатной;
- клонировать по команде **ARRAY** созданную линию на поверхность текущего вида платы печатной с заданным заранее шагом (например 2,5 мм).

3.9. Нанести вертикальные и горизонтальные линии координатной сетки на все сигнальные виды платы печатной по аналогии.

3.10. Подписать значения координат, технические требования, добавить размеры и шероховатость.

3.11. Заполнить основную надпись чертежа аналогично лабораторной работе № 1. Чертеж платы печатной электронного блока оформлен (рис. 30).

Примечание. В настоящее время для изготовления плат печатных используют материалы: Лист фольгированный GFN 1.0 18/18 A 2 C PND 39-683-93(FR-4 LAMPLEX); Материал FR-4DS7405U-18/18-1.0 фирмы "Doosan Corporation" и др. В данном случае указаны полные наименования диэлектрических слоистых материалов толщиной 1,0 мм, с двух сторон которого нанесены листы медной фольги толщиной 18 мкм.

Порядок выполнения работы:

16. Изучить описание системы AutoCAD.
17. Получить у преподавателя задание для выполнения практической части работы (задание, как правило, является продолжением выполнения лабораторной работы № 3 из лабораторного практикума [1]).
18. Выполнить экспорт печатной платы из файла *.pcb, полученного в результате работы системы P-CAD, в формате *.dxf.
19. Загрузить в AutoCAD полученный файл формата *.dxf и удалить избыточную информацию по слоям.
20. Сформировать требуемые виды и изображения печатной платы.

21. Нанести координатную сетку на полученные слои печатной платы.
22. Оформить чертеж платы печатной в соответствии с нормативно-технической документацией.
23. Сохранить полученный чертеж в формате *.dwg.
24. Продемонстрировать результат работы преподавателю.
25. Получить распечатку результатов выполнения работы.
26. Оформить отчет по лабораторной работе.



Рис. 30. Экран AutoCAD с оформленным чертежом платы печатной

Содержание отчета:

1. Цель работы.
2. Результаты выполнения работы в виде распечатки чертежа платы печатной.
3. Электронная версия чертежа платы печатной.
4. Выводы.

Контрольные вопросы:

11. Файлы каких форматов возможно импортировать в AutoCAD?
12. Файлы каких форматов возможно экспортировать из AutoCAD?
13. Особенности формата *.dxf.
14. Какие команды системы AutoCAD применяются при редактировании импортированного файла формата *.dxf?
15. Особенности применяемых размерных стилей системы AutoCAD, используемых при оформлении чертежа платы печатной.
16. Способы простановки размеров на чертеже платы печатной в системе AutoCAD.

Лабораторная работа № 4

Экспорт платы печатной из P-CAD в AUTOCAD.
Оформление сборочного чертежа электронного блока
с использованием пакета AUTOCAD

Цель работы: изучить особенности экспорта чертежей электронной аппаратуры из P-CAD в AutoCAD; получить навыки исправления и доработки экспортированных чертежей с использованием пакета AutoCAD в соответствии с нормативно-технической документацией на сборочные чертежи электронных блоков.

Пример оформления чертежа. Рекомендуется оформлять сборочный чертеж электронного блока по следующей последовательности:

1. Подготовительные операции.

1.1. Выполнить настройку рабочей среды AutoCAD или загрузить сохраненный шаблон из файла *.dwt.

1.2. Экспортировать из P-CAD необходимые слои: *TOP SILK*, *BOT SILK* (маркировка и корпуса элементов с двух сторон платы, если используется двухсторонний монтаж); *TOP ASSY*, *BOT_ASSY* (дополнительная информация о корпусах элементов) и *BOARD* (контур платы). Последовательность действий описана в лабораторной работе № 3 в пп. 1.2 – 1.6.

2. Создание сборочного чертежа.

2.1. Открыть в AutoCAD сохраненный файл формата *.dxf (рис. 31).

