Валентин Хрящев
Галина Шипова

Моделирование и создание чертежей в системе AutoCAD

Санкт-Петербург

«БХВ-Петербург»

2003

УДК 681.3.06
ББК 32.973.26-018.2
Х97

Хрящев В. Г., Шипова Г. М.

Х97 Моделирование и создание чертежей в системе AutoCAD. — СПб.: БХВ-Петербург, 2004. — 224 с.: ил.

ISBN 5-94157-399-5

Учебное пособие знакомит с возможностями компьютерной графики в области конструирования пространственных объектов и содержит все необходимые сведения о полигональном и твердотельном трехмерном моделировании в графической системе AutoCAD. Сложная по форме модель пространственного объекта (крышка подшипника) выполняется поэтапно из отдельных элементов, ограниченных поверхностями различного вида. Вопрос автоматизированного создания изображений (видов и разрезов) на ортогональных и аксонометрических чертежах детали рассматривается на основе ее твердотельной модели. Описано применение ряда функций, повышающих эффективность работы в автоматизированной графической среде. Рассматривается реалистическое представление объекта.

Книга содержит большое количество рисунков и иллюстраций. Материал пособия излагается последовательно в простой, доступной форме, удобной для самостоятельной работы.

Для студентов и преподавателей вузов,
а также конструкторов, работающих с AutoCAD

УДК 681.3.06
ББК 32.973.26-018.2

Группа подготовки издания:

Главный редактор	*Екатерина Кондукова*
Зам. главного редактора	*Владимир Шабалин*
Зав. редакцией	*Григорий Добин*
Редактор	*Татьяна Темкина*
Компьютерная верстка	*Натальи Караваевой*
Корректор	*Виктория Пиотровская*
Дизайн обложки	*Игоря Цырульникова*
Зав. производством	*Николай Тверских*

Лицензия ИД № 02429 от 24.07.00. Подписано в печать 16.09.03.
Формат 70×100 1/16. Печать офсетная. Усл. печ. л. 18.
Тираж 4 000 экз. Заказ №
"БХВ-Петербург", 198005, Санкт-Петербург, Измайловский пр., 29.

Гигиеническое заключение на продукцию, товар № 77.99.02.953.Д.001537.03.02
от 13.03.2002 г. выдано Департаментом ГСЭН Минздрава России.

Отпечатано с готовых диапозитивов
в Академической типографии "Наука" РАН
199034, Санкт-Петербург, 9 линия, 12.

ISBN 5-94157-399-5

© Хрящев В. Г., Шипова Г. М., 2004
© Оформление, издательство "БХВ-Петербург", 2004

Содержание

Предисловие **1**

Цель и содержание книги 2
Условные обозначения 4

ЧАСТЬ I. ПОЛИГОНАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБЪЕКТА **7**

Глава 1. Создание нового чертежа **9**

1.1. Настройка рабочей среды 14
1.2. Создание слоев. Управление цветом и типом линий 17
1.3. Создание видовых экранов 19
1.4. Настройка пользовательских систем координат 24

Глава 2. Последовательность построения объектов **30**

2.1. Корпус 32
2.2. Основание 42
2.3. Коническая бобышка 46
2.4. Цилиндрическая бобышка 50
2.5. Опора 52

Глава 3. Сборка крышки подшипника из элементов **62**

Глава 4. Преобразование изображения в пространство листа **66**

Глава 5. Печать и предварительный просмотр

ЧАСТЬ II. ТВЕРДОТЕЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБЪЕКТА 77

Глава 6. Начало работы 79

Глава 7. Последовательность построения твердотельной модели объекта ... 80

7.1. Корпус 80
7.2. Основание 83
7.3. Цилиндрическая бобышка 85
7.4. Коническая бобышка 86
7.5. Опора 87

Глава 8. Сборка крышки подшипника из твердотельных элементов 89

Глава 9. Выполнение изометрических разрезов 92

ЧАСТЬ III. СОЗДАНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ЧЕРТЕЖЕ 99

Глава 10. Автоматизированное создание изображений на чертеже на основе твердотельной модели 101

10.1. Создание видовых экранов для видов спереди, сверху и слева 101
10.2. Создание видовых экранов (ВЭ) для изображения разрезов 106
10.3. Создание проекции видов и разрезов 110
10.4. Совмещение видов и разрезов 114
Вид спереди 115
Вид слева 120
Вид сверху 123

Глава 11. Особенности нанесения размеров в пространстве перекрывающихся (плавающих) видовых экранов 127

11.1. Создание и установка текстового и размерного стилей 127
Текстовый стиль 127
Размерный стиль 130
11.2. Нанесение размеров на чертеже в пространстве листа 136
11.3. Нанесение размеров на чертеже в режиме модели 145
11.4. Редактирование размеров на чертеже 148
Изменение положения размера 149
Изменение содержания размерного текста 150
Изменение настроек параметров размерного стиля 151

ЧАСТЬ IV. СОЗДАНИЕ РЕАЛИСТИЧНОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ..... 157

Глава 12. Тонирование изображений..... 157

12.1. Простое светотеневое представление объектов.....158
12.2. Выбор точки зрения в процессе тонирования 162
12.3. Полнофункциональное тонирование изображения и вывод его на печать.....167
12.4. Назначение отделки поверхностям модели 177
12.5. Создание и установка осветителей 182
12.6. Создание сцен 191

ПРИЛОЖЕНИЯ 195

Приложение 1. Иллюстрации к созданию изображений модели..... 197

Приложение 2. Перечень используемых функций и команд..... 203

Приложение 3. Установка приложений и меню *EXPRESS*..... 206

Библиографический список..... 211

Предисловие

Развитие и совершенствование содержания графической подготовки студентов, направленной на внедрение в учебный процесс новых информационных технологий, является одной из основных задач, стоящих перед высшей школой. Изучение же компьютерных технологий лучше всего начинать с компьютерной графики, которая входит в комплексную графическую подготовку инженера. Современный уровень развития компьютерных методов позволяет создавать пространственные модели объектов неограниченной сложности и таким образом перейти на качественно новый уровень проектирования.

Наглядное представление о создаваемых изделиях получают с помощью аксонометрических и перспективных проекций. Их реальное моделирование осуществляют с помощью макетирования. Оба эти способа имеют существенный недостаток, связанный с необходимостью полной переработки чертежей и макетов в случае конструктивных изменений в изделиях, что требует времени и средств. Моделирование объектов с помощью средств машинной графики лишено этих недостатков. Простота, многоплановость и быстрота выполнения пространственного моделирования на ЭВМ, возможность гибкого изменения разрабатываемых моделей, их наглядность делают такое моделирование предпочтительным в сравнении с традиционными способами.

Геометрическое трехмерное моделирование осуществляется на основе прямого оперирования пространственными объектами, а не их проекциями. Этот естественный для человека вариант проектирования (вспомните "проектирование" из кубиков в детстве) стал реально возможным благодаря современной компьютерной технике и мощному программному обеспечению, позволяющим достаточно просто управлять созданием трехмерных моделей и наглядно отображать их на экране компьютера. Модель геометрического объекта используется как для получения двумерной геометрической модели, так и для расчета различных характеристик объекта и технологических параметров его изготовления. Таким образом, геометрическое моделирование является ядром автоматизированного конструирования и технологической

Возможности трехмерной машинной графики реализованы в системе автоматизированного проектирования (САПР) AutoCAD. Современные CAD-системы (Computer Aided Design) активно входят в практику проектирования, позволяя существенно сократить сроки разработки проектов. Из всех программных продуктов, обычно применяемых для трехмерного конструирования, система AutoCAD обеспечивает наибольшие точность и степень управления. Данный пакет является надежным инструментом построения пространственных моделей, оставаясь в то же время универсальной системой получения технических чертежей.

Цель и содержание книги

Данная книга посвящена знакомству с приемами пространственного моделирования объектов при использовании одного из самых распространенных средств машинной графики — графической системы AutoCAD.

Есть множество способов выполнения задач в AutoCAD. Продемонстрировать все варианты процесса моделирования невозможно, поэтому здесь рассматриваются лучшие, на наш взгляд, методы достижения поставленной цели. Изучив принципы создания предложенной модели и ее чертежа, можно приступать к реализации более сложных проектов, независимо от уровня сложности и детализации. Материал, изложенный в книге, позволяет использовать ее для полного — от начала до конца — создания проекта.

В качестве моделируемого объекта представлена деталь "крышка подшипника". Эта деталь обладает наглядностью и разнообразием форм отдельных ее частей, которые наглядно показаны в *приложении 1* (см. рис. П1.1). Формообразование элементов, составляющих объект, — важный момент обучения конструированию сложных по форме объектов. Рассмотренный способ моделирования является составной частью современной методики обучения, в которой центральное место занимают методы компьютерной графики.

В *Части I* рассматривается полигональное моделирование объекта, ограниченного поверхностями различного вида. Предлагается воссоздать деталь как пространственный объект на основе ее чертежа (см. рис. П1.2). Результат моделирования отображается на четырех видовых экранах, соответствующих трем плоскостям ортогонального проецирования и плоскости изометрического проецирования (см. рис. П1.3).

В *Части II* излагаются способы и приемы поэлементного моделирования твердотельного пространственного объекта (см. рис. П1.4). Предлагается собрать модель из отдельных блоков с помощью логических операций объединения и вычитания твердотельных элементов. Для отдельных построений используется функция встроенного калькулятора AutoCAD. На основе изометрического изображения детали изучается вопрос формирования разрезов твердотельных объектов. В крышке подшипника выполняется разрез в виде

В *Части III* рассматривается автоматизированное создание изображений на чертеже на основе твердотельной модели. Предлагается оригинальное решение построения совмещенных вида и разреза на фронтальном и профильном видовых экранах (см. рис. П1.6 и П1.7). Изучаются особенности нанесения и редактирования размеров в пространстве плавающих видовых экранов (см. рис. П1.8). Описано применение ряда функций, повышающих эффективность работы в автоматизированной графической среде.

В пособии даны базовые понятия о способах тонирования модели и выполнения ее фотореалистичного изображения. В *Части IV* рассказывается о создании реалистических трехмерных изображений — о назначении отделки поверхностям модели, установке осветителей и создании сцен (см. рис. П1.9 и П1.10).

В *приложении 2* дан перечень используемых в работе команд и пунктов меню с переводом для русифицированной версии ACAD и указанием страниц, где они подробно описаны.

Приложение 3 содержит описание процесса установки в AutoCAD 2002 Express меню для работы с сервисными приложениями, содержащего макрокоманды, облегчающие выполнение ряда функций.

Учебное пособие предназначено прежде всего для пользователей AutoCAD. Достаточно иметь небольшой опыт работы с системой, т. е. уметь открывать и закрывать файлы, рисовать базовые объекты, задавать координаты, чтобы успешно освоить предложенные приемы моделирования объектов. Если нет базовой подготовки, рекомендуется изучить основы работы в системе AutoCAD по дополнительной литературе [3, 4]. Приемы использования ACAD в моделировании поверхностей средствами машинной графики изложены в работах [2, 5, 6].

Пособие разработано на основе графического пакета AutoCAD 2002. Возможно использование AutoCAD 2004 и более ранних версий [1].

Новая версия AutoCAD 2004 не содержит нововведений, влияющих на процесс моделирования, рассматриваемый в пособии. При первоначальном запуске AutoCAD не выводится диалоговое окно **AutoCAD 2002 Today**. При создании файла появляется стандартное окно **Startup** (Начало работы) (версии AutoCAD 2000, 14 и т. д.), которое также рассматривается в пособии. Из панели инструментов **Object Properties** (Свойства объектов) выделены в отдельную панель **Layers** (Слои) кнопки, относящиеся к работе со слоями. Добавлена панель инструментов **Styles** (Стили), содержащая две кнопки для создания и редактирования текстового и размерного стилей. Изменился дизайн некоторых кнопок, чуть отличается цветовое оформление диалоговых окон и панелей инструментов.

Порядок выполняемых при моделировании действий, диалоги при работе с командами в AutoCAD 2004 аналогичны AutoCAD 2002.

Программы трехмерного моделирования относятся к приложениям, максимально использующим ресурсы вычислительной системы. Для успешной работы с пространственными объектами требуются:

- ПК на базе процессора Intel Pentium II (минимум), Pentium 450 или более скоростных аналогов (рекомендуется);
- ОС Microsoft Windows 2000 Professional/Windows 98/Windows NT 4.0;
- ОЗУ 128 Мбайт и более;
- 200 Мбайт свободного дискового пространства;
- дисплей SVGA с разрешением 1024 × 768 (рекомендуется);
- видеоадаптер формата AGP на базе чипсетов NVidia, ATI, Matrox G400;
- мышь IntelliMouse или другое устройство указания.

Условные обозначения

В качестве базовой версии для изложения материала в пособии принята англоязычная версия системы AutoCAD 2002, в скобках приводятся русские аналоги терминов. Имена команд и системных переменных даются в книге заглавными буквами. При описании диалога с системой в командной строке **полужирным** шрифтом приводятся названия пунктов меню (команд) и их режимов, вводимые параметры. Сообщения системы даются *курсивом*. Координаты точек выделяются круглыми скобками.

В тексте введены следующие сокращения повторяющихся понятий:

- ДО — диалоговое окно;
- ВЭ — видовой экран;
- КМ — контекстное меню элемента управления, открываемое щелчком правой кнопки мыши на элементе управления пользовательского интерфейса (рабочей области, ПИ, кнопке в ДО, пункте меню и т. п.);
- ПИ — панель инструментов;
- КПИ — каскадная панель инструментов;
- КуМ — курсорное меню, открываемое щелчком правой кнопки мыши на рабочей области экрана при нажатой клавише <Shift>
- МСК — мировая система координат;
- ПСК — пользовательская система координат.

При описании работы с вложенными меню приведена последовательность выбора пунктов этих меню в виде цепочки, разделенной стрелками (⇒).

(Все)" означает, что нужно выбрать пункт **All** (Все) в подменю **Zoom** (Показать) меню **View** (Вид).

Подробный диалог с системой описан один раз при первой встрече с ним, затем просто указываются режимы и значения вводимых параметров со ссылкой на раздел, где подробно рассмотрены выполняемые действия.

При использовании клавиатуры нажимаемая клавиша обозначена угловыми скобками, например, <Enter> (клавиша ввода).

Для продуктивной и быстрой работы в графической системе следует обратить внимание на работу с мышью. Для двухкнопочной мыши с колесиком левая кнопка является кнопкой выбора и используется для следующих действий:

- указание положения;
- выбор объектов для редактирования;
- выбор пунктов меню, кнопок и других элементов диалоговых окон (ДО).

Правая кнопка может выполнять одно из следующих действий в зависимости от текущего контекста:

- завершение команды;
- вызов контекстного меню (КМ);
- вызов КМ объектной привязки;
- вызов ДО панели инструментов (ПИ).

В AutoCAD вращением колесика мыши можно масштабировать и перемещать по экрану рисунок без вызова предназначенных для этого команд:

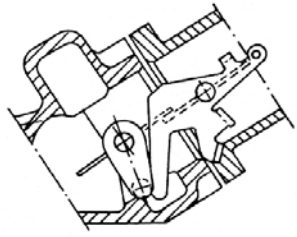
- для увеличения (уменьшения) изображения — *повернуть колесико вперед (назад)*;
- для перемещения изображения по экрану — *перемещать курсор в нужном* направлении, удерживая в нажатом состоянии колесико-кнопку;
- для показа изображения в границах рисунка — *сделать двойной щелчок колесиком-кнопкой.*

Указатель мыши может изменять форму в зависимости от своего расположения. В области рисования указатель имеет форму *перекрестья*, вне графической области — форму *стрелки*, в текстовом окне — форму латинской буквы I. Указатель мыши может также принимать в зоне рисования форму *прицела* — для выбора объекта.

В табл. П1.1 приводится перечень некоторых действий, наиболее часто упоминаемых в тексте, с пояснениями.

Таблица П1.1. *Стандартные действия*

Действие	**Описание**
Нажать кнопку; щелкнуть на значке, в пределах поля (области); выбрать ..., перейти на ..., открыть вкладку; установить (снять) флажок	Подвести указатель мыши (стрелку) к кнопке (значку, вкладке и т. д.) и щелкнуть левой кнопкой мыши
Выбрать пункт меню (строку)	Подвести указатель мыши (стрелку) к функции (строке) на экране (при этом она будет выделена цветом), затем щелкнуть левой кнопкой мыши
Ввести в командной строке	Переместить указатель мыши в текстовое окно (указатель мыши примет форму латинской буквы I) и набрать текст на клавиатуре
Выбрать прицелом	Навести указатель мыши (прицел) на контур объекта (т. е. указать контур объекта мышью) и щелкнуть левой кнопкой мыши
Завершить команду или выбор объектов	Нажать клавишу <Enter> или щелкнуть правой кнопкой мыши на рабочей области экрана и в открывшемся контекстном меню (КМ) выбрать пункт **Enter** (см. выше)



Часть I

Полигональное моделирование объекта

Глава 1. Создание нового чертежа

Глава 2. Последовательность построения объектов

Глава 3. Сборка крышки подшипника из элементов

Глава 4. Преобразование изображения в пространство листа

Глава 5. Печать и предварительный просмотр изображения

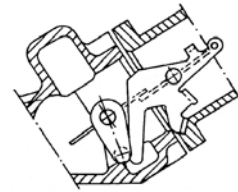
В геометрическом пространственном моделировании объект можно представить в виде каркасной, полигональной (поверхностной) и объемной (твердотельной) моделей. Для каждого из типов существует своя техника создания и редактирования, поэтому не рекомендуется смешивать несколько типов моделирования в одном рисунке.

Каркасная модель представляет собой скелетное описание пространственного объекта. Она не имеет граней и состоит только из точек, отрезков и кривых.

При создании *полигональной модели* предполагается, что технические объекты ограничены поверхностями (оболочками), которые отделяют их от окружающей среды, т. е. в этом случае описываются не только ребра объекта, но и его грани. Такая оболочка тела графически изображается поверхностями. *Поверхность* — часть трехмерного пространства, имеющая площадь, но не имеющая объема.

С помощью *полигональной модели* можно описать любую поверхность технического объекта, содержащую наряду с плоскими многоугольниками поверхности второго порядка. AutoCAD строит поверхности на базе полигональных сетей. Поскольку грани сети являются плоскими, представление криволинейных поверхностей производится путем аппроксимации поверхностей многогранником, каждая грань которого является простейшим плоским многоугольником. Чем больше число граней, тем меньше отклонение от действительной формы объекта.

Глава 1



Создание нового чертежа

После загрузки программы AutoCAD 2002 двойным щелчком левой кнопки мыши на ярлыке AutoCAD на экране открывается окно **AutoCAD 2002 Today** (Проектный центр AutoCAD 2002), с помощью которого можно начинать работу в системе. При первоначальном запуске AutoCAD 2004 диалоговое окно **AutoCAD 2002 Today** не выводится. В этом случае при создании или открытии файла появляется стандартное окно **Startup** (Начало работы), знакомое по предыдущим версиям AutoCAD 2000, 14 и т. д., которое рассматривается позднее.

Диалоговое окно **AutoCAD 2002 Today** (Проектный центр AutoCAD 2002) разделено на три области: **My Drawings** (Мои рисунки), **Bulletin Board** (Доска объявлений) и **The Web** (Web) (рис. 1.1). Если в этом окне подвести указатель мыши к расположенной в левом верхнем углу кнопке **?**, то высветится подсказка **What is "Today"?** (Что такое Проектный центр?). Щелчком левой кнопки мыши можно раскрыть справочное окно, поясняющее структуру и назначение окна **AutoCAD 2002 Today** (Проектный центр AutoCAD 2002). После ознакомления окно можно закрыть щелчком левой кнопки мыши на расположенной в правом нижнем углу кнопке **Close** (Закрыть).

В каждой области окна **AutoCAD 2002 Today** (Проектный центр AutoCAD 2002) есть кнопки + и −. Первая кнопка позволяет развернуть соответствующую область окна до больших размеров, вторая — свернуть область до меньших размеров или временно скрыть ее.

Рассмотрим подробнее структуру окна **AutoCAD 2002 Today** (Проектный центр AutoCAD 2002) (см. рис. 1.1). Области **My Drawings** (Мои рисунки) и **Bulletin Board** (Доска объявлений) объединены расположенным вертикально в левой части общим заголовком **My Workplace** (Рабочее место), что указывает на основное назначение этой части окна — обеспечить работу пользователя на конкретном рабочем месте.