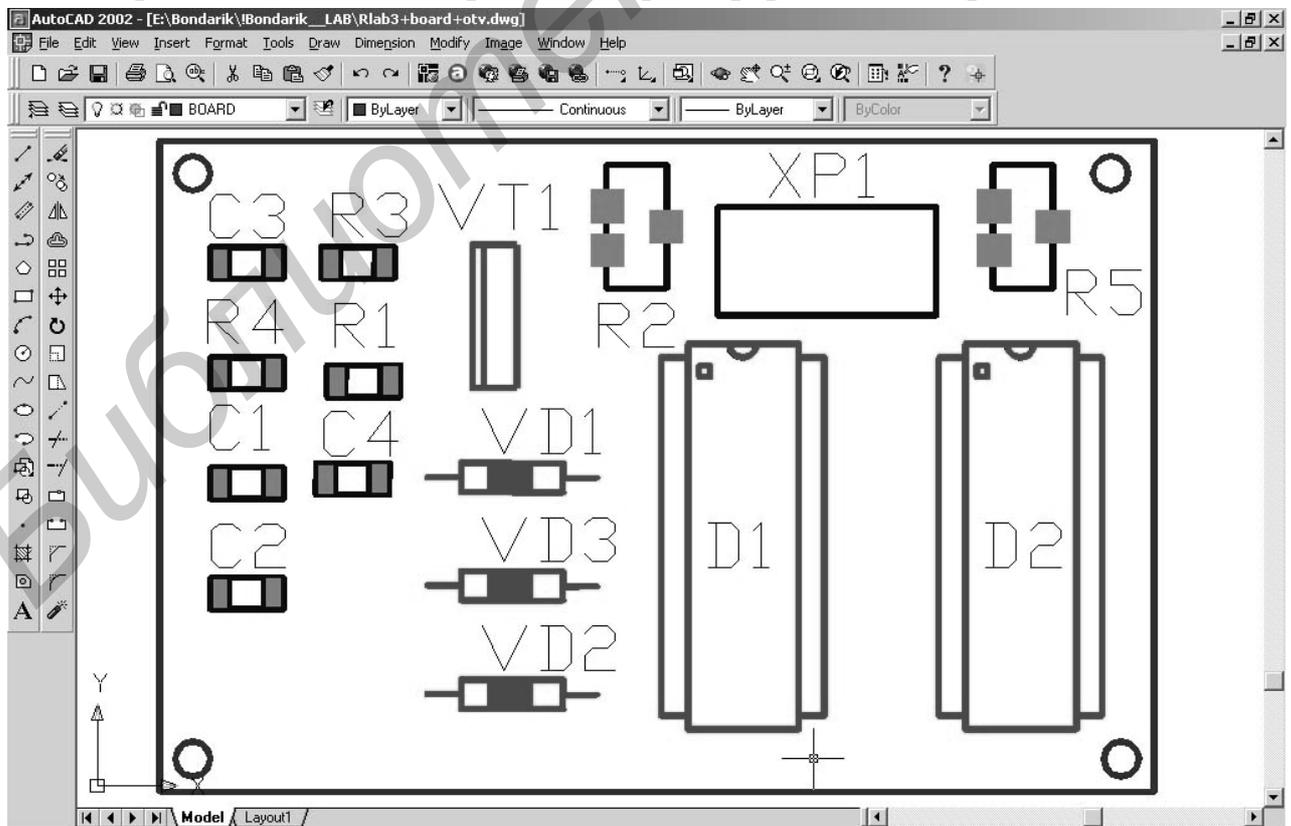


Рис. 31. Экран AutoCAD со сформированным главным видом электронного блока

- 2.2. При необходимости – произвести корректировку изображения.
- 2.3. Выделить все в рабочем поле и создать блок по команде **BLOCK**.
- 2.4. Созданный блок перенести в настроенный шаблон.
- 2.5. Масштабировать созданный блок (при необходимости) по команде **SCALE**, для чего:

– проверить размеры заранее известного объекта по команде **DIMLINEAR**;

– выделить блок и применить команду **SCALE** (масштабный фактор (*scale factor*) выбирается больше 1,0, если необходимо увеличить размеры блока).

2.6. Добавить к созданному изображению вид сбоку и дополнительные виды (при необходимости).

2.7. Нанести на чертеже размеры, позиционные обозначения деталей и сборочных единиц согласно спецификации (рис. 32).