Область **Bulletin Board** (Доска объявлений) предназначена для вывода объяв-

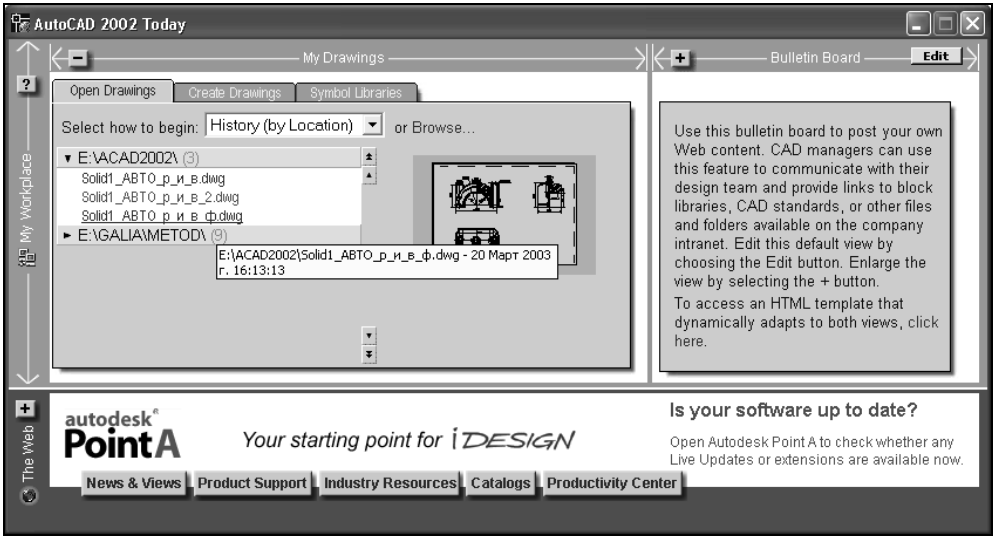


Рис. 1.1. Окно **AutoCAD 2002 Today**

Область **My Drawings** (Мои рисунки), с которой начинают работу, содержит три вкладки:

- **Open Drawings** (Открытие рисунка);
- **Create Drawings** (Создание рисунка);
- **Symbol Libraries** (Библиотеки).

Чтобы открыть нужную вкладку, щелкните левой кнопкой мыши на ярлычке этой вкладки.

С помощью вкладки **Open Drawings** (Открытие рисунка) можно просмотреть последние файлы с расширением dwg, с которыми работал пользователь. Если подвести указатель мыши к имени файла, то система AutoCAD подчеркнет это имя, рядом в желтом прямоугольнике всплывающей подсказки появятся полное имя файла, а также дата и время, когда этот файл был открыт в последний раз. Параллельно в правой части вкладки отображается уменьшенное изображение рисунка. Таким образом, перемещая указатель мыши по списку файлов, можно быстро просмотреть последние чертежи.

Чтобы просмотреть содержимое файлов из других папок, к которым обращались в последнее время, нужно свернуть список файлов чертежей рассматриваемой папки щелчком левой кнопки мыши на *имени* папки. В этом случае в левой части вкладки **Open Drawings** (Открытие рисунка) можно открыть список файлов, к которым обращались в последнее время, из другой папки. Для выбора папки следует использовать кнопки

Раскрывающийся список **Select how to begin** (Какие файлы показать) (см. рис. 1.1) (раскрыть его можно щелчком левой кнопки мыши на кнопке с треугольной стрелкой) помогает выбрать один из способов сортировки файлов:

- **Most Recently Used** (Самые последние);
- **History** (**by Date**) (Последние, по дате);
- **History** (**by Filename**) (Последние, по имени);
- **History** (**by Location**) (Последние, по размещению).

По умолчанию AutoCAD применяет сортировку **History** (by Location) (Последние, по размещению). Чтобы выбрать другой способ сортировки файлов, нужно щелкнуть левой кнопкой мыши на нужном пункте списка.

Если нужно открыть файл, которого нет в списке последних рабочих файлов, следует щелкнуть левой кнопкой мыши на надписи **Browse** (Обзор), после чего откроется диалоговое окно **Select File** (Выбор файла), в котором нужно указать диск, папку и файл обычным способом.

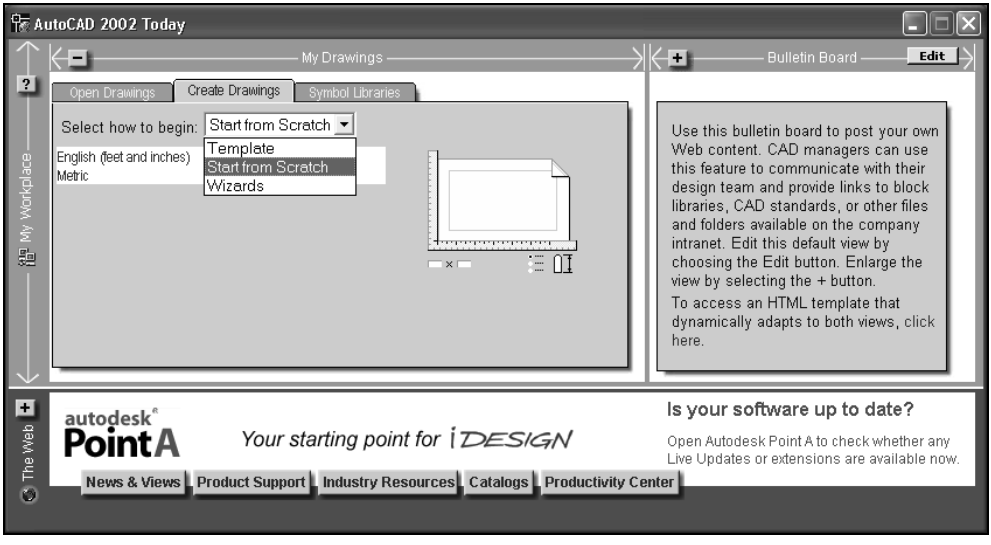


Рис. 1.2. Выбор режима создания рисунка на вкладке **Create Drawings**

При создании нового рисунка в окне **AutoCAD 2002 Today** (Проектный центр AutoCAD 2002) следует открыть вкладку **Create Drawings** (Создание рисунка) (рис. 1.2). Здесь тоже с помощью раскрывающегося списка **Select how to begin** (Как создавать рисунок) можно задать один из режимов работы:

- **Template** (По шаблону);
- **Start from Scratch** (Простейший шаблон);

При выборе режима **Template** (По шаблону) (рис. 1.3) выводится список файлов шаблонов (.dwt). Пользователь может выбрать в списке какой-либо готовый прототип чертежа в виде *шаблона*, содержащего некоторые настройки, основную надпись и т. п.

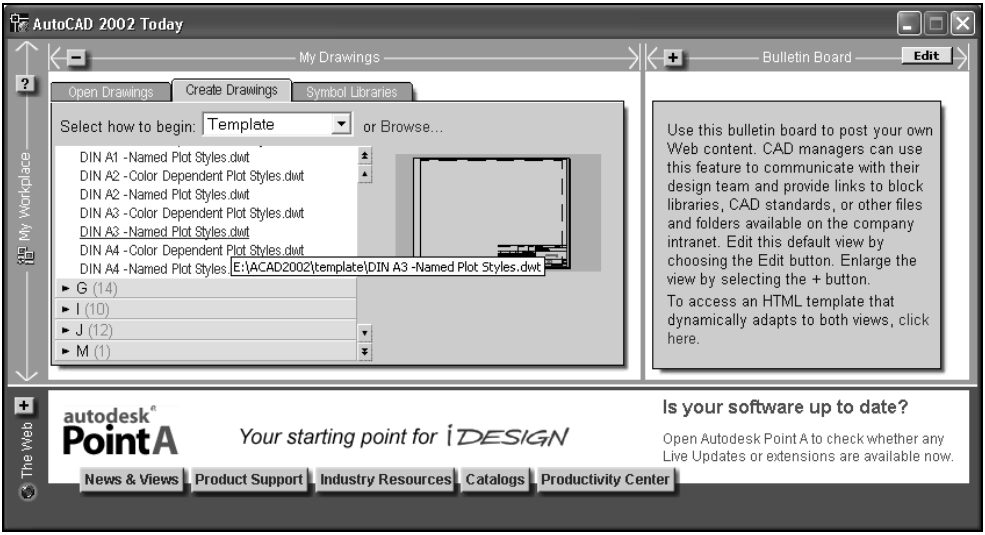


Рис. 1.3. Выбор прототипа чертежа в виде *шаблона* в режиме **Template**

Режим **Start from Scratch** (Простейший шаблон) позволяет начать работу с чистого листа. В этом случае предлагается для выбора два варианта единиц измерения:

- **English (feet and inches)** (Британские), единицы измерения — дюймы;
- **Metric** (Метрические), единицы измерения — миллиметры.

Обычно выбирают второй вариант.

Режим **Wizards** (Мастера) позволяет вызвать одну из двух программ-мастеров настройки нового рисунка. Мастер **Quick Setup** (Быстрая подготовка) предлагает короткий диалог для настройки среды будущего чертежа. Мастер **Advanced Setup** (Детальная подготовка) предлагает расширенный диалог. Для выбора типа мастера нужно подвести указатель мыши к нужной строке (при этом система подчеркнет ее, а ниже появится справочная информация о мастере), а затем щелкнуть левой кнопкой мыши.

В нашем примере чертеж начинают с чистого листа. Поэтому на вкладке **Create Drawings** (Создание рисунка) выбирают режим **Start from Scratch** (Простейший шаблон). В области **Default Settings** (Единицы) щелчком левой кнопки мыши для работы устанавливают единицы измерения **Metric** (Мет-

Примечание

Начальное окно системы AutoCAD 2002 можно настроить таким образом, чтобы вначале работы вместо окна **AutoCAD 2002 Today** (Проектный центр AutoCAD 2002) выводилось привычное диалоговое окно AutoCAD 2000 — **Startup** (Начало работы). Это же окно выводится при первоначальном запуске AutoCAD 2004.

Чтобы в начале работы открывалось диалоговое окно **Startup** (Начало работы), нужно выполнить следующие действия.

1. Выбрать пункт **Tools** (Сервис) ⇒ **Options** (Настройка).
2. В открывшемся ДО **Options** (Настройка) перейти на вкладку **System** (Система).
3. В области **Startup** (При запуске) щелчком на кнопке с треугольной стрелкой раскрыть список, в котором выбрать вариант **Show traditional startyp dialog** (Обычное начальное окно).
4. Завершить диалог нажатием кнопки **OK**.

Такое же диалоговое окно, только с названием **Create New Drawing** (Создание нового рисунка) (рис. 1.4), выводится при создании нового чертежа с помощью пункта **File** (Файл) ⇒ **New** (Создать) или кнопки **New** (Создать) ПИ **Standard Toolbar** (Стандартная).

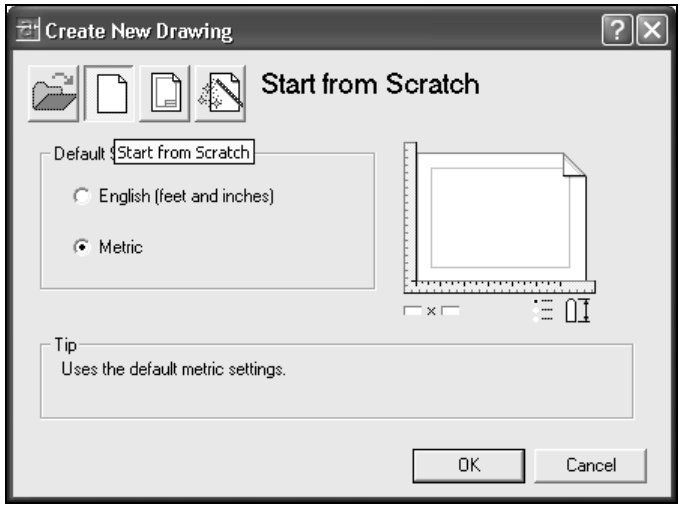


Рис. 1.4. Диалоговое окно **Create New Drawing**

В открывшемся окне расположены кнопки для выбора одного из вариантов создания нового чертежа (слева направо):

Start from Scratch (Простейший шаблон)

Use a Template (По шаблону)

Use a Wizard (Вызов мастера)

Каждому из этих вариантов соответствует режим начала работы, рассмотренный выше для окна **AutoCAD 2002 Today** (Проектный центр AutoCAD 2002).

Для создания нового чертежа нужно выполнить следующие действия.

1. Щелкнуть мышью на кнопке **Start from Scratch** (Простейший шаблон).
2. В области **Default Settings** (Единицы по умолчанию) выбрать переключатель **Metric** (Метрические).
3. Завершить диалог нажатием кнопки **OK**.

1.1. Настройка рабочей среды

Для удобства работы в среде ACAD рекомендуется изменить некоторые режимы настройки системы, например цвет рабочей области экрана и размер графического курсора.

Чтобы установить белый цвет рабочей области экрана, нужно выполнить следующие действия.

1. Выбрать пункт **Tools** (Сервис) ⇒ **Options** (Настройка).
2. В открывшемся ДО **Options** (Настройка) (рис. 1.5) перейти на вкладку **Display** (Экран).
3. В области **Window Elements** (Элементы окна) щелкнуть мышью на кнопке **Colors** (Цвета).
4. В открывшемся ДО **Color Options** (Установка цветов) в списке **Window Element** (Элемент окна) выбрать строку **Model tab background** (Фон на вкладке "Модель").
5. В списке **Color** (Цвет:) выбрать строку **White** (Белый).
6. Кнопкой **Apply & Close** (Принять) закрыть это ДО и возвратиться в предыдущее ДО.
7. В ДО **Options** (Настройка) на вкладке **Display** (Экран) установить размер графического курсора. В поле ввода (белый прямоугольник) **Crosshair size** (Размер перекрестья) нужно ввести значение **100** вместо предлагаемого значения **5**.

Пункт **Options** (Настройка) можно выбрать в так называемом *контекстном меню* (КМ), открываемом щелчком правой кнопки мыши на рабочей области экрана. Щелчок правой кнопки мыши на каждом элементе окна открывает его КМ с необходимыми командами, относящимися к этому элементу. Поскольку этот способ выбора команд удобнее, в дальнейшем он будет часто предлагаться.

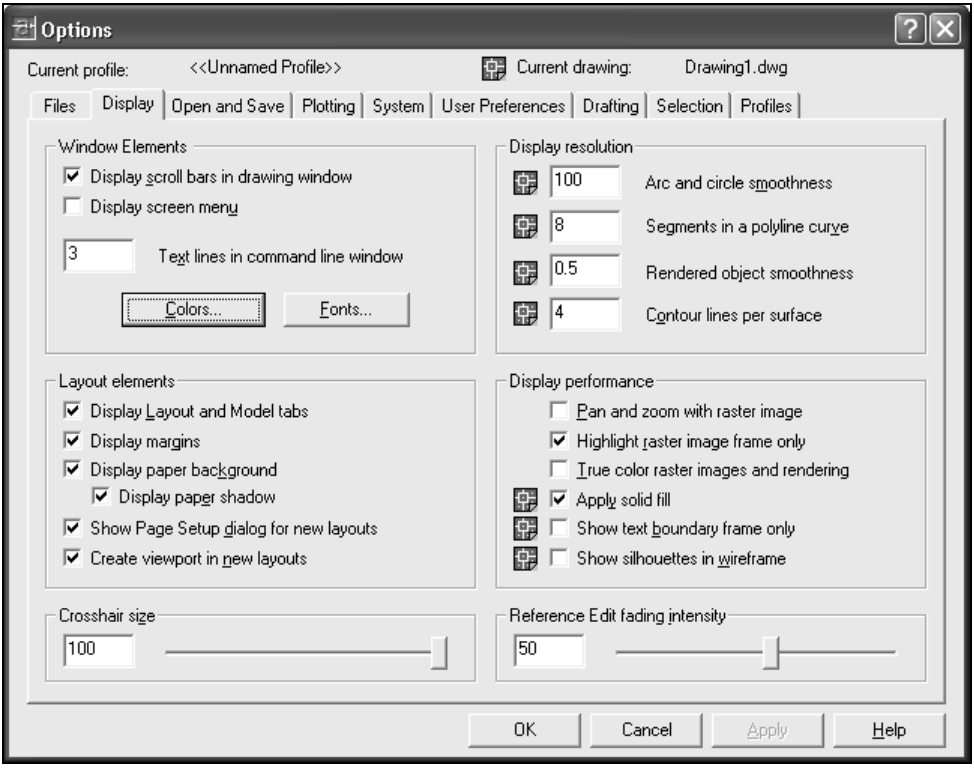


Рис. 1.5. Вкладка **Display** диалогового окна **Options**

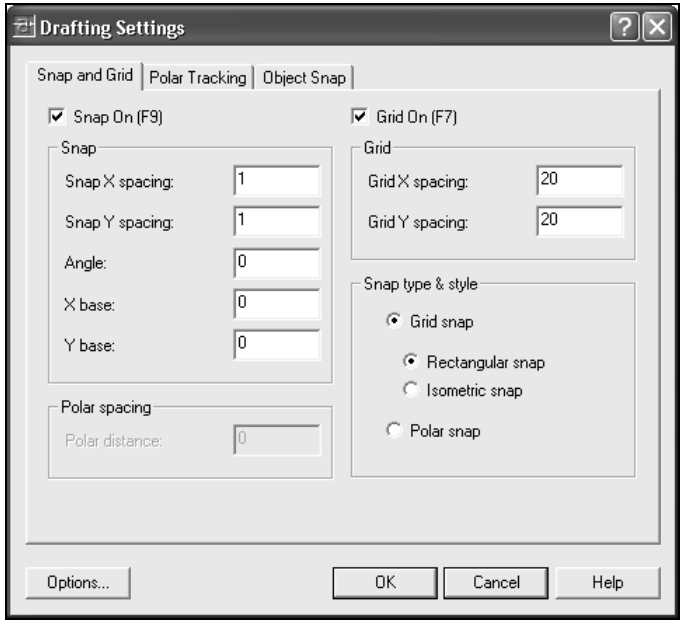
Для создаваемого чертежа можно настроить значения контролируемых пределов области чертежа с помощью пункта **Format** (Формат) ⇒ **Drawing Limits** (Лимиты). На запрос в командной строке *Specify lower left corner* (Левый нижний угол) вводят значения координат для левого нижнего угла (**0,0**). Можно согласиться с предложенными по умолчанию в угловых скобках нулевыми значениями координат, для этого нужно либо нажать клавишу <Enter> (это называют "пустым вводом"), либо открыть КМ рабочей области экрана со списком режимов (опций) для команды **Limits** (Лимиты), в котором нужно выбрать пункт **Enter** (Ввод) и на последующий запрос в команд-

координат для правого верхнего угла (**220,160**) вместо прежнего значения (**420,297**).

Чтобы задать режимы рисования, нужно выполнить следующие действия.

1. Выбрать пункт **Tools** (Сервис) ⇒ **Drafting Settings** (Режимы рисования).
2. В открывшемся ДО **Drafting Settings** (Режимы рисования) перейти на вкладку **Snap and Grid** (Шаг и сетка) (для этого можно использовать функцию **Settings** (Режимы) из КМ кнопки **GRID** (СЕТКА) (рис. 1.6) или **SNAP** (ШАГ) в строке состояния).
3. Установить флажок **Grid On** (Сетка вкл) (рис. 1.7), который задает одноименный режим отображения координатной сетки на рабочей области чертежа. Впоследствии сетку можно отключать и включать нажатием кнопки **GRID** (СЕТКА) в строке состояния, расположенной под командной строкой, или нажатием клавиши <F7>.

Рис. 1.6. Выбор функции **Settings** в контекстном меню



4. В группе **Grid** (Сетка) в полях ввода **Grid X spacing** (Шаг сетки по X) и **Grid Y spacing** (Шаг сетки по Y) ввести величины шага координатной сетки по осям X и Y, равные **20** мм.
5. В группе **Snap** (Шаг) в полях ввода **Snap X spacing** (Шаг привязки по X) и **Snap Y spacing** (Шаг привязки по Y) ввести величины шага привязки графического курсора к координатной сетке по осям X и Y, равные **1** мм.
6. Завершить диалог нажатием кнопки **OK**.

На экране отобразится координатная сетка в виде точек, заполняющая область, заданную лимитами чертежа.

1.2. Создание слоев. Управление цветом и типом линий

При разработке геометрической модели и оформлении чертежа детали обычно выполняют ряд вспомогательных построений, которые в дальнейшем не используются. Кроме того, иногда целесообразно быстро разделить изображение на экране по определенным признакам, например по типу линии, по разным элементам чертежа и др. Это реализуется посредством работы со слоями с помощью команды **LAYER** (СЛОЙ). *Слои* — это удобное и мощное средство системы. Система AutoCAD позволяет размещать геометрическую и текстовую информацию на нескольких слоях, представляющих собой как бы прозрачные пленки, на которых выполняют различные построения. Слои можно отключать, временно скрывая изображения, выполненные на них. Информация при этом не теряется и может быть отображена при включении слоя. Для различных слоев можно назначить отдельные типы линий (сплошные, штриховые, штрихпунктирные и др.) и их цвета, что позволяет выделять и отделять друг от друга фрагменты чертежа. Рекомендуется цвет и тип линий задавать по слоям (**By Layer**).

Текущие построения выполняют в *текущем* слое.

Для работы со слоями нужно выбрать пункт **Format** (Формат) ⇒ **Layer** (Слои) (можно использовать кнопку **Layers** (Слои) из ПИ **Object Properties** (Свойства объектов)). В открывшемся ДО **Layer Properties Manager** (Диспетчер свойств слоев) (рис. 1.8) надо нажать кнопку **New** (Новый).

Вместо предложенного по умолчанию имени **Layer1** (Слой1) можно ввести с клавиатуры нужное имя нового слоя.