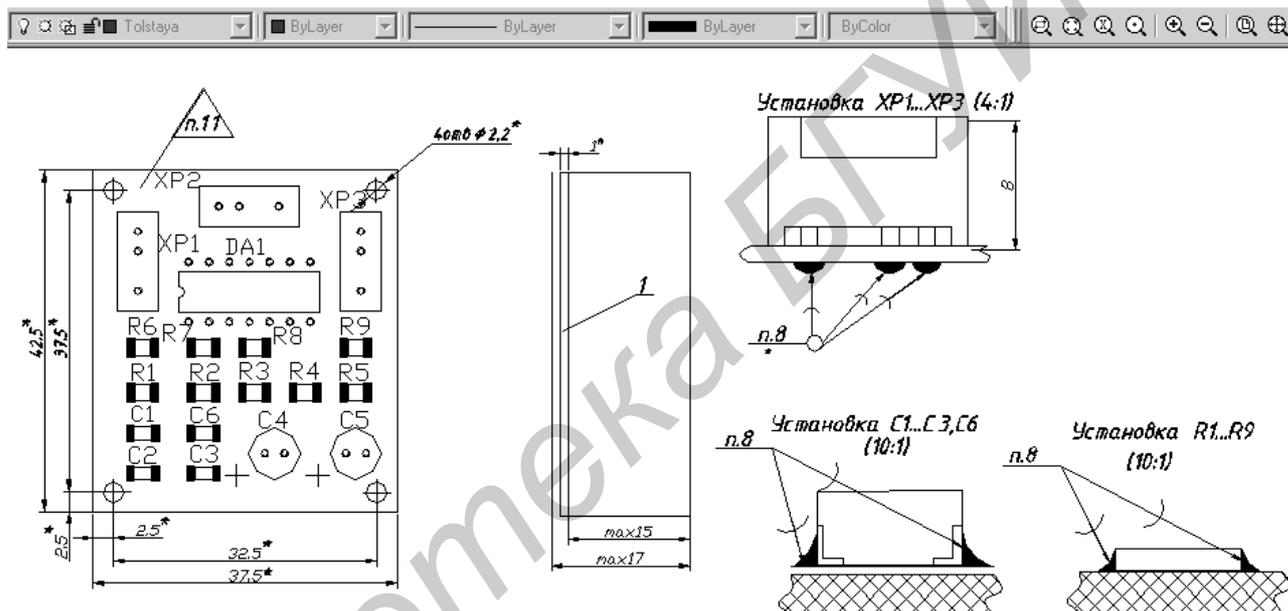


Рис. 32. Экран AutoCAD с дополнительными построениями

2.8. Нанести на чертеже технические требования и заполнить основную надпись аналогично лабораторной работе № 3. Сборочный чертеж электронного блока оформлен (рис. 33).

Порядок выполнения работы:

27. Изучить описание системы AutoCAD.
28. Получить у преподавателя индивидуальное задание для выполнения практической части работы.
29. По индивидуальному заданию оформить в AutoCAD спецификацию к сборочному чертежу электронного блока.
30. Загрузить в AutoCAD полученный в ходе выполнения лабораторной работы № 3 файл формата *.dxf и удалить избыточную информацию.
31. Сформировать требуемые виды и изображения сборочного чертежа электронного блока.

32. Оформить сборочный чертеж электронного блока в соответствии с нормативно-технической документацией.
33. Продемонстрировать результат работы преподавателю.
34. Сохранить полученный чертеж в формате *.dwg.
35. Получить распечатку результатов выполнения работы.
36. Оформить отчет по лабораторной работе.