Задать цвет слоя можно щелчком мыши на квадратике в столбце **Color** (Цвет) в строке слоя. При этом откроется ДО **Select Color** (Выбор цвета) с палитрой цветов, в котором нужно выбрать требуемый цвет и кнопкой **OK**

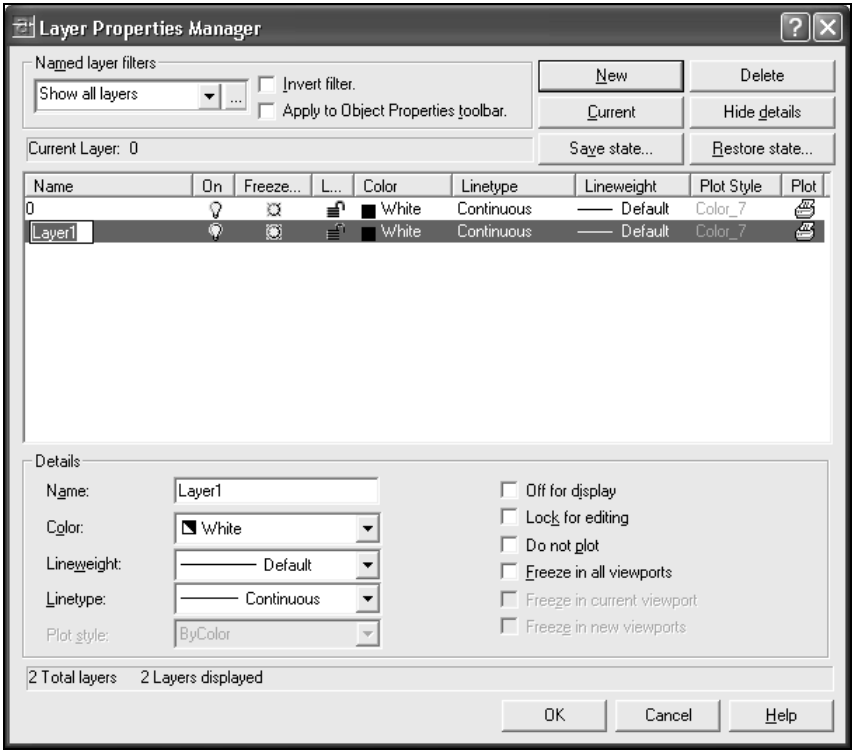


Рис. 1.8. Диалоговое окно **Layer Properties Manager**

Если требуется изменить имя созданного слоя, нужно щелкнуть на имени слоя (при этом оно обрамляется прямоугольником, что означает переход в режим редактирования имени) и ввести новое имя или отредактировать прежнее.

Чтобы сделать нужный слой *текущим*, следует сначала выделить его щелчком в списке слоев, а затем щелкнуть на кнопке **Current** (Текущий).

Для изменения имени и цвета созданного слоя можно использовать область **Details** (Подробнее) в нижней части ДО (см. рис. 1.8) (если область отсутствует, то ее открывают нажатием кнопки **Show Details** (С подробностями)). В поле ввода **Name** (Имя) вводят или редактируют имя выделенного слоя, в списке **Color** (Цвет) задают другой цвет. Область **Details** (Подробнее) закрывают нажатием кнопки **Hide Details** (Без подробностей).

Для управления видимостью получаемых изображений на разных этапах построения модели создают четыре новых слоя, для которых задают различный цвет объектов (рис. 1.9):

- **Constr** (Построения) — для выполнения вспомогательных построений, цвет **Wihte** (Белый), толщина **Default** (По умолчанию) и тип линии

- **Contur** (Контур) — для выполнения контурных линий, цвет **Magenta** (Фиолетовый);
- **Surf1** (Поверхн1) — для выполнения изображения корпуса, цвет **Green** (Зеленый);
- **Surf2** (Поверхн2) — для выполнения изображений других элементов крышки, цвет **Red** (Красный).

Текущим устанавливают слой с именем **0**.

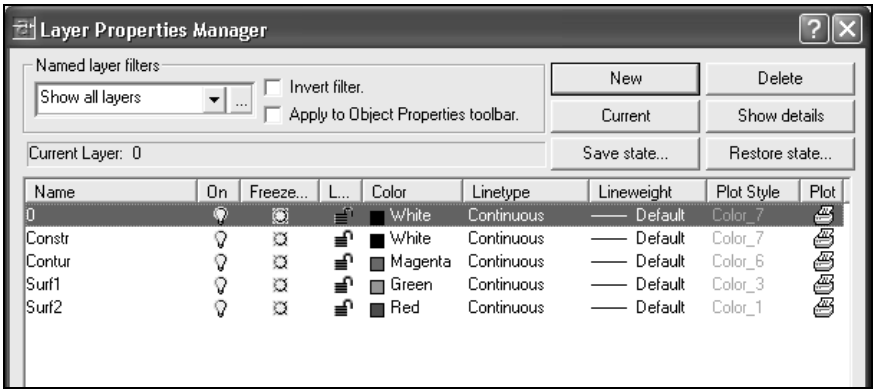


Рис. 1.9. Создание новых слоев

Ненужные слои можно удалить до их использования с помощью кнопки **Delete** (Удалить). Завершают диалог нажатием кнопки **OK**.

1.3. Создание видовых экранов

Для наглядности результатов построения объекта система ACAD предоставляет возможность визуализации изображения на нескольких видовых окнах. *Видовой экран* (ВЭ) в системе AutoCAD — это прямоугольный участок графического экрана, на котором отображается некоторая часть пространства модели рисунка. В зависимости от требуемого результата можно использовать различные способы создания видовых экранов. В пространстве модели видовые экраны являются неперекрывающимися, т. е. располагаются как смежные прямоугольники, которые никогда не находят один на другой. Они предназначены, прежде всего, для облегчения просмотра модели во время ее создания с разных точек зрения. Установку ВЭ осуществляют командой **VPORTS** (ВЭКРАН).

Примечание

В некоторых русифицированных версиях программы AutoCAD применяется тер-

Предварительно для наглядности отображения пространства и лучшей конфигурации ВЭ в слое **0** с помощью команды **LINE** (ОТРЕЗОК) строят отрезки осей координат, длины которых соответствуют пределам (лимитам) чертежа. Для оси X координаты первой точки равны (**0,0**), второй — (**220,0**). Оси Y и Z строят по координатам соответственно (**0,0**);(**0,160**) и (**0,0**);(**0,0,160**). Варианты ввода координат точек рассмотрены ниже.

Например, для оси X нужно выполнить следующие действия.

1. Выбрать пункт **Draw** (Рисование) ⇒ **Line** (Отрезок) (можно использовать кнопку **Line** (Отрезок) из ПИ **Draw** (Рисование)).
2. В ответ на запрос *Specify first point* (Первая точка) в командной строке ввести значения координат (**0,0**).
3. В ответ на запрос *Specify next point* (Следующая точка) ввести значения координат (**220,0**).
4. Завершить команду нажатием клавиши <Enter> или выбором команды **Enter** (Ввод) из КМ рабочей области экрана.

Вторую точку можно было ввести с использованием ортогональной трассировки (слежения) в направлении отрезка. Для этого включают режим "орто" щелчком в строке состояния (под командной строкой) на кнопке **ORTHO** (ОРТО) (кнопка становится утопленной) или нажатием клавиши <F8>. Движением графического курсора вправо направляют туда "резиновую нить" от первой точки и вводят с клавиатуры число **220**. При необходимости отключения режима "орто" выполняют повторный щелчок в строке состояния на кнопке **ORTHO** (ОРТО) (кнопка становится приподнятой) или нажимают клавишу <F8>.

Для построения оси Y повторный ввод команды **LINE** (ОТРЕЗОК) удобнее выполнить нажатием клавиши <Enter> или выбором в КМ *(см. разд. 1.1)* команды **Repeat Line** (Повторить ОТРЕЗОК). Можно для повтора команды использовать КМ командной строки, в котором пункт **Recent Commands** (Последние команды) открывает список из шести команд, выполненных последними.

Повторяющиеся значения координат лучше вводить, вызывая их из памяти и пролистывая в командной строке с помощью клавиш <↑> или <↓>. В памяти хранятся введенные значения координат и параметров в данном сеансе работы с чертежом. Таким образом, на запрос в командной строке *Specify first point* (Первая точка) вводят значения координат (**0,0**), найденных пролистыванием.

Следующую точку на оси Y можно ввести так же, как и на оси X, однако лучше использовать полярную трассировку (слежение). Для этого щелчком в строке состояния на кнопке **POLAR** (ПОЛЯР) или клавишей <F10>

"шаг" включают нажатием кнопки **SNAP** (ШАГ) или клавиши <F9>. Движением графического курсора вверх направляют туда пунктирную линию трассировки до появления всплывающей подсказки **Polar: 160.0000<90** и щелчком левой кнопки мыши вводят эту координату или число **160** с клавиатуры. Завершают ввод нажатием клавиши <Enter>. Отключают режимы "шаг" и "поляр" повторным щелчком на соответствующей кнопке в строке состояния или нажатием функциональной клавиши.

Для построения оси Z вводят повторно команду **LINE** (ОТРЕЗОК), на запрос в командной строке *Specify first point* (Первая точка) вводят значения координат (**0,0**), найденных пролистыванием; на запрос *Specify next point* (Следующая точка) находят пролистыванием значения координат (**0,0**) и добавляют к ним с клавиатуры через запятую число **160**. Нажатием клавиши <Enter> вводят полученное значение.

Установку четырех видовых экранов с помощью команды **VPORTS** (ВЭКРАН) осуществляют двумя способами.

- Первый способ — установка вручную с использованием функции **View** (Вид) ⇒ **Viewports** (Видовые Экраны) ⇒ **KM 4 Viewports** (4 ВЭкрана). При этом экран разделяется на четыре равных ВЭ, изображения на которых соответствуют направлению взгляда на виде сверху.

  Для удобства и наглядности работы устанавливают направление взгляда на объекты в каждом ВЭ в соответствии с направлением проецирования на плоскости проекций. Левый нижний экран должен соответствовать горизонтальной плоскости проекций ("вид сверху" или "в плане"), левый верхний — фронтальной ("вид спереди"), правый верхний — профильной ("вид слева"), правый нижний — изометрической. При этом изменение изображения, выполненное на одном ВЭ, сразу отразится на других.

  Текущим для работы может быть только один из ВЭ. Для установки нужного ВЭ в качестве текущего щелкают левой кнопкой мыши в его области, при этом он обрамляется темной рамкой.

  Установку направлений проецирования на каждом ВЭ осуществляют командой **VPOINT** (ТЗРЕНИЯ).

  Для задания направления взгляда на объект удобно использовать стандартные значения точек зрения, которым соответствуют команды меню **View** (Вид).

Примечание

Точка зрения — это термин, определяющий местоположение наблюдателя относительно изображаемых предметов.

Прежде всего необходимо сделать соответствующий ВЭ текущим. На-

левой кнопкой мыши в области левого верхнего ВЭ, а затем выполнить пункт **View** (Вид) ⇒ **3D Views** (3М Виды) ⇒ **Front** (Спереди).

Аналогично устанавливают точки зрения для других ВЭ: **Top** (Сверху); **Left** (Слева); **NE Isometric** (СВ Изометрия).

Следует сохранить созданную конфигурацию ВЭ под определенным именем, например **4VP** (4ВЭ). Это необходимо для восстановления конфигурации ВЭ без повторения настроек точек зрения после изменения числа ВЭ, например после перехода к одному ВЭ. Для сохранения созданной конфигурации нужно выполнить следующие действия.

1. Выбрать пункт **View** (Вид) ⇒ **Viewports** (Видовые экраны) ⇒ **Named Viewports** (Именованные ВЭ).
2. В открывшемся ДО **Viewports** (Видовые экраны) перейти на вкладку **New Viewports** (Новые ВЭкраны).
3. Щелкнуть в поле ввода **New Name** (Новое имя) и ввести имя сохраняемой конфигурации **ВЭ**, например **4VP** (4ВЭ).
4. Завершить диалог нажатием кнопки **OK**.

❒ Второй способ более удобен — автоматизированное создание ВЭ. Для этого нужно выполнить следующие действия.

1. Выбрать пункт **View** (Вид) ⇒ **Viewports** (Видовые экраны) ⇒ **New Viewports** (Новые ВЭ).
2. В открывшемся ДО **Viewports** (Видовые экраны) перейти на вкладку **New Viewports** (Новые ВЭкраны) (рис. 1.10).
3. В поле ввода **New Name** (Новое имя) ввести имя сохраняемой конфигурации ВЭ, например **4VP** (4ВЭ).
4. В области **Standard viewports** (Стандартные конфигурации) выделить строку **Four: Equal** (Четыре: равномерно), при этом в области **Preview** (Образец) отобразится внешний вид четырех ВЭ.
5. В списке **Applay to** (Применить) выбрать объект, к которому будет применяться операция деления на части, — строку **Display** (Ко всему экрану).
6. В списке **Setup** (Режим) выбрать строку **3D** (3D), чтобы текущий вид устанавливался в одном из создаваемых ВЭ.

В области **Preview** (Образец) отобразятся предлагаемые названия точек зрения на всех четырех ВЭ, порядок которых не соответствует принятому у нас, поэтому нужно изменить его вручную.

1. Щелчком в области **Preview** (Образец) на левом нижнем ВЭ сделать его текущим.
2. В списке **Change view to** (Сменить вид на) выбрать строку **"Top"**

3. Повторить действия пп. 7–8 для других ВЭ в последовательности, описанной для команды **VPOINT** (ТЗРЕНИЯ).
4. Завершают диалог нажатием кнопки **OK**.
5. Щелчком на ВЭ "вид сверху" сделать его текущим и включить координатную сетку, если она не включена *(см. разд. 1.1)*.

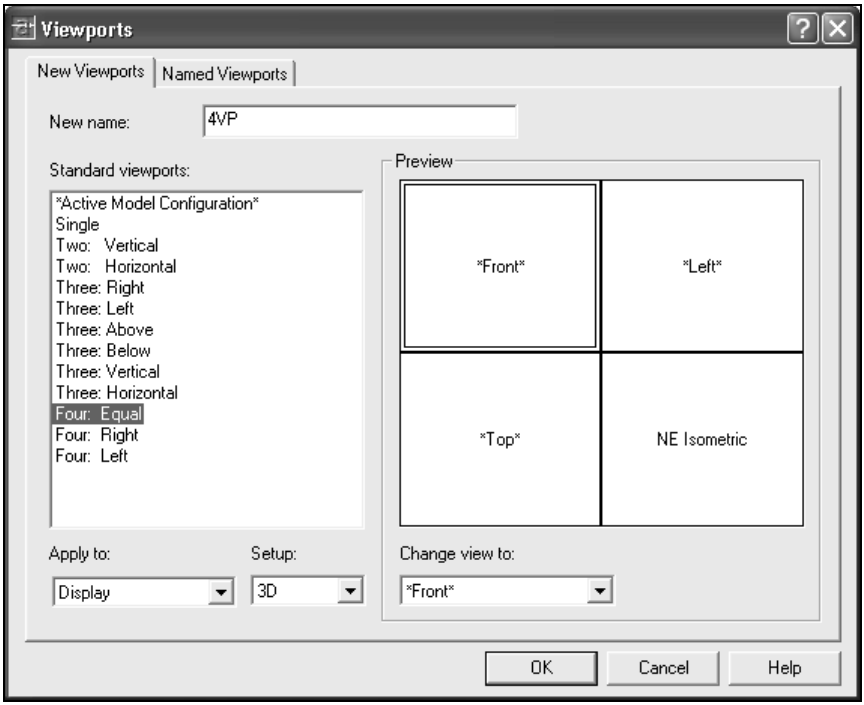


Рис. 1.10. Вкладка **New Viewports** диалогового окна **Viewports**

Отметим, что использование нескольких ВЭ не только улучшает наглядность работы, но и позволяет выполнять построения или редактирование на более удобных изображениях за счет перехода к различным ВЭ.

Следует иметь в виду, что на ВЭ изображены не проекции фигур, как на чертеже, а реальные пространственные объекты, на которые смотрят в направлениях ортогонального проецирования, перпендикулярных соответствующим плоскостям проекций. В этом случае видны как бы проекции фигур, но оперировать с этими изображениями как с проекциями нельзя. Поэтому все построения нужно осуществлять не на плоскостях проекций, а в трехмерном пространстве.

1.4. Настройка пользовательских систем координат

Средства AutoCAD выполняют построения двумерных примитивов (окружность, дуга, эллипс, многоугольник и др.) в плоскости построений XY на текущем уровне или в плоскости, параллельной плоскости XY, с заданным значением Z. Положение плоскости построений, в которой строятся объекты, определяется действующей системой координат. Положительное направление осей координат на первых трех экранах соответствует направлению осей X, Y, Z. Для отображения направления осей и положения начала координат служит специальный *знак (пиктограмма) ПСК (UCS)*, расположенный по умолчанию в левом нижнем углу экрана (рис. 1.11). В исходном положении плоскость XY совмещена с горизонтальной плоскостью проекций в *мировой системе координат* (МСК) и совпадает с плоскостью графического экрана. Третья ось (ось Z) МСК расположена перпендикулярно экрану и направлена от экрана к пользователю.

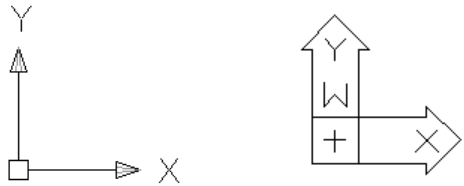


Рис. 1.11. Знак UCS в AutoCAD 2002, 2004 (слева) и в более ранних версиях системы (справа)

В качестве признака МСК на знаке осей имеется прямоугольник в точке начала координат. Более привычную форму знака (как в предыдущих версиях системы AutoCAD) можно установить следующим образом.

1. Выбрать пункт **View** (Вид) ⇒ **Display** (Отображение) ⇒ **UCS Icon** (Знак ПСК) ⇒ **Properties** (Свойства).
2. В открывшемся ДО **UCS Icon** (Знак ПСК) (рис. 1.12) в области **UCS icon style** (Стиль знака ПСК) выбирают с помощью переключателя стиль изображения **2D** (2М), в котором значок осей имеет в качестве признака МСК букву **W** (М) (см. рис. 1.11).

В случае выбора стиля **3D** (3М) при установленном флажке **Cone** (Конус) в диалоговом окне **UCS Icon** (Знак ПСК) на концах осей рисуется замкнутая стрелка (конус), при снятом флажке — незамкнутая (рис. 1.12).

Параметр **Line width** (Толщина линии) управляет шириной линии осей (зна-

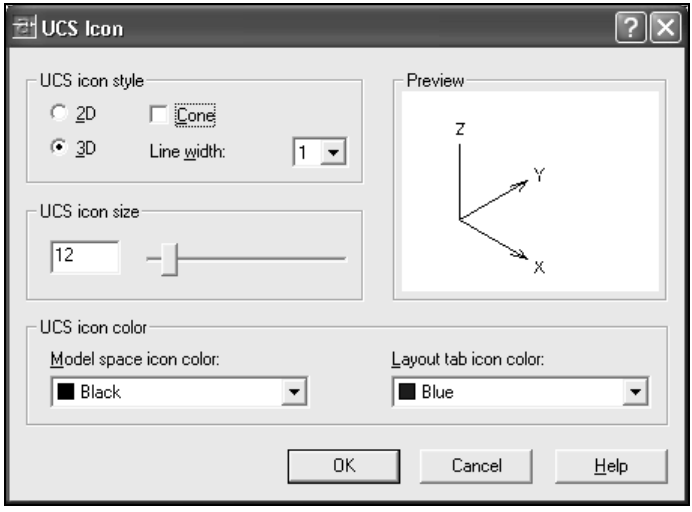


Рис. 1.12. Выбор стиля знака ПСК в диалоговом окне **UCS Icon**

В области **UCS icon size** (Размер знака ПСК) ползунком можно изменять размер знака в процентах от размера экрана.

В области **UCS icon color** (Цвет знака ПСК) можно выбрать цвет знака ПСК: в списке **Model space icon color** (Цвет в пространстве модели) — для пространства модели, в списке **Layout tab icon color** (Цвет знака на листах) — для пространства листа.

При осуществлении построений в других плоскостях (фронтальной или профильной) в AutoCAD применяют *пользовательскую систему координат*. Команда **UCS** (ПСК) позволяет установить плоскость построения XY в любом удобном для пользователя положении в трехмерном пространстве. Оси X и Y меняют свое направление так, что при этом сохраняется правая система координат. По окончании моделирования плоскость построений XY можно вернуть в исходное положение, но все построения останутся в том месте пространства, где они были выполнены.

В AutoCAD 2002 при создании нескольких ВЭ для ортогональных видов автоматически устанавливаются ортогональные ПСК, независимые для каждого экрана. При этом плоскость построений XY совмещается с плоскостями проекций, что обеспечивается с помощью режима сохранения ПСК вместе с ВЭ. Данный режим следует устанавливать перед созданием ВЭ.

Включение/выключение режима автоматической установки ПСК осуществляют в ДО **UCS** (ПСК), которое можно открыть:

- выбором команды **Tools** (Сервис) ⇒ **Orthographic UCS** (Ортогональные ПСК) ⇒ **Preset** (Стандартные ПСК);

- нажатием кнопки **UCS** (ПСК) в ПИ **Standard** (Стандартная) и последующим нажатием кнопки **Display UCS Dialog** (Диалог ПСК) в КПИ.

  В открывшемся ДО **UCS** (ПСК) нужно перейти на вкладку **Settings** (Режимы), в области **UCS settings** (Режимы ПСК) установить флажок **Save UCS with viewport** (Сохранять ПСК с ВЭкраном), чтобы сохранить индивидуальную ПСК для каждого ВЭ, и завершить диалог нажатием кнопки **OK**.

Созданные ПСК сохраняются в конфигурации ВЭ, сохранять их под именами не требуется. При переходе от экрана к экрану ПСК этого экрана устанавливается автоматически, т. е. не требуется изменение ПСК, как в ранних версиях AutoCAD.

В ДО **UCS** (ПСК) на вкладке **Orthographic UCSs** (Ортогональные ПСК) в области **Current UCS** (Текущая ПСК) в списке даны основные ортогональные ПСК. Черная треугольная стрелка, расположенная слева от имени, указывает текущую ПСК для выбранного ВЭ (рис. 1.13). Любые изменения ПСК в текущем ВЭ будут касаться только этого экрана. На других экранах ПСК остается без изменений.

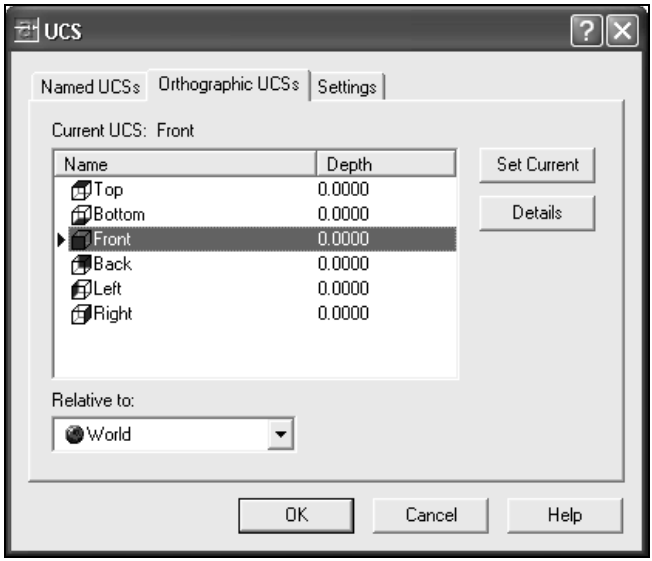


Рис. 1.13. Вкладка **Orthographic UCSs** диалогового окна **UCS**

Примечание

Следует отметить, что режим автоматического сохранения ПСК вместе с ВЭ

текущего ортогонального вида. Этот режим включают командой **SETVAR** (УСТПЕРЕМ), для чего нужно выполнить следующие действия.

1. Выбрать пункт **Tools** (Сервис) ⇒ **Inquiry** (Сведения) ⇒ **Set Variable** (Переменные).
2. На запрос в командной строке *Enter variable name* (Имя переменной) ввести имя системной переменной Ucsortho.
3. На запрос в командной строке *Enter new value for UCSORTHO* (Новое значение UCSORTHO) вводят значение системной переменной **1**.

Если режимы сохранения ПСК вместе с ВЭ и ассоциативной установки ПСК отключены (значение **Ucsortho** равно **0**), то задается единая ПСК для всех ВЭ. Это происходит и при работе с более ранними версиями AutoCAD. При необходимости изменения ПСК на каком-либо ВЭ ее установку осуществляют вручную. Для ортогональных видов изменение можно осуществить заданием точки зрения на текущем ВЭ. При этом осуществляется установка ПСК, одинаковой для всех ВЭ.

Можно изменить ПСК на ВЭ, используя команду **UCS** (ПСК). Для этого предварительно устанавливают текущим один из ВЭ, например фронтальный. Затем используют один из следующих режимов команды ПСК:

- для AutoCAD 2000—2004 используют режимы ортогональных ПСК из меню **Tools** (Сервис) ⇒ **Orthographic UCS** (Ортогональные ПСК) ⇒ **Front** (Передняя);
- для AutoCAD 2000—2004 используют режимы ортогональных **ПСК** из ДО **UCS** (ПСК) (см. выше).

  На вкладке **Orthographic UCS** (Ортогональные ПСК) в области **Current UCS** (Текущая ПСК) в списке выделяют соответствующую ортогональную ПСК, например, **Front** (Спереди), затем щелкают на кнопке **Set Current** (Установить) и завершают диалог нажатием кнопки **OK**;
- для всех версий AutoCAD используют режим **View** (Вид), в котором плоскость XY располагается перпендикулярно текущей точке зрения. Для этого выполняют пункт **Tools** (Сервис) ⇒ **New UCS** (Новая ПСК) ⇒ **View** (Вид) либо в ПИ **Standard** (Стандартная) нажимают кнопку **UCS** (ПСК) и затем в КПИ — кнопку **View UCS** (ПСК по виду).

Для удобства переключения ПСК при последующих построениях их конфигурацию запоминают под именами, например фронтальную ПСК — под именем **Front** (Спереди). Для этого нужно выполнить следующие действия.

1. Сделать текущим фронтальный ВЭ.
2. Открыть ДО **UCS** (ПСК) (см. выше).

4. В списке **Current UCS** (Текущая ПСК) щелчком правой кнопки мыши на строке **Unnamed** (Без имени) открыть КМ *(см. разд. 1.1)*.
5. В этом меню выбрать пункт **Rename** (Переименовать).
6. Ввести имя ПСК, например **Front** (Спереди).
7. Завершить диалог нажатием кнопки **OK**.

Аналогично устанавливают **ПСК** для профильного **ВЭ** (вид слева) и сохраняют ее под именем **Left** (Слева).

На виде сверху именованную **ПСК** пока не создают.

Для установки именованной ПСК в качестве текущей служит то же ДО **UCS** (ПСК) (см. рис. 1.13). В нем нужно выполнить следующие действия.

1. В области **Current UCS** (Текущая ПСК) в списке выделить именованную ПСК.
2. Щелкнуть на кнопке **Set Current** (Текущая).
3. Завершить диалог нажатием кнопки **OK**.

Для удаления ненужной **ПСК** предназначена команда **Delete** (Удалить) в КМ, открываемом щелчком правой кнопки мыши на имени ПСК в ДО **UCS** (ПСК).

Вернуться в МСК на горизонтальном ВЭ (вид сверху) также можно с помощью ДО **UCS** (ПСК), для этого есть три способа:

- выбрать в списке строку **World** (Мировая СК);
- выбрать пункт **Tools** (Сервис) ⇒ **New UCS** (Новые ПСК) ⇒ **World** (МСК);
- в ПИ **Standard** (Стандартная) нажать кнопку **UCS** (ПСК) и в раскрывшейся КПИ — кнопку **World UCS** (МСК).

Примечание

В дальнейшем будет рассматриваться только вариант с установленными режимами автоматического сохранения ПСК вместе с ВЭ и ассоциативной установки ПСК.

На этом завершается создание четырехэкранной среды.

Для многократного использования созданной среды следует сохранить эти установки в отдельном файле *шаблона*, который в дальнейшем будет служить прототипом. Для этого нужно выполнить следующие действия.

1. Выбрать пункт **File** (Файл) ⇒ **Save As** (Сохранить как).
2. В открывшемся ДО **Save Drawing As** (Сохранение рисунка) (рис. 1.14) в списке **Files of type** (Тип файла) выбрать строку **AutoCAD Drawing**

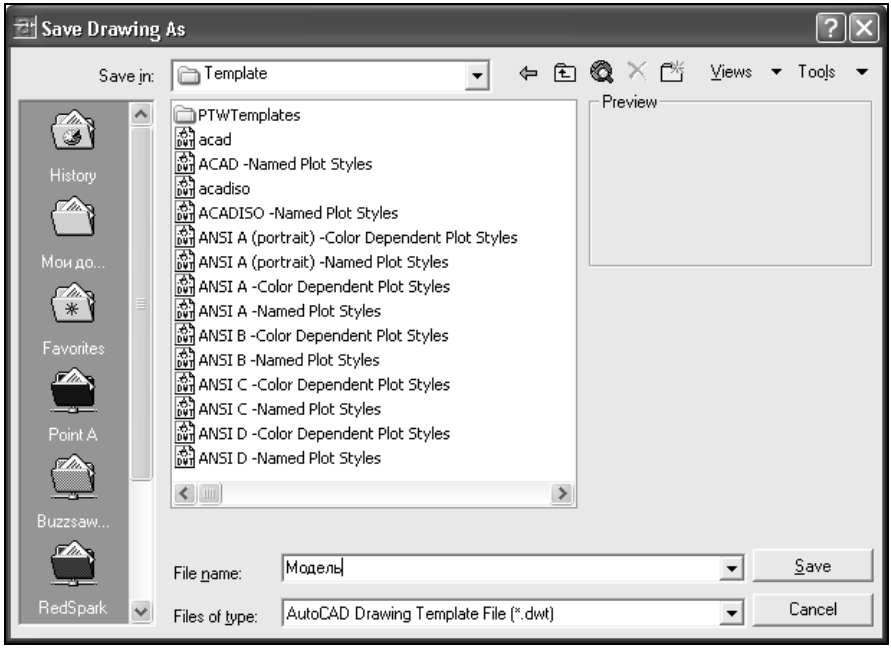
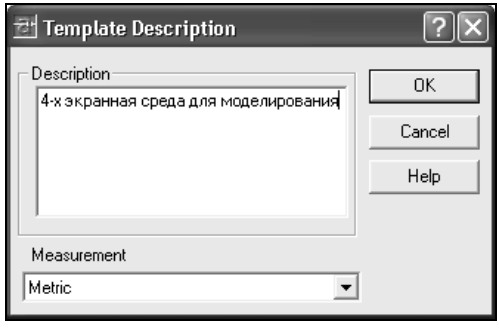
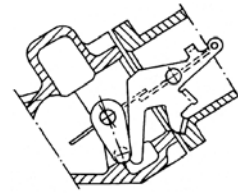


Рис. 1.14. Сохранение файла в виде шаблона

3. В поле ввода **File name** (Имя файла) ввести имя файла, например **Model** (Модель).
4. Щелкнуть на кнопке **Save** (Сохранить).
5. В открывшемся ДО **Template Description** (Описание шаблона) (рис. 1.15) можно описать назначение шаблона, например ввести текст **4-х экранная среда для моделирования**. Это описание будет появляться в ДО при создании нового чертежа на основе шаблона.
6. Завершить диалог нажатием кнопки **OK**.



Глава 2



Последовательность построения объектов

Предварительно проводят анализ формообразования создаваемого объекта. Для этого выделяют отдельные элементы крышки подшипника, характеризуемые простыми формами, ограничивающими их поверхности (рис. П1.1).

Центральную часть крышки, ограниченную в основном сферической поверхностью, называют **HOUSING** (КОРПУС).

Нижнюю часть корпуса, которой он устанавливается на основание подшипника, называют **PLATE** (ОСНОВАНИЕ).

Два одинаковых элемента, служащих для крепления крышки к основанию и имеющих коническую форму, называют **CONBOSS** (КОНБОБЫШКА) (коническая бобышка).

Элемент на верхней части корпуса, служащий для установки подшипника на месте его монтажа и имеющий цилиндрическую форму, называют **CYLBOSS** (ЦИЛБОБЫШКА) (цилиндрическая бобышка).

Элемент в нижней части корпуса крышки, служащий для установки самоцентрирующихся вкладышей подшипника скольжения и имеющий сферическую форму, называют **SUPPORT** (ОПОРА).

Моделируют объект поэлементно. Сначала создают блоки. Затем из них собирают объект по заданным на чертеже точкам вставки.

Создают новый файл на основе прототипа чертежа с созданной средой. Для этого используют созданный ранее файл шаблона с именем **Model** (Модель) *(см. разд. 1.4)*.

После запуска системы AutoCAD в открывшемся на экране окне **AutoCAD 2002 Today** (Проектный центр AutoCAD 2002) щелчком левой кнопки мыши выбирают вкладку **Open Drawings** (Открытие рисунка), в которой находят файл шаблона **Model.dwt** (Модель.dwt) и щелчком мыши открывают его.

Примечание

Если начальное окно системы AutoCAD 2002 настроено на традиционный диалог или используется версия AutoCAD 2004, то при создании нового чертежа открывается ДО **Create New Drawing** (Создание нового рисунка) (см. рис. 1.4).

Для использования готового шаблона в верхней части этого ДО нужно щелкнуть на третьей слева кнопке **Use a Template** (Использовать шаблон) и затем в списке **Select a Template** (Выбор шаблона) щелчком выбрать строку с именем прототипа чертежа (шаблона) **Model.dwt** (Модель.dwt). В области **Template Description** (Описание шаблона) выдается сообщение о назначении шаблона. Завершают диалог нажатием кнопки **OK** (рис. 2.1).

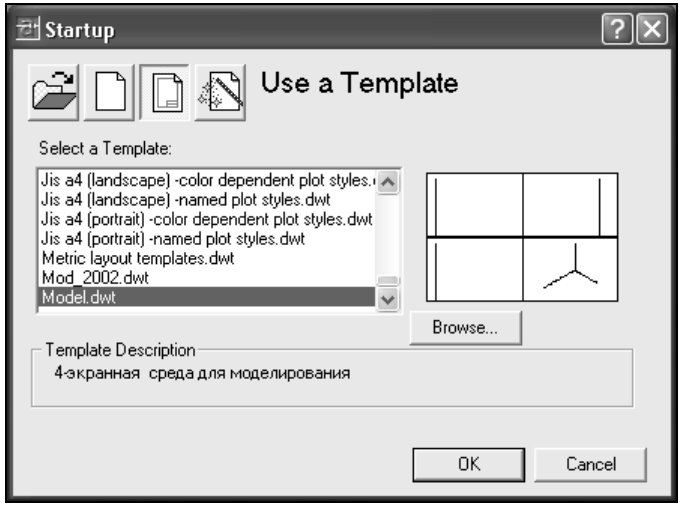


Рис. 2.1. Создание файла на основе прототипа чертежа (шаблона)

Для удобства построений отдельных элементов по размерам из чертежа переносят начало ПСК на левом нижнем ВЭ (вид сверху) в точку геометрического центра объекта, т. е. в центр сферы КОРПУСА. Эту точку располагают в середине области пределов чертежа, для чего используют команду **UCS** (ПСК) в режиме **Origin** (Начало).

Сначала устанавливают текущим левый нижний ВЭ, затем для задания ПСК нужно выполнить следующие действия.

1. Выбрать пункт **Tools** (Сервис) ⇒ **New UCS** (Новая ПСК) ⇒ **Origin** (Начало) (можно нажать в ПИ **Standard** (Стандартная) кнопку **UCS** (ПСК) и в раскрывшейся КПИ нажать кнопку **Origin UCS** (ПСК в начале)).
2. На запрос в командной строке *Specify new origin point* (Новое начало коор-

Для изменения положения начала ортогональных координат также можно было бы использовать команду **UCS** (ПСК) в режиме **Move** (Перенести).

Для этого нужно выполнить следующие действия.

1. Выбрать пункт **Tools** (Сервис) ⇒ **Move UCS** (Перенести ПСК).
2. На запрос в командной строке *Specify new origin point* (Новое начало координат) ввести значения (**100,80**).

Для удобства контроля истинного положения начала ПСК по знаку устанавливают специальный режим в ДО **UCS** (ПСК) *(см. разд. 1.4)*. Для этого нужно выполнить следующие действия.

1. Перейти на вкладку **Settings** (Режимы).
2. В области **UCS Icon settings** (Режимы знака ПСК) установить флажок **Display at UCS origin point** (В начале ПСК).
3. Завершить диалог нажатием кнопки **OK**.

Этот режим также можно установить выбором специального пункта **View** (Вид) ⇒ **Display** (Отображение) ⇒ **UCS Icon** (Знак ПСК) ⇒ **Origin** (Начало). Наличие галочки слева от пункта меню означает, что режим уже включен.

После установки режима знак ПСК смещается в новую точку начала координат.

Отметим, что в ДО **UCS** (ПСК) и в меню **View** (Вид) с помощью поля выбора или функции **ON** (Вкл) включают/отключают отображение самого знака ПСК.

Теперь сохраним файл под новым именем. Для этого нужно выполнить следующие действия.

1. Выбрать пункт **File** (Файл) ⇒ **Save As** (Сохранить как).
2. В открывшемся ДО **Save Drawing As** (Сохранение рисунка) в списке **Save in** (Сохранить в) выбрать папку для сохранения файла.
3. В списке **File type** (Тип файла) выбрать строку **AutoCAD 2002 Drawing (*.dwg)** (Рисунок AutoCAD 2002 (*.dwg)).
4. В поле ввода **File name** (Имя файла) ввести имя файла, например **Model1** (Модель1).
5. Щелкнуть на кнопке **Save** (Сохранить).

Начинают моделирование с корпуса крышки подшипника.

2.1. Корпус

Корпус крышки подшипника представляет собой элемент, ограниченный сверху сферической поверхностью, по бокам — параллельными плоскостями, внутри — двумя коническими поверхностями. Последние обеспечивают

Поверхность корпуса образуют вращением замкнутой полилинии, состоящей из дуги, двух параллельных и двух расположенных под углом друг к другу отрезков (рис. П1.2). Такую линию называют *образующей*.

Для построения замкнутой полилинии предварительно в слое **Constr** (Построения) выполняют вспомогательные построения, определяющие точки пересечения дуги и отрезков. Необходимо установить текущим слой с именем **Constr** (Построения) с помощью ДО **Layer Properties Manager** (Диспетчер свойств слоев) (см. рис. 1.8). Однако удобнее управлять слоями с помощью ПИ **Object Properties** (Свойства объектов). Для этого разворачивают список существующих слоев щелчком мыши на кнопке с треугольной стрелкой третьего слева инструмента на ПИ **Object Properties** (Свойства объектов). В этом списке щелчком мыши на имени слоя **Constr** (Построения) делают его текущим (рис. 2.2).

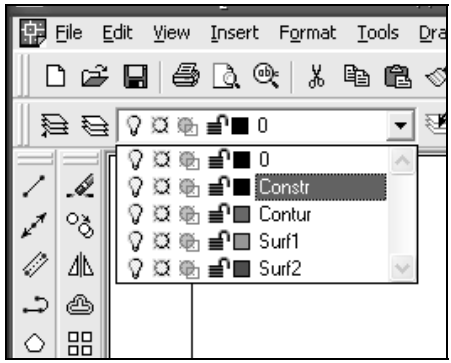


Рис. 2.2. Управление слоями с помощью ПИ **Object Properties**

Устанавливают текущим ВЭ для горизонтальной плоскости проекций щелчком мыши на нем.

При построении используют симметричность объектов. Вначале по координатам с чертежа (см. рис. П1.2, выделенный контур) строят наклонный и горизонтальный отрезки с помощью команды **LINE** (ОТРЕЗОК) в виде ломаной линии, проходящей через три точки. Первый отрезок строят от точки (**56,0**) к точке, заданной в относительных координатах (**@5,50**), которую определили из условия конусности 1:10. Длину второго отрезка выбирают из условия его горизонтальности и с запасом для обеспечения пересечения с дугообразным элементом. Например, используют длину всего корпуса крышки, определяемую радиусом сферы **R95**, т. е. координаты конечной точки равны (**95,50**) (рис. 2.3, изображение на горизонтальном ВЭ).

Дугообразный элемент радиусом сферы **R95** строят с помощью команды **ARC** (ДУГА), причем только его симметричную половину с запасом по дли-

выполняют в режиме: центр, начало, конец дуги. Для этого нужно выполнить следующие действия.

1. Выбрать пункт **Draw** (Рисование) ⇒ **Arc** (Дуга) ⇒ **Center,Start,End** (Центр,Начало,Конец).
2. На запрос в командной строке *Specify center point of arc* (Центр дуги) ввести значения (**0,0**).
3. На запрос *Specify start point of arc* (Начальная точка дуги) ввести значения (**95,0**).
4. На запрос *Specify end point of arc* (Конечная точка дуги) с помощью курсора в режиме протягивания провести дугу, пересекая горизонтальный отрезок, и щелчком мыши указать любую координату конечной точки.

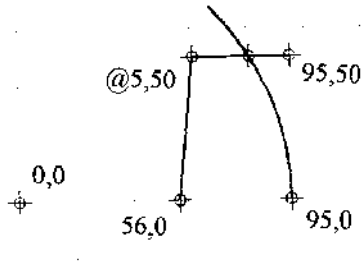


Рис. 2.3. Построение верхней половины образующей корпуса по координатам

Можно было бы использовать и другую последовательность действий.

1. В ПИ **Draw** (Рисование) нажать кнопку **Arc** (Дуга).
2. На запрос в командной строке *Specify start point of arc or [Center]* (Начальная точка дуги или [Центр]) открыть КМ *(см. разд. 1.1)* рабочей области экрана и выбрать режим **Center** (Центр).

   Диалог в командной строке аналогичен предыдущему.

Вторую симметричную часть построений выполняют зеркальным отображением созданных объектов относительно горизонтальной линии симметрии с помощью команды **MIRROR** (ЗЕРКАЛО).

Для этого нужно выполнить следующие действия.