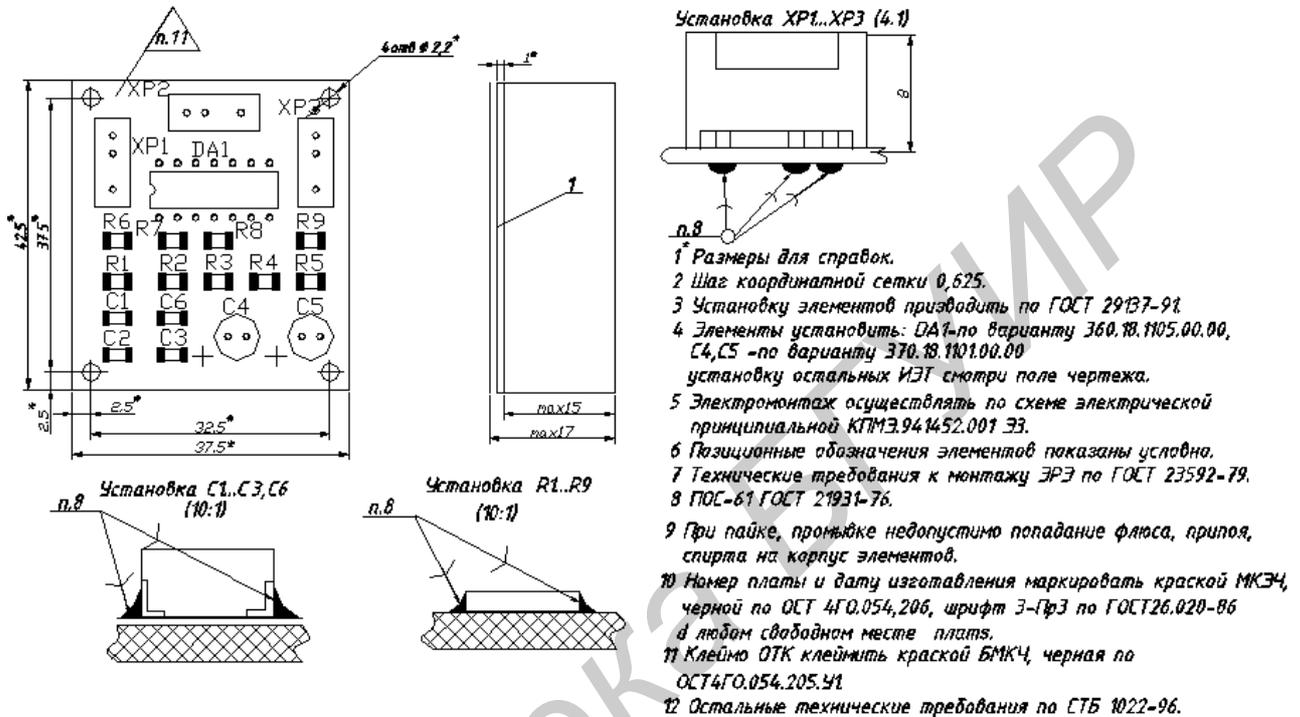


Рис. 33. Оформленный сборочный чертеж электронного блока

Содержание отчета:

1. Цель работы.
2. Результаты выполнения работы в виде распечатки спецификации и сборочного чертежа электронного блока.
3. Электронная версия сборочного чертежа электронного блока.
4. Выводы.

Контрольные вопросы:

17. Особенности импорта и экспорта информации в системе AutoCAD.
18. Структура формата *.dxf.
19. Какие команды системы AutoCAD применяются при редактировании импортированного файла формата *.dxf?
20. Особенности оформления сборочного чертежа электронного блока в системе AutoCAD.

Литература

1. Системы автоматизированного проектирования: Лаб. практикум для студ. спец. «Медицинская электроника», «Электронно-оптическое аппаратостроение» дневной формы обуч. В 3 ч. Ч. 1: Проектирование печатных плат в PCAD 2001 / В.М. Бондарик, А.М. Криштапович. – Мн.: БГУИР, 2004. – 63 с.
2. Станкевич А.В. Лабораторный практикум по дисциплине "Прикладные пакеты систем автоматизированного проектирования проблемно-ориентированных электронно-вычислительных средств". – Мн.: БГУИР, 2000. – 36 с.
3. Разевиг В.Д. Проектирование печатных плат в P-CAD 2001. – М.: «СОЛОН-Р», 2001. – 557 с.
4. Лопаткин А.В. Проектирование печатных плат в системе P-CAD 2001. – Нижний Новгород: НГТУ, 2002. – 178 с.
5. Федоренков А., Кимаев А. AutoCAD 2002: практический курс. – М.: «ДЕСС КОМ», 2002. – 576 с.

Библиотека БГУИР

Учебное издание

Бондарик Василий Михайлович,
Кракаевич Сергей Викторович,
Казаринова Наталья Евгеньевна,
Беляцкий Михаил Анатольевич

СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Лабораторный практикум
для студентов специальностей
«Медицинская электроника»,
«Электронно-оптическое аппаратостроение»
дневной и заочной форм обучения

В 3-х частях

Часть 2

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ В AutoCAD

Редактор Т.П. Андрейченко
Корректор Е.Н. Батурчик

Подписано в печать 14.09.2005.
Гарнитура «Таймс».
Уч.-изд. л. 3,0.

Формат 60x84 1/16.
Печать ризографическая.
Тираж 100 экз.

Бумага офсетная.
Усл. печ. л. 3,26.
Заказ 99.

Издатель и полиграфическое исполнение: Учреждение образования
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».
Лицензия на осуществление издательской деятельности № 02330/0056964 от 01.01. 2004.
Лицензия на осуществление полиграфической деятельности № 02330/0131518 от 30.04.2004.
220013, Минск, П. Бровки, 6