1. Выбрать пункт **Modify** (Редакт) ⇒ **Mirror** (Зеркало) (можно использовать кнопку **Mirror** (Зеркало) в ПИ **Modify** (Редактирование)).
2. На запрос в командной строке *Select objects* (Выберите объекты) осуществить выбор всех объектов либо прицелом, либо прямоугольной рамкой — простой или секущей. В первом случае указывают изображения по очере-

мыши выбирают их. Во втором случае вводят поочередно координаты двух диагонально противоположных углов рамки. Первую точку вводят щелчком левой кнопки мыши вне выбираемых объектов. Вторую точку вводят на запрос в командной строке *Specify opposite corner* (Противоположный угол), охватывая выбираемые объекты рамкой. Простую рамку проводят слева направо (за курсором протягивается сплошной прямоугольник), при этом нити графического курсора не должны пересекать выбираемые объекты (рис. 2.4). Секущую рамку проводят справа налево (за курсором протягивается пунктирный прямоугольник) (рис. 2.5), при этом нити графического курсора могут пересекать выбираемые объекты. В командной строке выдается сообщение о количестве выбранных объектов *3 found* (Найдено:3). Выбранные объекты подсвечиваются.

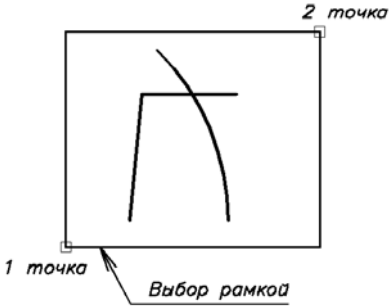


Рис. 2.4. Выбор объектов простой рамкой

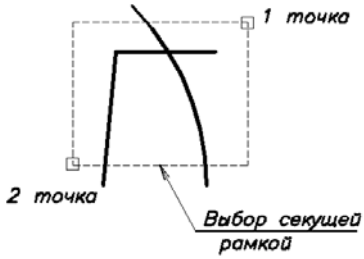


Рис. 2.5. Выбор объектов секущей рамкой

3. На повторный запрос в командной строке *Select objects* (Выберите объекты) завершить выбор нажатием клавиши <Enter> или щелчком правой кнопки мыши на рабочей области экрана.
4. На запрос в командной строке *Specify first point of mirror line* (Первая точка оси отражения) задать координаты первой точки на линии зеркального отображения в начале координат (**0,0**) либо ввести это значение пролистыванием координат с помощью клавиш перемещения курсора *(см. разд. 1.3)*.
5. На запрос в командной строке *Specify second point of mirror line* (Вторая точка оси отражения) ввести пролистыванием значения ранее введенных координат (**95,0**), включить режим "орто", движением графического курсора вправо направить туда "резиновую нить" от первой точки и ввести с клавиатуры любое число, например **100**.
6. На запрос в командной строке *Delete source object?<N>* (Удалить исходные объекты?<Н>) нажатием клавиши <Enter> или выбором пункта (Ввод) в КМ рабочей области экрана согласиться с предложенным по умолча-

Для построения образующей сначала устанавливают текущим слой с именем **Contur** (Контур) (см. выше).

Образующую можно построить с помощью команды **PLINE** (ПЛИНИЯ), которая позволяет вычерчивать полилинию заданной толщины, составленную из отрезков прямых и дуг. Составная линия рассматривается системой AutoCAD как единый графический примитив *(подробнее это описано в разд. 2.3 и 2.5)*. Однако для построения замкнутой полилинии по существующему замкнутому контуру лучше применять команду **BOUNDARY** (КОНТУР), которая автоматически создает замкнутый полилинейный контур.

Для этого нужно выполнить следующие действия.

1. Выбрать пункт **Draw** (Рисование) ⇒ **Boundary** (Контур).
2. В открывшемся ДО **Boundary Creation** (Создание контура) в списке **Object type** (Тип объекта) выбрать пункт **Polyline** (Полилиния).
3. Щелчком на кнопке **Pick Points** (Указание точек) временно закрыть ДО.
4. На запрос в командной строке *Select internal point* (Укажите внутреннюю точку) щелкнуть внутри контура, созданного отрезками и дугами (появится пунктирный контур).
5. На повторный запрос в командной строке *Select internal point* (Укажите внутреннюю точку) завершить выбор нажатием клавиши <Enter> или щелчком правой кнопки мыши на рабочей области экрана. В командной строке выводится сообщение *BOUNDARY: created 1 polyline* (КОНТУР: создано объектов — 1 полилиния).

Ось вращения образующей поверхности строят в виде отрезка с помощью команды **LINE** (ОТРЕЗОК) в направлении оси крышки подшипника по координатам (**0,0**) и (**0,80**). Первую координату можно ввести пролистыванием координат, вторую — в виде числа **80** с использованием режима "орто", не забыв затем отключить этот режим.

Результат построений отображен на рис. 2.6.

Слой **Constr** (Построения) с вспомогательными построениями отключают, оставляя только элементы, образующие поверхности, и устанавливают текущим слой **Surf1** (Поверхн1). Для этого разворачивают список существующих слоев щелчком мыши на кнопке с треугольной стрелкой в ПИ **Object Properties** (Свойства объектов) *(см. начало разд. 2.1)*, щелчком мыши на значке [💡] ("лампа") отключают слой **Constr** (Построения) (цвет значка из желтого становится темным) и щелчком на имени слоя **Surf1** (Поверхн1) делают его текущим. Изображения с вспомогательными построениями отрезков и дуг исчезают.

Корпус крышки подшипника выполнен в виде поверхностей трехмерной

определяют точность аппроксимации поверхностей сетью. Их значения, равные **12**, задают вводом с клавиатуры одноименных команд.

1. Набирают на клавиатуре **SURFTAB1** или **SURFTAB2** и нажимают клавишу <Enter> (или выполняют щелчок правой кнопкой мыши на рабочей области экрана).
2. На запрос в командной строке *Enter new value for SURFTAB1 (SURFTAB2)* (Новое значение SURFTAB1 (SURFTAB2)) вводят число **12**.

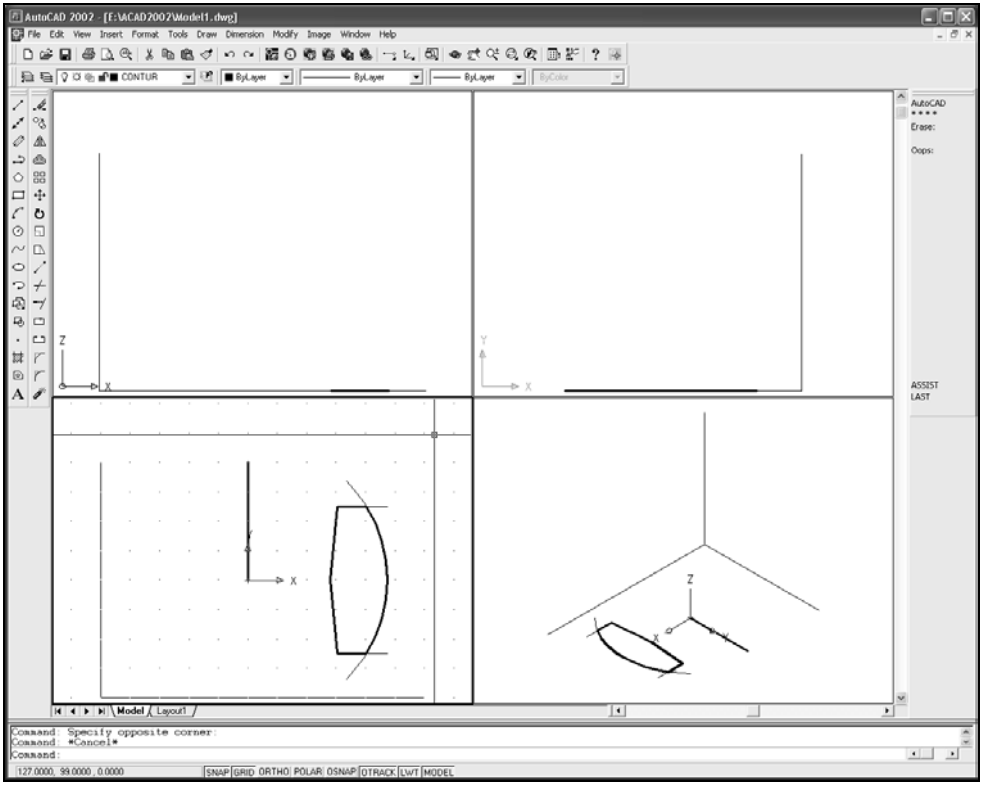


Рис. 2.6. Вспомогательные построения для образования поверхности корпуса

Можно задать эти значения с использованием соответствующих команд экранного меню (ЭМ). Для включения ЭМ нужно выполнить следующие действия.

1. Выбрать пункт **Tools** (Сервис) ⇒ **Options** (Настройка).
2. В открывшемся ДО **Options** (Настройка) перейти на вкладку **Display** (Экран).
3. В области **Window Elements** (Элементы окна) щелчком установить флажок **Display screen menu** (Экранное меню).

Справа от рабочей области появляется область ЭМ с пунктами (некоторые из них открывают подменю).

При использовании ЭМ для задания значений переменных **SURFTAB1** и **SURFTAB2** щелкают левой кнопкой мыши на следующих пунктах меню:

- **AutoCAD** (вызов корневого меню) (рис. 2.7, *а*);
- **DRAW2** (РИСУЙ2) (рис. 2.7, *б*);
- **SURFACES** (ПОВЕРХН) (рис. 2.7, *в*);
- **Surftb1** (рис. 2.7, *г*).

На запрос в командной строке *Enter new value for SURFTAB1* (Новое значение SURFTAB1) вводят число **12**.

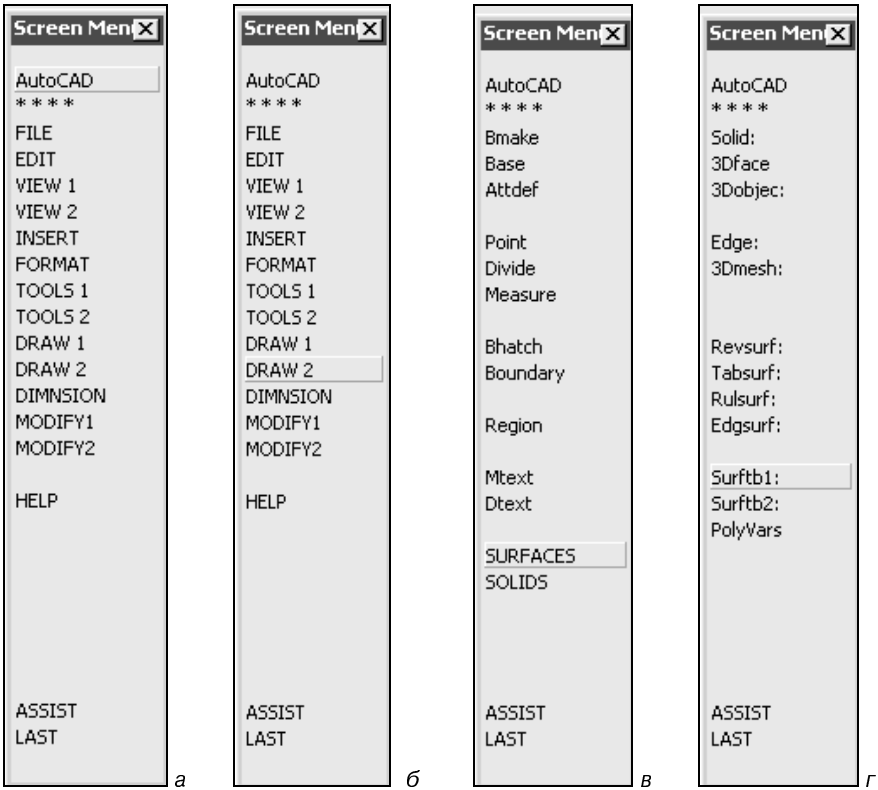


Рис. 2.7. Использование экранного меню для задания значений переменных **SURFTAB1** и **SURFTAB2**

Так как ЭМ автоматически сменится, предыдущее меню возвращают щелчком на пункте **LAST** (ПРЕДМЕНЮ). Аналогично задают значение второй

Моделируют корпус крышки подшипника командой **REVSURF** (П-ВРАЩ), которая позволяет генерировать трехмерную сеть в форме поверхности вращения посредством вращения образующего контура вокруг оси вращения. Команда **REVSURF** (П-ВРАЩ) позволяет поворачивать образующую по часовой или против часовой стрелки от начального угла на заданный центральный угол, который может составлять от 0 до 360 градусов. По умолчанию предлагается полный круг вращения.

Доступ к команде **REVSURF** (П-ВРАЩ) осуществляется из:

- меню **Draw** (Рисование) — пункт **Surfaces** (Поверхности);
- ЭМ **AutoCAD** ⇒ **DRAW2** (РИСУЙ2) — подменю **SURFACES** (ПОВЕРХН);
- ПИ **Surfaces** (Поверхности) — кнопка **Revolved Surface** (Поверхность вращения).

Панель инструментов **Surfaces** (Поверхности) (рис. 2.8) открывают с помощью пункта **Surfaces** (Поверхности) КМ *(см. разд. 1.1)* любой из открытых ПИ.

Рис. 2.8. Панель инструментов **Surfaces**

При создании поверхности вращения нужно выполнить следующие действия.

1. Выбрать пункт **Draw** (Рисование) ⇒ **Surfaces** (Поверхности) ⇒ **Revolved Surface** (Поверхность вращения).
2. На запрос в командной строке *Select object to revolve* (Выберите объект для вращения) указать на образующую (полилинию).
3. На запрос в командной строке *Select object that defines the axis of revolution* (Выберите объект, определяющий ось вращения) указать на отрезок вблизи точки с координатами (**0,80**) (начало вектора оси вращения) (рис. 2.9).
4. На запрос *Specify start angle <0>* (Начальный угол <0>) нажатием клавиши <Enter> или щелчком правой кнопкой мыши согласитесь с предложенным по умолчанию значением **0**.
5. На запрос *Specify included angle (+=ccw, −=cw)* (Центральный угол (+=прс, —=пс)) ввести значение **180**. Центральный угол даст положительное направление вращения образующей (+прс — против стрелки по правилу правой руки с указанием на начало вектора оси).

На всех ВЭ появляется изображение модели корпуса (рис. 2.10).

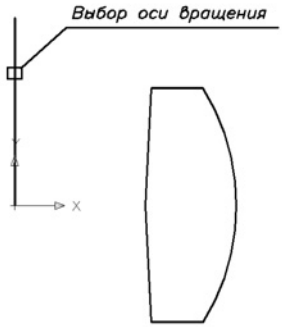


Рис. 2.9. Указание точки на оси вращения

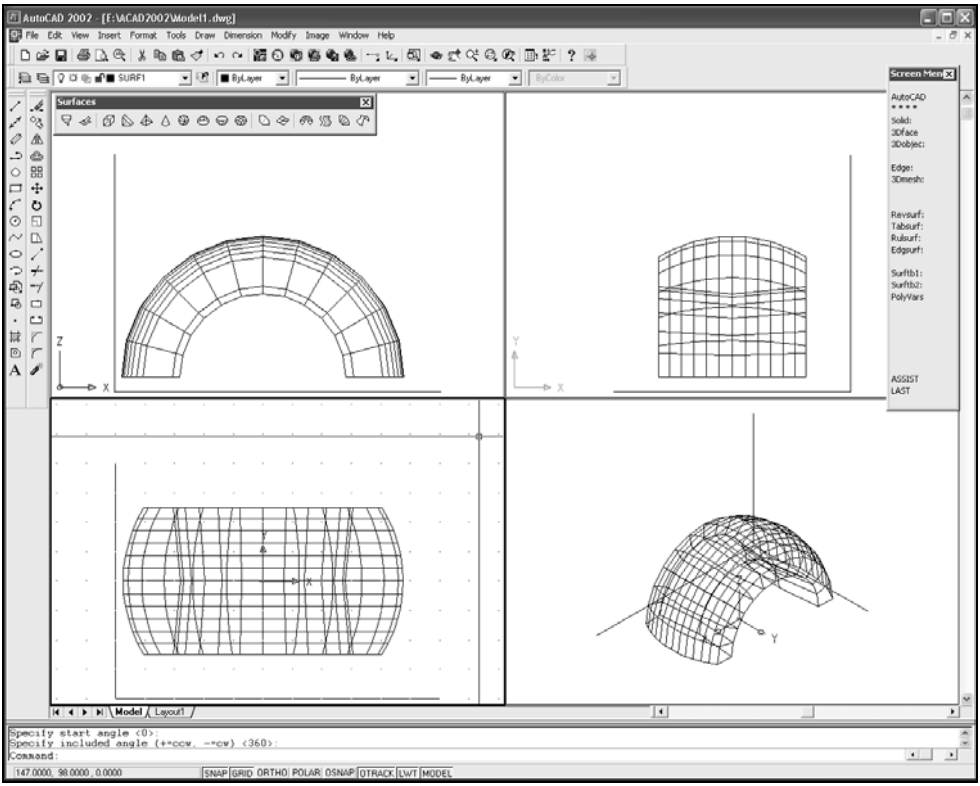


Рис. 2.10. Последний этап моделирования корпуса крышки подшипника

Слой **Contur** (Контур) с элементами, образующими поверхности, отключают (см. выше), оставляя только смоделированный корпус крышки под-

Построенную модель корпуса определяют в виде блока. *Блок* — это объект, многократно используемый в выполняемом изображении, положение которого на чертеже определяется базовой точкой вставки.

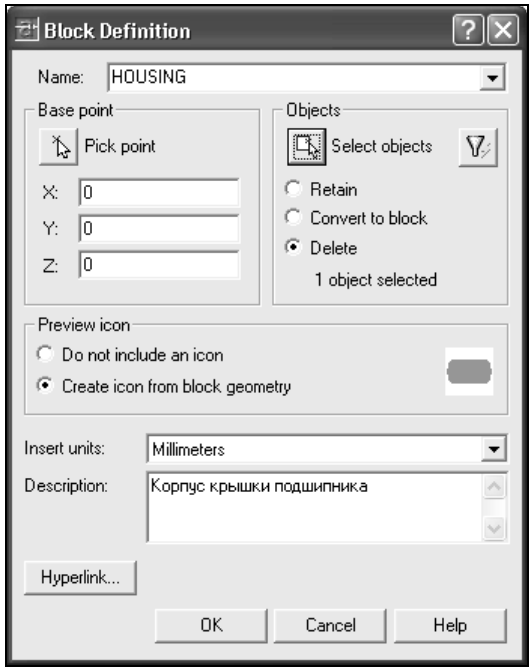


Рис. 2.11. Диалоговое окно **Block Definition**

Создается блок с помощью команды **BLOCK** (БЛОК) с удалением исходной модели, присвоением данному блоку имени **HOUSING** (КОРПУС) и вводом координат базовой точки корпуса (**0,0,0**) (рис. 2.11). Для ввода команды нужно выполнить следующие действия.

1. Выбрать пункт **Draw** (Рисование) ⇒ **Block** (Блок) ⇒ **Make** (Создать) (можно использовать кнопку **Make Block** (Создать блок) из ПИ **Draw** (Рисование)).
2. В открывшемся ДО **Block Definition** (Описание блока) в поле ввода **Name** (Имя) ввести имя **HOUSING** (КОРПУС).
3. В области **Base Point** (Базовая точка) оставить координаты **x**, **y**, **z** равными нулю.
4. В области **Objects** (Объекты) щелчком мыши на кнопке **Delete** (Удалить) установить режим для удаления исходного изображения после создания

5. В поле ввода **Description** (Пояснение) можно задать более подробное описание объекта для блока, например, ввести текст **Корпус крышки подшипника**.
6. В области **Objects** (Объекты) нажатием кнопки **Select Objects** (Выбрать объекты) временно закрыть ДО и выбрать прицелом корпус.
7. Нажатием клавиши <Enter> или щелчком правой кнопки мыши на свободном поле чертежа завершить выбор.
8. Нажатием кнопки **OK** завершить диалог. Корпус, определенный как блок, исчезает с экрана.

Для сохранения чертежа под прежним именем **Model1** (Модель1) нужно выбрать пункт **File** (Файл) ⇒ **Save** (Сохранить) или (что удобнее) использовать кнопку **Save** (Сохранить) из ПИ **Standard** (Стандартная).

2.2. Основание

Основание корпуса представляет собой два элемента, ограниченных вертикальными плоскостями и цилиндрической поверхностью (см. рис. П1.1). Эти поверхности образуются выдавливанием замкнутой полилинии, построенной по аналогии с образующей корпуса (см. рис. П1.2).

Щелчком мыши устанавливают текущим ВЭ для горизонтальной плоскости проекций. Включают слой **Constr** (Построения), который был временно отключен, и устанавливают этот слой текущим. Для этого разворачивают список существующих слоев щелчком на кнопке с треугольной стрелкой в ПИ **Object Properties** (Свойства объектов), щелчком на темном значке "лампа" включают слой **Constr** (Построения) (значок становится светлым), затем щелчком на имени слоя **Constr** (Построения) делают его текущим *(см. начало данной главы)*.

Вначале выполняют вспомогательные построения. Замкнутая полилиния для основания отличается от образующей корпуса дугообразным элементом, выполненным с учетом размера диаметра **178** (см. рис. П1.2). Прямолинейные элементы основания и корпуса совпадают, поэтому используют уже построенные прямолинейные участки образующей корпуса. Для построения дугообразного элемента с радиусом **R89**, равным радиусу цилиндрической поверхности, удобно использовать команду **OFFSET** (ПОДОБИЕ) (рис. 2.12), для чего нужно выполнить следующие действия.

1. Выбрать пункт **Modify** (Редакт) ⇒ **Offset** (Подобие).
2. На запрос в командной строке *Specify offset distance or [Through]* (Величина смещения или [Точка]) ввести величину смещения, равную разности радиусов дугообразных элементов корпуса и основания,

3. На запрос в командной строке *Select object to offset or <exit>* (Выберите объект для создания подобного) выбрать прицелом на верхнюю часть построенной дуги корпуса (рис. 2.12) (она становится пунктирной).
4. На запрос в командной строке *Specify point on side to offset* (Точка стороны смещения) указать точку внутри основания.
5. На повторный запрос о выборе объекта выбрать нижнюю часть построенной дуги корпуса, а затем снова указать внутреннюю точку.
6. На последующий запрос в командной строке *Select object to offset or <exit>* (Выберите объект для создания подобного) нажатием клавиши <Enter> завершить команду.

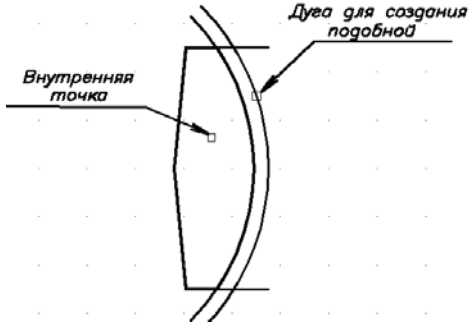


Рис. 2.12. Построения дугообразного элемента командой **OFFSET**

Контур внутреннего отверстия диаметром 21 мм строят с помощью команды **CIRCLE** (КРУГ). Для этого нужно выполнить следующие действия.

1. Выбрать пункт **Draw** (Рисование) ⇒ **Circle** (Круг) (можно использовать кнопку **Circle** (Круг) из ПИ **Draw** (Рисование)) ⇒ **Center, Diameter** (Центр, Диаметр).
2. На запрос в командной строке *Specify center point for circle* (Центр круга) ввести в командной строке значения координат центра (**76,0**).
3. На запрос в командной строке *Specify diameter of circle* (Диаметр круга) ввести значение диаметра, равное **21** (при использовании ПИ **Draw** (Рисование) сначала на запрос в командной строке *Specify radius of circle* (Радиус круга) открывают КМ *(см. разд. 1.1)*, выбирают в нем режим **Diameter** (Диаметр), затем вводят значение диаметра).

В списке существующих слоев на ПИ **Object Properties** (Свойства объектов) делают текущим слой **Surf2** (Поверхн2) *(см. начало разд. 2.1).*

Замкнутые полилинии по внешнему контуру и внутреннему контуру отверстия строят командой **BOUNDARY** (КОНТУР) аналогично образующей

в области **Island detection method** (Метод обнаружения островков) щелчком на кнопке **Flood** (Поток) нужно установить режим обнаружения замкнутых областей внутри контура. При создании контура внутреннюю точку указания выбирают между контуром окружности и замкнутым контуром из отрезков и дуг. При завершении выполнения команды в командной строке выводится сообщение *BOUNDARY: created 2 polylines* (КОНТУР: создано объектов — 2 полилинии).

В списке существующих слоев на ПИ **Object Properties** (Свойства объектов) отключают слой **Constr** (Построения), оставляя только элементы, образующие поверхности основания *(см. разд. 2.1)*.

Чтобы смоделировать основание корпуса, необходимо выдавить вдоль оси Z, перпендикулярной горизонтальному ВЭ, замкнутые полилинии. Это выполняют с помощью функции **Properties** (Свойства). Чтобы вызвать ее, нужно выполнить следующие действия.

1. Выбрать пункт **Modify** (Редакт) ⇒ **Properties** (Свойства) (можно использовать кнопку **Properties** (Свойства) из ПИ **Standard** (Стандартная)). Откроется ДО **Properties** (Свойства) (рис. 2.13).

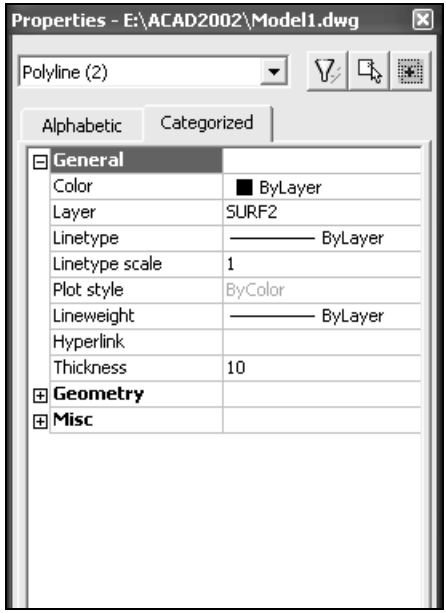


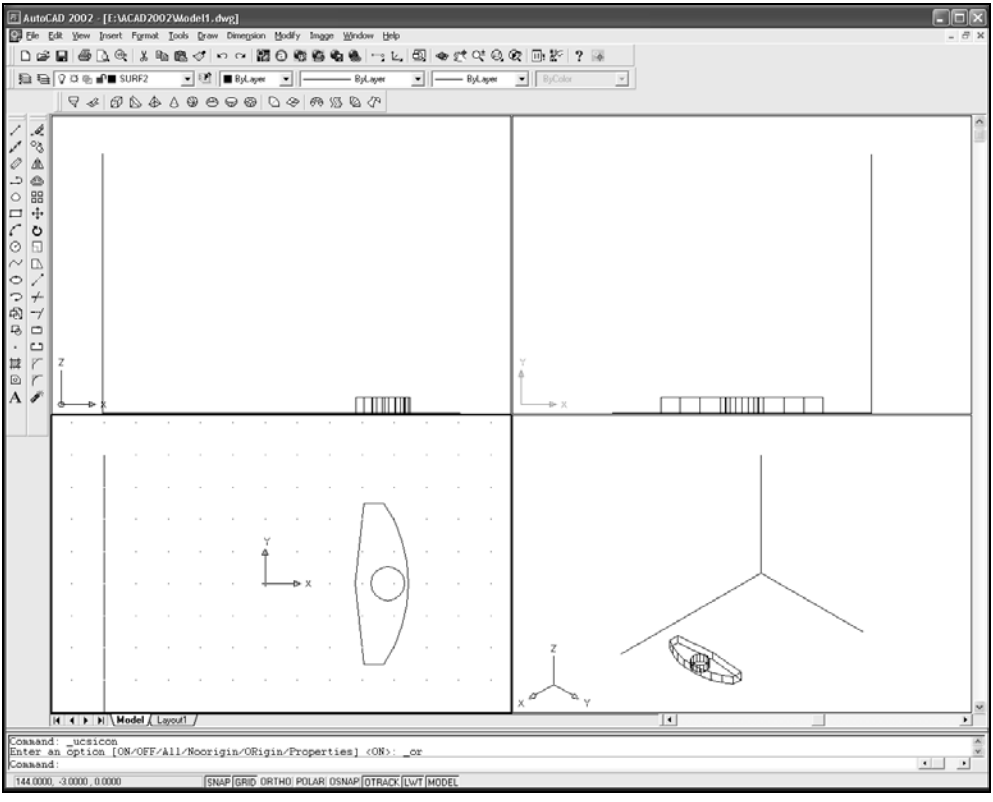
Рис. 2.13. Диалоговое окно **Properties**

2. В верхнем списке по умолчанию предлагается вариант **No selection** (Ничего не выбрано). Нужно выбрать рамкой *(см. рис. 2.5)* оба контура, после

(Все (2)). Можно предварительно выбрать объекты, а затем вызвать функцию. После выбора объекты подсвечиваются и сопровождаются квадратиками, это — "ручки" для непосредственного редактирования объектов *(см. начало разд. 11.4)*, на них можно пока не обращать внимания.

3. Перейти на вкладку **Categorized** (По категориям).
4. Щелчком на значке "+" слева от пункта **General** (Общие) развернуть список свойств объектов (значок "+" меняется на "−").
5. Щелкнуть на пункте **Thickness** (Высота), затем в поле ввода (справа от пункта) вместо значения **0** ввести **10** (см. рис. 2.13).
6. Нажатием кнопки закрытия (с крестиком) в заголовке ДО **Properties** (Свойства) закрыть окно.
7. Нажать клавишу <Esc> или выбрать в КМ *(см. разд. 1.1)* пункт **Deselect All** (Отменить выбор), чтобы отменить выделение объектов.

На экранах отобразятся грани основания крышки (рис. 2.14).



Построенную модель определяют как блок командой **BLOCK** (БЛОК) *(см. в конце разд. 2.1)*, присвоив имя **PLATE** (ОСНОВАНИЕ), введя координаты базовой точки основания (**x = 76**, **y = 0**, **z = 10**) и выбрав рамкой обе полилинии *(см. в начале разд. 2.1)*. Можно задать описание объекта для блока, например, **Основание крышки подшипника**. После завершения диалога основание, определенное как блок, исчезает с экрана.

Сохраняют чертеж под прежним именем, например **Model1** (Модель1) *(см. в конце разд. 2.1)*.

2.3. Коническая бобышка

Коническая бобышка является элементом крышки подшипника, ограниченным снаружи конической поверхностью и изнутри — сквозным цилиндрическим отверстием (см. рис. П1.1). Таких элементов на крышке подшипника два, и они одинаковы, поэтому моделируют только один.

Поверхность конической бобышки образуют вращением замкнутой ломаной полилинии вокруг вертикальной оси. Полилиния состоит из: наклонного отрезка для конической поверхности; прямой, параллельной оси, для цилиндрической поверхности; двух параллельных отрезков, создающих при вращении нижнее и верхнее основания конуса с отверстием внутри (см. рис. П1.2).

Включают слой **Contur** (Контур) *(см. в конце разд. 2.1)* и устанавливают его текущим *(см. начало разд. 2.1)*. В нем строят замкнутый контур, образующий поверхность конической бобышки.

Для последующих построений вставляют изображение корпуса крышки подшипника как блок, используя команду **INSERT** (ВСТАВЬ), для этого нужно выполнить следующие действия.

1. Выбрать пункт **Insert** (Вставка) ⇒ **Block** (Блок) (можно использовать кнопку **Insert Block** (Вставить блок) из ПИ **Draw** (Рисование)). Откроется ДО **Insert** (Вставка блока) (рис. 2.15).
2. В раскрывающемся списке **Name** (Имя), содержащем имена созданных блоков, щелчком выбрать имя **HOUSING** (КОРПУС).
3. В области **Insertion point** (Точка вставки) щелчком снять флажок **Specify On-screen** (Указать на экране).
4. В полях ввода координат оставить значения (**x = 0**, **y = 0**, **z = 0**).
5. Завершить вставку нажатием кнопки **OK**.

На ВЭ появляются изображения корпуса крышки подшипника.

Построения выполняют на фронтальной плоскости проекций, для чего де-

ВЭ режим сохранения ПСК вместе с ВЭ был включен, то фронтальная ПСК устанавливается автоматически.

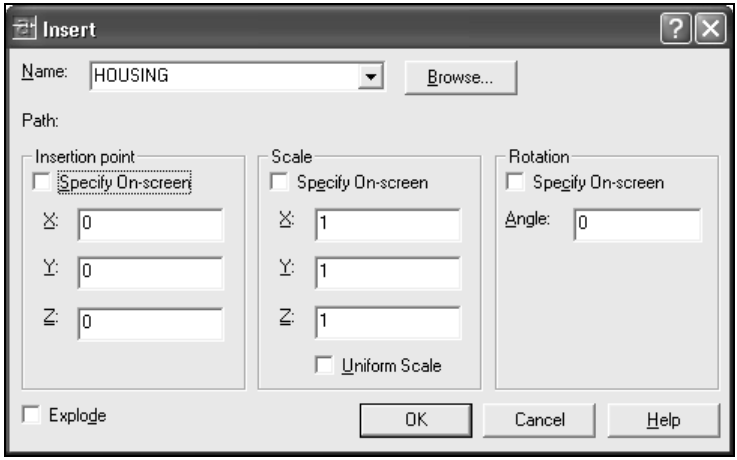


Рис. 2.15. Диалоговое окно **Insert**

Построения осуществляют в плоскости симметрии крышки, поэтому переносят начало координат с помощью команды **UCS** (ПСК) в точку (**100,0,−80**) *(см. начало данной главы)*.

Ориентируясь на корпус, увеличивают с помощью команды **ZOOM** (ПОКАЖИ) и ее режима **Window** (Рамка) изображение правой его части, к которой примыкает коническая бобышка. Для этого нужно выполнить следующие действия.

1. Выбрать пункт **View** (Вид) ⇒ **Zoom** (Зумирование) ⇒ **Window** (Рамка) (можно нажать кнопку **Zoom Window** (Показать рамкой) в ПИ **Standard** (Стандартная) и затем в раскрывшейся КПИ — кнопку **Zoom Window** (Показать рамкой)).
2. На запрос в командной строке *Specify first corner* (Первый угол) ввести координаты первого угла рамки (**50,0**).
3. На запрос в командной строке *Specify opposite corner* (Противоположный угол) ввести координаты диагонально противоположного угла рамки (**100,100**).

Построение замкнутой образующей осуществляют командой **PLINE** (ПЛИНИЯ) по координатам точек, взятым из чертежа (см. рис. П1.2).

Для этого нужно выполнить следующие действия.

1. Выбрать пункт **Draw** (Рисование) ⇒ **Polyline** (Полилиния) (можно использовать кнопку **Polyline** (Полилиния) из ПИ **Draw** (Рисование)).

2. На запрос в командной строке *Specify start point* (Начальная точка) ввести значения координат (**86.5,0**).
3. На последующие запросы *Specify next point or [Arc/Close//Undo/]* (Следующая точка или [Дуга/Замкни//Отмени/]) построить последовательно сегменты полилинии сначала вводом двух значений относительных координат (**@0,90**) и (**@5.5,0**), а затем — абсолютной координаты (**95,0**). В случае ошибочного ввода координаты точки отменяют построение неверного сегмента с использованием пункта **Undo** (Отмени) из КМ *(см. разд. 1.1).*
4. На конечный запрос *Specify next point or [Arc/Close//Undo/]* (Следующая точка или [Дуга/Замкни//Отмени/]) завершить команду, замыкая контур с использованием КМ и режима **Close** (Замкни).

Полилиния сформировала контур как единый объект, который удобно использовать в качестве образующей конической бобышки.

Ось вращения на месте оси конической бобышки строят командой **LINE** (ОТРЕЗОК) от точки с координатами (**76,0**) к точке (**76,100**), вторую координату можно ввести с использованием режима "орто" и числа **100** (рис. 2.16, изображение на фронтальном ВЭ).

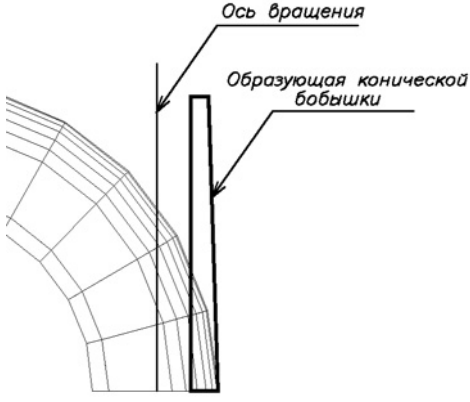


Рис. 2.16. Создание поверхности конической бобышки командой **REVSURF**

Удаляют изображение корпуса, отключая слой **Surf1** (Поверхн1), и устанавливают текущим слой **Surf2** (Поверхн2), в котором моделируют коническую бобышку *(см. разд. 2.1).*

Задают значения системных переменных **SURFTAB1** и **SURFTAB2**, равные соответственно **16** и **3** *(см. разд. 2.1).*

Моделируют коническую бобышку командой **REVSURF** (П-ВРАЩ), которую можно задать из ЭМ как функцию **Revsurf** (П-вращ) через пункт **LAST**

образующую (полилинию) и ось вращения (отрезок) (см. рис. 2.16). Начальный угол равен нулю.

Центральный угол задают как полный круг, поэтому в ответ на запрос *Specify included angle (+=ccw, −=cw) <360>* (Определите центральный угол (+=прс, —=пс) <360>) нажатием клавиши <Enter> или щелчком правой кнопкой мыши соглашаются с предложенным по умолчанию значением **360**.

Коническая бобышка выполнена в виде поверхности трехмерной многоугольной сети (рис. 2.17).

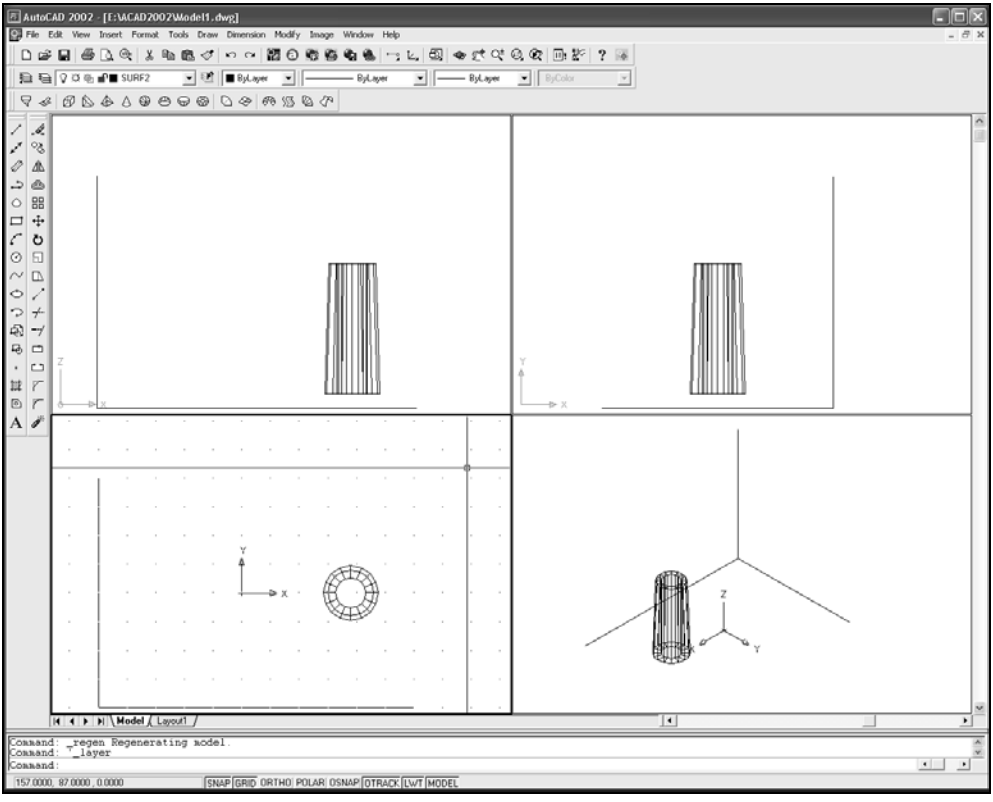


Рис. 2.17. Построенная модель конической бобышки

Отключают слой **Contur** (Контур) *(см. разд. 2.1)* с элементами, образующими поверхности, и включают слой **Surf1** (Поверхн1), чтобы убедиться в правильности построения бобышки по отношению к корпусу. Снова отключают слой **Surf1** (Поверхн1) для удаления изображения корпуса.

С помощью команды **ZOOM** (ПОКАЖИ) и режима **Previous** (Предыдущий)

Выбрать пункт **View** (Вид) ⇒ **Zoom** (Зумирование) ⇒ **Previous** (Предыдущий) или нажать кнопку **Zoom Previous** (Показать предыдущий) из ПИ **Standard** (Стандартная).

При новом сеансе работы с чертежом используют команду **ZOOM** (ПОКАЖИ) в режиме **All** (Все) для отображения всего чертежа на экране. Для этого нужно:

- выбрать пункт **View** (Вид) ⇒ **Zoom** (Зумирование) ⇒ **All** (Все)

или

- в ПИ **Standard** (Стандартная) нажать кнопку **Zoom Window** (Показать рамкой) и в раскрывшейся КПИ нажать кнопку **Zoom All** (Показать все).

Делают текущим горизонтальный ВЭ щелчком мыши на нем (рис. 2.17). Построенную модель конической бобышки определяют как блок командой **BLOCK** (БЛОК) *(см. разд. 2.1)*, присвоив имя **CONBOSS** (КОНБОБЫШКА), введя координаты базовой точки основания (**76,0,0**) и выбрав объект. Можно задать описание объекта для блока, например **Коническая бобышка**.

Коническая бобышка, определенная как блок, исчезает с экрана.

Сохраняют чертеж под прежним именем, например **Model1** (Модель1) *(см. в конце разд. 2.1)*.

2.4. Цилиндрическая бобышка

Цилиндрическая бобышка является элементом крышки подшипника, ограниченным сбоку цилиндрической поверхностью и сверху — плоскостью. Нижнее основание цилиндра не нужно, т. к. бобышка опирается на корпус. Поэтому ее моделируют как поверхность вращения незамкнутой Г-образной полилинии.

Включают слои **Contur** (Контур), **Surf1** (Поверхн1) *(см. в конце разд. 2.1)* и устанавливают первый из них текущим *(см. в начале разд. 2.1)*. В этом слое строят Г-образный контур, образующий поверхности цилиндрической бобышки.

Построение производят на профильной плоскости проекций, для чего делают текущим профильный ВЭ щелчком левой кнопки мыши на нем. Если при создании ВЭ режим сохранения ПСК вместе с ВЭ был включен, то профильная ПСК устанавливается автоматически.

Построения осуществляют в плоскости симметрии крышки, поэтому переносят начало координат с помощью команды **UCS** (ПСК) в точку с координатами (**−80,0,−100**) *(см. начало данной главы)*. Ориентируясь на изображе-

режима **Window** (Рамка) *(см. в начале разд. 2.3)* изображение верхней его части, к которой примыкает цилиндрическая бобышка, по координатам углов рамки (**−20,80**) и (**20,110**).

Построение Г-образной образующей осуществляют командой **PLINE** (ПЛИНИЯ) *(см. в начале разд. 2.3)* по координатам точек, взятых из чертежа (см. рис. П1.2), т. е. от верхней точки (**0,100**) к точке в относительных координатах (**@16,0**). Затем, включив режим "орто", указывают щелчком левой кнопки мыши точку на изображении очерка сферической поверхности корпуса (рис. 2.18). После этого завершают команду для построения незамкнутого контура нажатием клавиши <Enter> или выбором пункта **Enter** в КМ *(см. разд. 1.1)* рабочей области экрана. Отключают режим "орто".

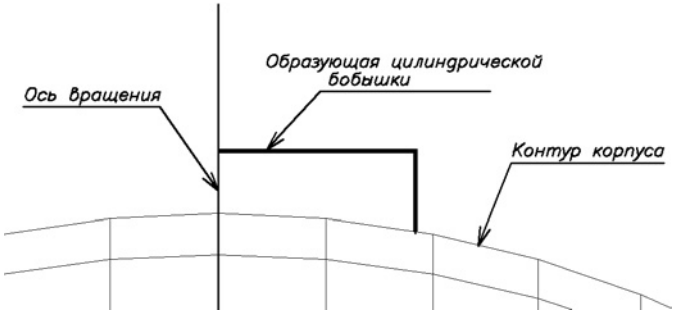


Рис. 2.18. Построение Г-образной образующей цилиндрической бобышки

Ось вращения на месте оси цилиндрической бобышки строят командой **LINE** (ОТРЕЗОК) от точки с координатами (**0,0**) к точке (**0,110**).

Удаляют изображение корпуса, отключая слой **Surf1** (Поверхн1), и устанавливают текущим слой **Surf2** (Поверхн2), в котором моделируют цилиндрическую бобышку *(см. разд. 2.1)*. Задают значения системных переменных **SURFTAB1** и **SURFTAB2**, равные соответственно **16** и **2**.

Цилиндрическая бобышка выполнена в виде поверхности трехмерной многоугольной сети. Моделируют цилиндрическую бобышку командой **REVSURF** (П-ВРАЩ). На запросы команды указывают мышью по очереди на образующую (полилинию) и ось вращения (отрезок) (см. рис. 2.18). Центральный угол задают как полный круг *(см. разд. 2.1)*.

Отключают слой **Contur** (Контур) с элементами, образующими поверхности, и включают слой **Surf1** (Поверхн1) *(см. разд. 2.1)*, чтобы убедиться в правильности построения бобышки по отношению к корпусу. Снова отключают слой **Surf1** (Поверхн1) для удаления изображения корпуса. С помощью команды **ZOOM** (ПОКАЖИ) и режима **Previous** (Предыдущий) или **All** (Все) *(см. разд. 2.3)* воз-

Горизонтальный ВЭ делают текущим щелчком левой кнопки мыши на нем (рис. 2.19).

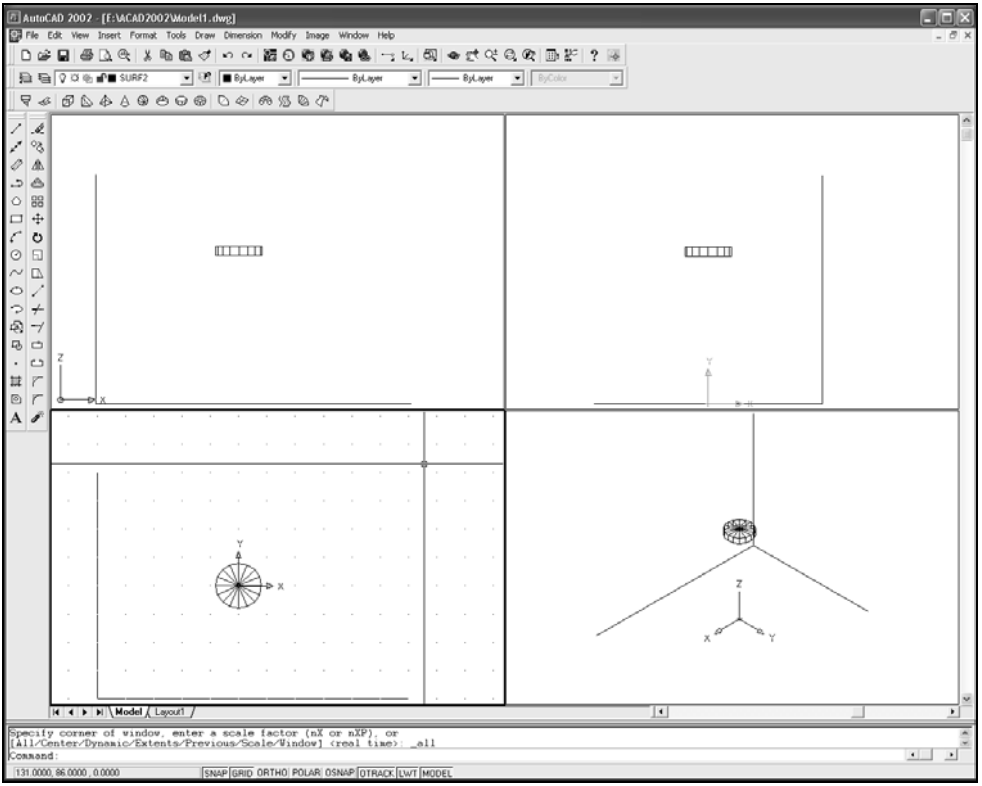


Рис. 2.19. Построенная модель цилиндрической бобышки

Построенную модель цилиндрической бобышки определяют как блок командой **BLOCK** (БЛОК) *(см. разд. 2.1)*, присвоив имя **CYLBOSS** (ЦИЛБОБЫШКА), введя координаты базовой точки основания (**0,0,100**) и выбрав объект. Можно задать описание объекта для блока, например **Цилиндрическая бобышка**.

Цилиндрическая бобышка, определенная как блок, исчезает с экрана.

Сохраняют чертеж под прежним именем *(см. в конце разд. 2.1)*.

2.5. Опора

Опора является элементом крышки подшипника, ограниченным сбоку цилиндрической поверхностью и снизу сферической поверхностью с участком

опоры не нужна, т. к. она примыкает снизу к корпусу. Поэтому ее моделируют как поверхность вращения незамкнутой полилинии.

Включают слои **Constr** (Построения), **Contur** (Контур), **Surf1** (Поверхн1) *(см. в начале разд. 2.2)* и устанавливают первый из них текущим *(см. в начале разд. 2.1)*. В этом слое осуществляют вспомогательные построения для образования дугообразного элемента незамкнутого контура, образующего сферическую поверхность опоры. Построение проводят на профильной плоскости проекций, для чего делают текущим профильный ВЭ щелчком мыши на нем. Положение ПСК сохраняется таким же, как при построении цилиндрической бобышки.

Ориентируясь на корпус, увеличивают с помощью команды **ZOOM** (ПОКАЖИ) и ее режима **Window** (Рамка) *(см. начало разд. 2.3)* изображение внутренней его части, к которой примыкает опора, вводя координаты углов рамки (**−25,30**) и (**25,80**).

Сначала выполняют вспомогательные построения для последующего создания по ним контура образующей поверхности опоры. Командой **LINE** (ОТРЕЗОК) выполняют ломаную линию по размерам с чертежа (см. рис. П1.2). Начинают с внутренней точки образующей цилиндрического отверстия в опоре глубиной **12** мм. За вычетом высоты отсутствующего основания крышки, равной **10** мм, координаты вышеназванной точки равны (**0,62,0**). Затем в относительных координатах вводят точки (**@10,0**); (**@0,−12**); (**@10,0**). Включив режим "орто", указывают щелчком левой кнопки мыши точку на изображении очерка конической поверхности корпуса, ориентируясь на *верхнюю наклонную линию* многоугольной сети конической поверхности корпуса (рис. 2.20). После этого завершают команду и отключают режим "орто".

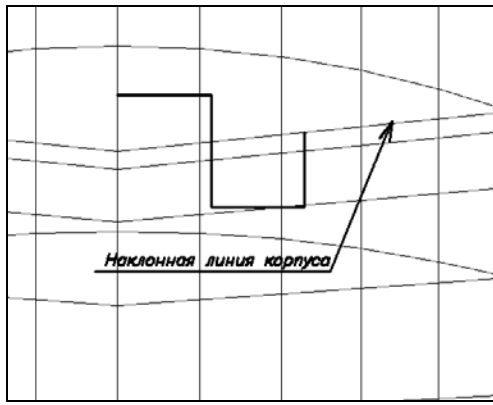


Рис. 2.20. Построение ломаной линии для создания контура образующей опоры

Удаляют изображение корпуса, отключая слой **Surf1** (Поверхн1) *(см. разд. 2.1)*. Текущим оставляют слой **Constr** (Построения).

Далее строят дугообразный элемент опоры, используя команду **ARC** (ДУГА) *(см. разд. 2.1)* в режиме — центр, начало и угол дуги. В меню **Draw** (Рисование) выбирают команду **Center,Start,Angle** (Центр,Начало,Угол) или в ПИ **Draw** (Рисование) нажимают кнопку **Arc** (Дуга). Центр задают в точке (**0,0**), начальную точку определяют значением радиуса сферы (**@0,53**). На запрос в командной строке *Specify included angle* (Угол) (для получения этого запроса при вводе команды из ПИ вызывают КМ *(см. разд. 1.1)* рабочей области экрана и выбирают режим **Angle** (Угол)) вводят отрицательное значение центрального угла, равное **−45** градусам, для получения точек пересечения с ломаной линией. В результате на профильном ВЭ выполнены вспомогательные построения (рис. 2.21).

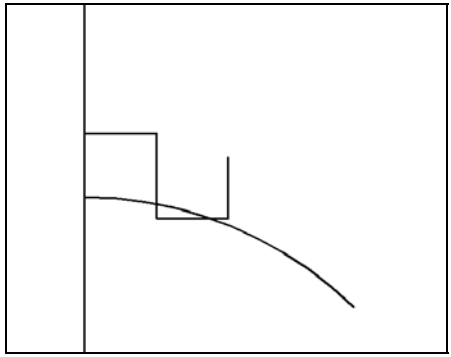


Рис. 2.21. Вспомогательные построения для создания контура образующей опоры

Построение незамкнутой образующей осуществляют в слое **Contur** (Контур), поэтому его устанавливают текущим *(см. начало разд. 2.1)*.

Незамкнутую полилинию строят командой **PLINE** (ПЛИНИЯ), аналогично образующим конической и цилиндрической бобышек *(см. начало разд. 2.3)*. Осуществляют обводку замкнутого контура по линиям вспомогательных построений, проводя полилинию непрерывно от точки к точке. Такими точками на изображении контура фигуры являются точки концов отрезков, точки пересечения отрезков и дуги. При построении дугообразной полилинии используют точку ее центра. Координаты некоторых точек неизвестны — их задают с помощью режимов объектной привязки, которые предоставляет система AutoCAD. Эти режимы позволяют вычислять и вводить координаты характерных точек геометрических элементов.

Примечание

Характерными точками являются: средние и конечные точки объектов; основание перпендикуляра к линии; точки пересечения геометрических элементов; точки центра окружности и дуги и др. Режимы объектной привязки позволяют автоматически вычислять координаты этих точек при наведении указателя мыши на объекты.

Режимы объектных привязок используются только в ответ на запрос других команд о вводе точки. Задают режимы либо разовые, либо постоянные.

Разовый режим задают при вводе координат какой-либо точки. Для каждой следующей точки задание режима повторяют. Для этого используют:

- в ПИ **Standard** (Стандартная) — кнопку **Temporary Tracking Point** (Точка отслеживания), нажатие которой открывает КПИ с кнопками задания различных режимов; режим определяется по значку на кнопке или по всплывающим подсказкам;
- отдельную ПИ **Object Snap** (Объектные привязки), которую открывают с помощью пункта **Object Snap** (Объектные привязки) КМ любой из открытых ПИ;
- курсорное меню (КуМ), открываемое щелчком правой кнопки мыши на рабочей области экрана при нажатой клавише <Shift>.

Постоянный режим привязок работает все время и позволяет при установке нескольких типов привязок выбирать из них нужные. Устанавливают постоянный режим с помощью команды **OSNAP** (ПРИВЯЖИ).

Для работы с командой нужно выполнить следующие действия.

1. Выбрать пункт **Tools** (Сервис) ⇒ **Drafting Settings** (Режимы рисования). При этом откроется ДО **Drafting Settings** (Режимы рисования) (рис. 2.22).
2. Перейти на вкладку **Object Snap** (Объектная привязка) (можно использовать пункт **Settings** (Режимы) из КМ *(см. разд. 1.1)* кнопки **OSNAP** (ПРИВЯЖИ) в строке состояния).
3. В области **Object Snap modes** (Режимы объектной привязки) установить флажки необходимых режимов.
4. Установить/снять флажок **Object Snap On** (Объектная привязка Вкл) для включения/отключения постоянного режима.
5. Нажатием кнопки **Select All** (Выбрать все) или **Clear All** (Очистить все) установить или отменить все режимы привязок.
6. Нажатием кнопки **OK** завершить диалог.

Впоследствии режим постоянной привязки можно временно включать и отключать нажатием кнопки **OSNAP** (ПРИВЯЗКА) в строке состояния или

на кнопке **OSNAP** (ПРИВЯЗКА) в строке состояния или нажатие клавиши <F3> открывает ДО **Drafting Settings** (Режимы рисования).

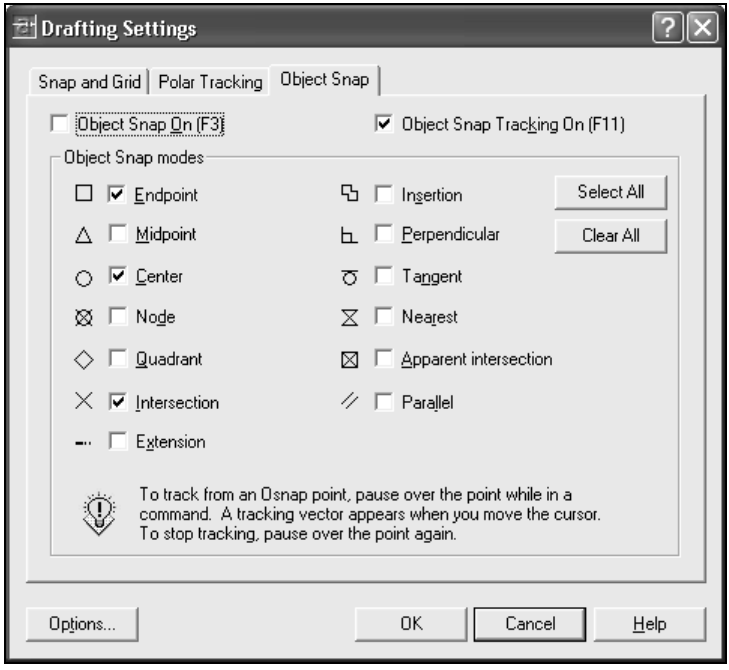


Рис. 2.22. Вкладка **Object Snap** диалогового окна **Drafting Settings**

При использовании объектных привязок при наведении указателя мыши на объект всплывает подсказка с названием привязки и маркером типа привязки. Форма маркера показана слева от полей выбора типов привязок в ДО **Drafting Settings** (Режимы рисования). Включают и отключают эти подсказки, а также управляют установкой размера, цвета маркера и режима автопривязки в ДО **Options** (Настройка) (см. рис. 1.5). Для этого нужно выполнить следующие действия.

1. В ДО **Options** (Настройка) перейти на вкладку **Drafting** (Построения).
2. В области **AutoSnap Settings** (Параметры автопривязки) выполнить необходимые настройки.

Это же ДО можно открыть из рассмотренного выше ДО **Drafting Settings** (Режимы рисования) нажатием кнопки **Options** (Настройка). В ДО **Options** (Настройка) на вкладке **Drafting** (Построения) рекомендуется изменить *цвет маркера* привязки с желтого на более темный, например *синий*

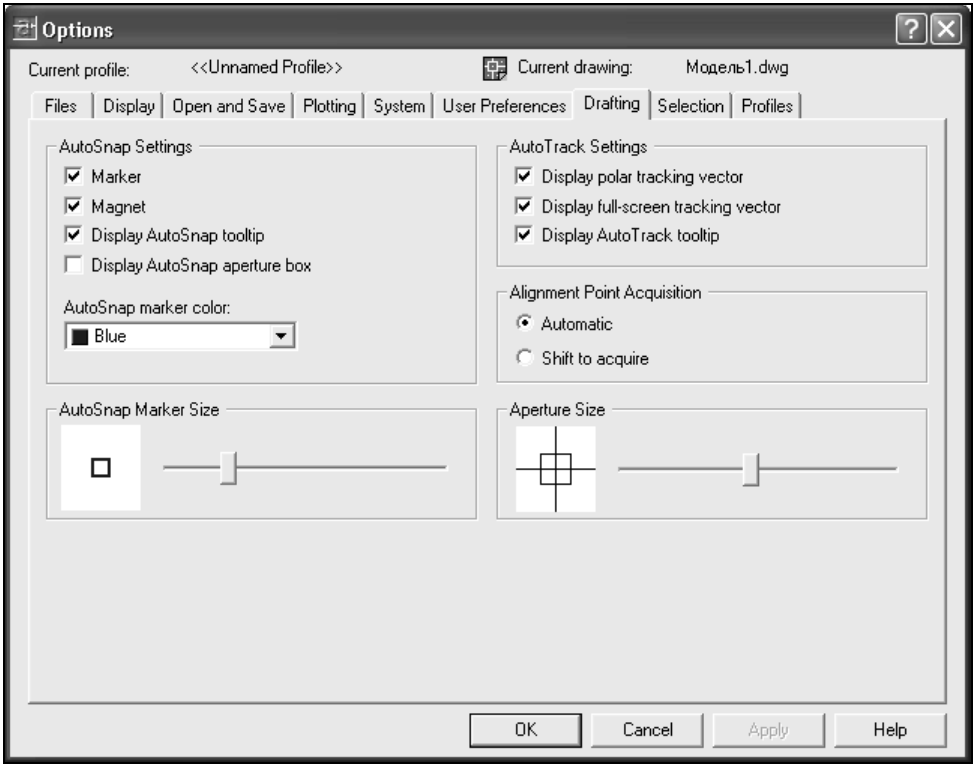


Рис. 2.23. Вкладка **Drafting** диалогового окна **Options**

Следует отметить, что установка одновременно нескольких типов привязок приводит к ситуации автозахвата не той точки, которая нужна. Однако существует возможность пролистывания всех возможных привязок с помощью неоднократного нажатия клавиши <Tab> до появления подсказки с нужной привязкой.

Необходимо иметь в виду, что объектные привязки являются приоритетными и не позволяют задавать точки вблизи от объектов, т. к. осуществляют автозахват характерных точек этих объектов. В этом случае рекомендуется временно отключать действие режима объектных привязок щелчком мыши в строке состояния на кнопке **OSNAP** (ПРИВЯЗКА) или нажатием клавиши <F3>.

Таким образом, для обводки замкнутого контура по линиям вспомогательных построений задают постоянные режимы объектных привязок: **Endpoint** (Конточка); **Intersection** (Пересечение) и **Center** (Центр). Осуществляют обводку, начиная с правого конца ломаной, чтобы затем дугообразный

Для этого нужно выполнить следующие действия.

1. Ввести команду **Polyline** (Полилиния) *(см. начало разд. 2.3)*.
2. На запрос в командной строке *Specify start point* (Начальная точка) указать на верхнюю часть правого вертикального отрезка, привязываясь к его верхнему концу (всплывает маркер привязки в форме квадрата), и ввести эту точку щелчком левой кнопки мыши.
3. На следующий запрос *Specify next point or [Arc/Close//Undo/]* (Следующая точка или [Дуга/Замкни//Отмени/]) указать на нижнюю часть правого вертикального отрезка, привязываясь к его нижнему концу (снова всплывает маркер привязки в форме квадрата), и ввести эту точку.
4. На повторный запрос *Specify next point or [Arc/Close//Undo/]* (Следующая точка или [Дуга/Замкни//Отмени/]) указать на место пересечения горизонтального отрезка с дугой, привязываясь к точке их пересечения (всплывает маркер привязки в форме крестика), и ввести эту точку (см. рис. 2.24).
5. Открыть щелчком правой кнопки мыши КМ рабочей области и выбрать в нем режим **Arc** (Дуга).
6. На запрос в командной строке *Specify endpoint of arc or [/CEnter/]* (Определите конечную точку дуги или [/Центр/]) снова открыть КМ рабочей области и выбрать в нем режим **CEnter** (Центр).
7. На запрос в командной строке *Specify center point of arc* (Центр дуги) указать на дугу и, пролистывая привязки с помощью неоднократного нажатия клавиши <Tab> до появления подсказки Center (Центр) (всплывает маркер привязки в форме круга), ввести эту точку щелчком левой кнопки мыши (рис. 2.25).
8. На запрос в командной строке *Specify endpoint of arc* (Конечная точка дуги) указать на место пересечения дуги с левым вертикальным отрезком, привязываясь к точке их пересечения (всплывает маркер привязки в форме крестика), и ввести эту точку (рис. 2.26).
9. Открыть КМ рабочей области и выбрать в нем режим Line (ОТРЕЗОК).
10. На запрос в командной строке *Specify next point* (Следующая точка) указать на верхнюю точку левого вертикального отрезка, привязываясь к его верхнему концу (всплывает маркер привязки в форме квадрата), и ввести эту точку.
11. На следующий запрос *Specify next point* (Следующая точка) указать на левую часть верхнего горизонтального отрезка, привязываясь к его левому концу (снова всплывает маркер привязки в форме квадрата), и ввести эту точку.
12. Поскольку полилиния незамкнутая, завершают команду нажатием кла-

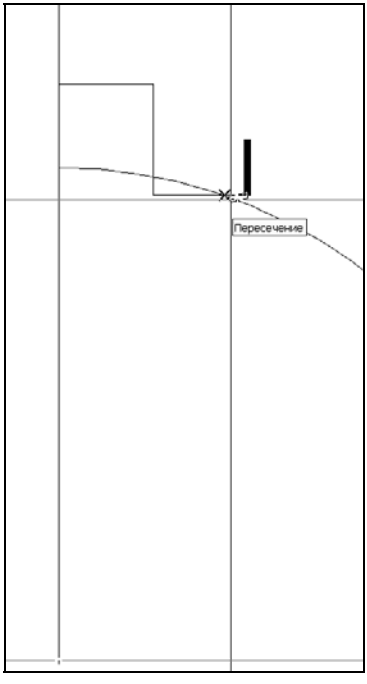
Полилиния сформировала контур как единый объект, который удобно использовать в качестве образующей опоры (рис. 2.27). После завершения обводки следует временно отключить режим объектной привязки *(см. начало данного раздела)*, чтобы он не мешал вводу координат точек при последующих построениях.

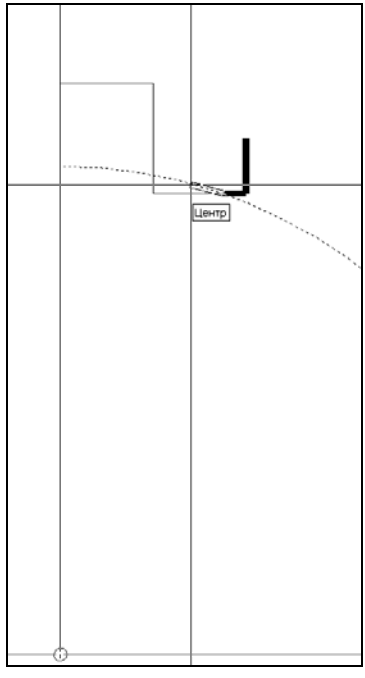
Ось вращения опоры совпадает с осью цилиндрической бобышки, которая уже построена.

Отключают слой **Constr** (Построения) и устанавливают текущим слой **Surf2** (Поверхн2) *(см. разд. 2.1)*, в котором моделируют опору. Задают значения системных переменных **SURFTAB1** и **SURFTAB2** такими же, как и для цилиндрической бобышки, т. е. равными соответственно **16** и **2**.

Опора выполнена в виде поверхности трехмерной многоугольной сети. Моделируют опору командой **REVSURF** (П-ВРАЩ) *(см. разд. 2.1)*. На запросы команды указывают мышью по очереди на образующую (полилинию) и ось вращения (отрезок) (см. рис. 2.27). Центральный угол задают как полный круг.

Отключают слой **Contur** (Контур) с элементами, образующими поверхности, и включают слой **Surf1** (Поверхн1) *(см. начало разд. 2.2)*, чтобы убедиться в правильности построения опоры по отношению к корпусу.





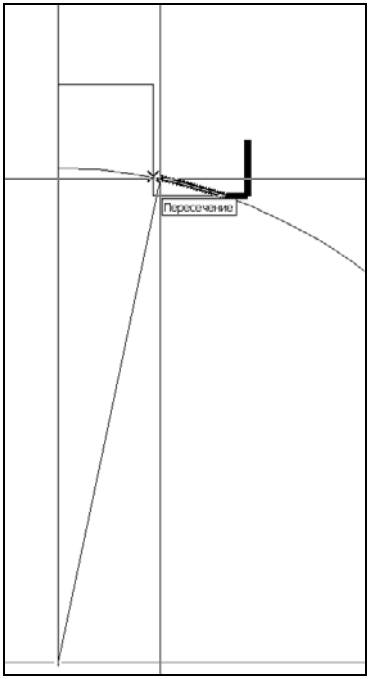


Рис. 2.26. Переход к обводке отрезка

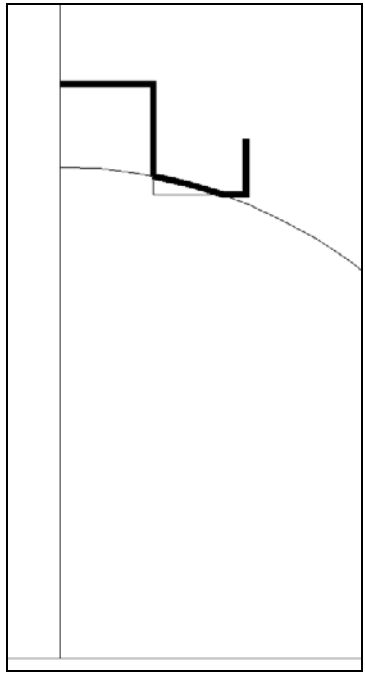


Рис. 2.27. Завершение построения ломаной

С помощью команды **ZOOM** (ПОКАЖИ) и режимов **Previous** (Предыдущий) или **All** (Все) *(см. разд. 2.3)* возвращаются к предыдущему увеличению изображения чертежа. Удаляют с помощью команды **ERASE** (СОТРИ) корпус крышки, т. к. его изображение играло в построениях вспомогательную роль.

Для этого нужно выполнить следующие действия.

1. Выбрать пункт **Modify** (Редакт) ⇒ **Erase** (Стереть) (можно использовать кнопку **Erase** (Стереть) из ПИ **Modify** (Редактирование)).
2. На запрос в командной строке *Select objects* (Выберите объекты) выбрать прицелом изображение корпуса крышки *(см. разд. 2.1)*.
3. Завершить выбор и команду нажатием клавиши <Enter> или щелчком правой кнопки мыши.

Делают текущим горизонтальный ВЭ щелчком мыши на нем (рис. 2.28).

Построенную модель опоры определяют как блок командой **BLOCK** (БЛОК) *(см. разд. 2.1)*, присвоив имя **SUPPORT** (ОПОРА), введя координату базовой точки основания (**0,0,50**) и выбрав объект *(см. разд. 2.1)*. Можно задать описание объекта для блока, например **Опора крышки подшипника**.

Опора, определенная как блок, исчезает с экрана.

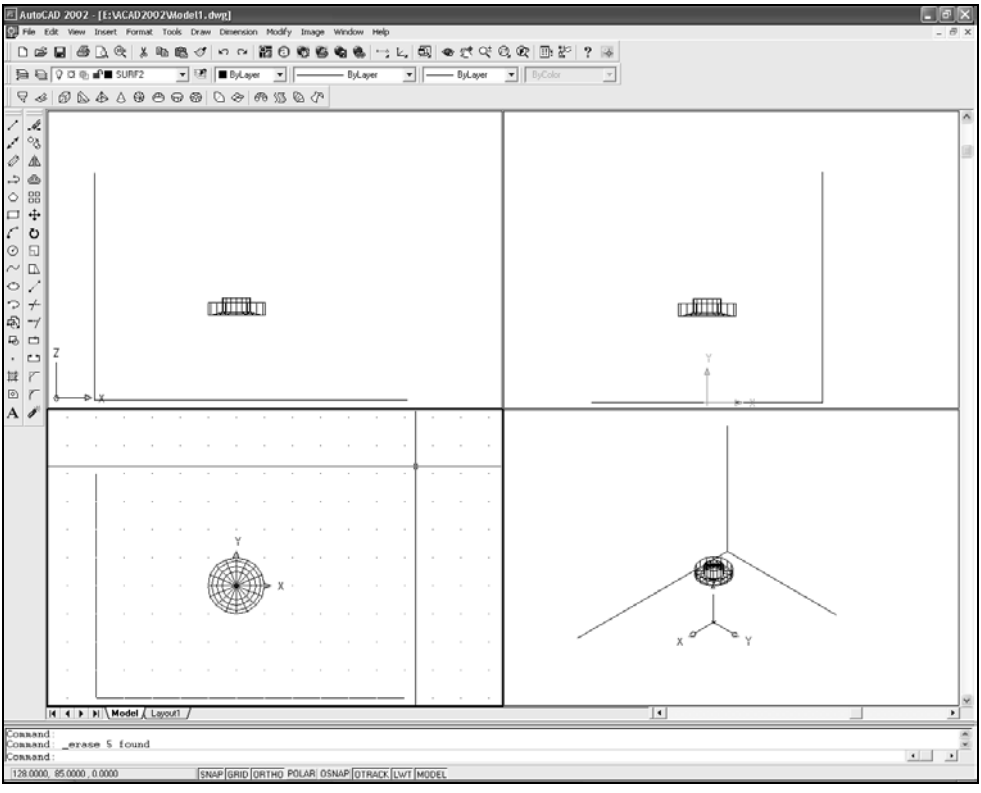
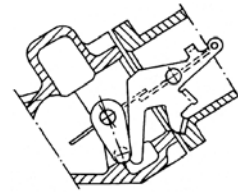


Рис. 2.28. Построенная модель опоры

Глава 3



Сборка крышки подшипника из элементов

Сборку крышки подшипника осуществляют, вставляя созданные блоки с соответствующими точками вставки элементов, которые определяют по чертежу (см. рис. П1.2), учитывая базовые точки блоков. При создании блоков за основу взята точка начала координат, размещенная в центре сферы корпуса. Моделируя крышку подшипника в целом, ее основание размещают на горизонтальной плоскости. Поэтому при вставке элементов крышки их следует дополнительно поднимать на высоту основания, т. е. на 10 мм.

Вначале устанавливают текущим горизонтальный ВЭ, чтобы задать ПСК, соответствующую виду сверху. Для сборки используют команду **INSERT** (ВСТАВЬ) *(см. разд. 2.3)*. Вставляют поочередно блоки с соответствующими координатами точек вставок.

Блок **HOUSING** (КОРПУС) базируется в центре сферической поверхности в точке (**0,0,10**) с учетом подъема на высоту 10 мм.

Блок **PLATE** (ОСНОВАНИЕ) состоит из двух элементов, повернутых друг относительно друга на 180 градусов. Поэтому первый элемент вставляют в точку положительного расположения центра правого цилиндрического отверстия с координатами (**76,0,10**). Второй элемент вставляют в точку отрицательного расположения центра левого цилиндрического отверстия с координатами (**−76,0,10**) с поворотом на угол, равный 180 градусам.

Блок **CONBOSS** (КОНБОБЫШКА) состоит из двух элементов, базирующихся относительно тех же точек центров цилиндрических отверстий: для первого элемента — точка с координатами (**76,0,10**), для второго — точка (**−76,0,10**).

Блок **CYLBOSS** (ЦИЛБОБЫШКА) располагается относительно верхней точки крышки с координатами (**0,0,110**).

Блок **SUPPORT** (ОПОРА) базируется относительно нижней точки опоры с координатами (**0,0,60**).

Крышка подшипника полностью смоделирована из отдельных элементов и

Для наглядности отображения объекта в реальном непрозрачном виде используют процедуру удаления скрытых линий (см. рис. П1.3). Эту операцию выполняют по очереди на каждом ВЭ, делая их текущими. Для удаления скрытых линий и получения реального изображения объемного объекта используется команда **HIDE** (СКРОЙ). Для этого нужно выбрать пункт **View** (Вид) ⇒ **Hide** (Скрыть линии).

Возвращают каркасное изображение с помощью его регенерации командой **REGEN** (РЕГЕН), вызываемую одним из двух способов:

- **View** (Вид) ⇒ **Regen** (Регенерировать) — для одного (текущего) ВЭ;
- **View** (Вид) ⇒ **Regen All** (Регенерировать все) — одновременно для всех ВЭ.

Нагляднее удаление скрытых линий выполняется на одном изометрическом ВЭ. Для этого используют визуализацию изображения на одном ВЭ с помощью команды **VPORTS** (ВЭКРАН). Выполняются следующие действия.

1. Сделать текущим ВЭ.
2. Выбрать пункт **View** (Вид) ⇒ **Viewports** (Видовые экраны) ⇒ **1 Viewport** (1 ВЭкран).

Можно открыть ДО **Viewports** (Видовые экраны) *(см. разд. 1.3)*, в котором на вкладке **New Viewports** (Новые ВЭкраны) в области **Standard viewports** (Стандартные конфигурации) выделяют строку **Single** (Один) (в области **Preview** (Образец) при этом отобразится один ВЭ) и завершают диалог нажатием кнопки **OK**. Затем удаляют скрытые линии (рис. 3.1).

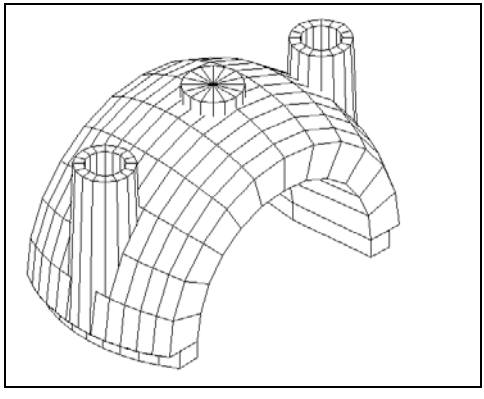


Рис. 3.1. Модель крышки подшипника на изометрическом видовом экране

Можно убрать с видового экрана знак ПСК, если он мешает просмотру, для этого нужно выполнить следующие действия.

1. Выбрать пункт **View** (Вид) ⇒ **Display** (Экран) ⇒ **UCS Icon** (Знак ПСК).

Возврат к конфигурации из четырех ВЭ осуществляют с помощью того же ДО **Viewports** (Видовые экраны), в котором на вкладке **Named Viewports** (Именованные ВЭкраны) выбирают в списке **Named Viewports** (Именованные ВЭкраны) имя сохраненной конфигурации ВЭ, например **4VP** (4ВЭ). Завершают диалог нажатием кнопки **OK**.

Для сохранения изображения объекта с удаленными скрытыми линиями используют его запись в виде слайда с помощью команды **MSLIDE** (ДСЛАЙД). Можно удалить скрытые линии для каждого ВЭ и сохранить их изображения в виде слайдов. Для этого сначала устанавливают текущим один из ВЭ, например фронтальный. Затем можно сделать его на экране единственным, т. е. перейти к одному ВЭ. После этого выполняют операцию удаления скрытых линий и создают слайд.

1. Вводят из командной строки команду **MSLIDE** (ДСЛАЙД).
2. В ДО **Create Slide File** (Создание файла слайда) в поле ввода **File Name** (Имя файла) вводят имя, например в соответствии с ВЭ — **Front** (Спереди).
3. Завершают диалог нажатием кнопки **Save** (Сохранить) (рис. 3.2).

Слайды сохраняются в виде отдельных файлов с расширением sld.

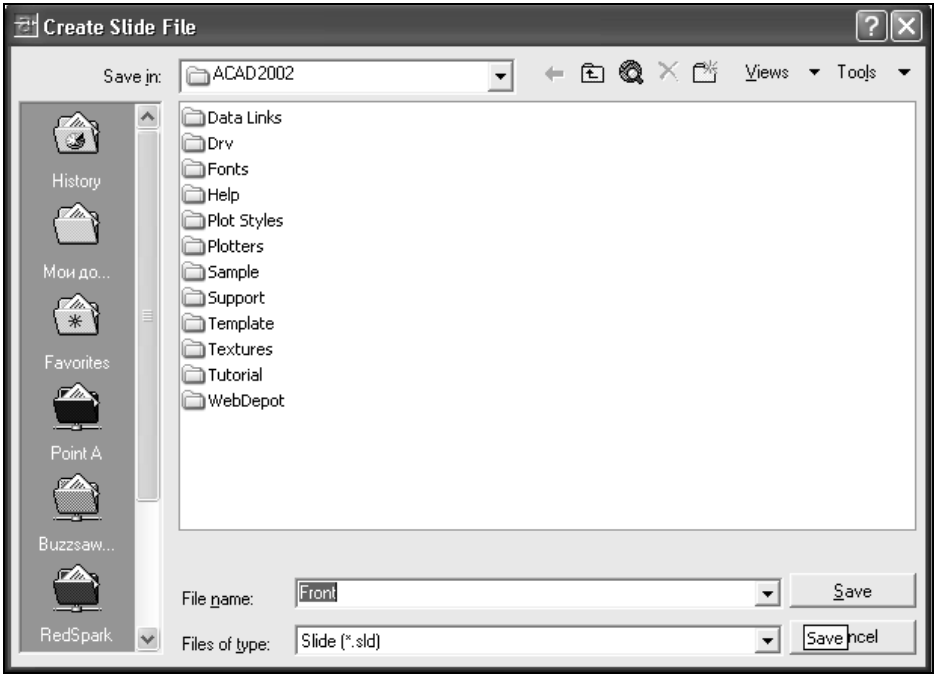


Рис. 3.2. Диалоговое окно **Create Slide File**

После этого восстанавливают конфигурацию из четырех ВЭ (см. ранее) и повторяют по очереди создание слайдов в других ВЭ (после удаления скрытых линий) с именами **Top** (Сверху), **Left** (Слева), **Iso** (Изо). Повторно команду **MSLIDE** (ДСЛАЙД) удобно вводить из КМ командной строки пункта **Recent Comands** (Последние команды) *(см. разд. 1.3)*.

Просмотр слайдов в любом сеансе работы с AutoCAD осуществляют с помощью команды **VSLIDE** (СЛАЙД). Для этого нужно выполнить следующие действия.

1. Ввести из командной строки команду **VSLIDE** (СЛАЙД).
2. В открывшемся ДО **Select Slide File** (Выбор файла слайда) в списке выбрать имя файла слайда, например **Front** (Спереди).
3. Завершить диалог нажатием кнопки **Open** (Открыть).

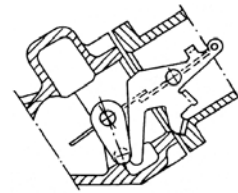
Повторяют по очереди просмотр слайдов в других ВЭ с именами **Top** (Сверху), **Left** (Слева), **Iso** (Изо). Повторно команду **VSLIDE** (СЛАЙД) также удобно вводить из КМ командной строки пункта **Recent Comands** (Последние команды). Слайды удобнее просматривать в режиме одного ВЭ.

Удаление изображения в виде слайда осуществляют очисткой экрана с помощью команды **REDRAW** (ОСВЕЖИ). Для этого нужно выбрать пункт **View** (Вид) ⇒ **Redraw** (Освежить).

Для удаления изображения в виде слайда можно использовать команды регенерации чертежа (см. выше).

Сохраняют чертеж под прежним именем *(см. в конце разд. 2.1)*.

Глава 4



Преобразование изображения в пространство листа

Как правило, построение рисунка в системе AutoCAD выполняется в *пространстве модели*, а для его подготовки к печати используется *пространство листа*. В пространстве модели создается трехмерная модель разрабатываемого объекта. В пространстве листа можно просмотреть чертеж в том виде, как он должен выглядеть на листе бумаги, создать чертежную рамку стандартных размеров, вставить в нее виды из пространства модели и вывести чертеж на принтер или плоттер.

Моделирование крышки подшипника выполнено в *пространстве модели*, т. е. в так называемом *пространстве неперекрывающихся ВЭ*. В этом случае активна вкладка **Model** (Модель), ярлык которой расположен внизу рабочего окна. Активность вкладки **Model** (Модель) всегда означает, что работа ведется в пространстве модели. При выводе на печать из пространства модели чертеж будет содержать изображение только из одного текущего ВЭ. Для представления на чертеже одновременно всех изображений крышки подшипника не в каркасном, а в полигональном виде с удаленными скрытыми линиями (см. рис. П1.3) используют пространство *плавающих (перекрывающихся)* ВЭ, т. е. *пространство макета листа* или просто *пространство листа*, называемое также **Layout** (Лист). В этом случае активизируют одну из вкладок **Layout** (Лист) (их может быть несколько).

Перед переходом в *пространство плавающих* ВЭ осуществляют настройку режимов для формирования параметров листа. Для этого нужно выполнить следующие действия.

1. Выбрать пункт **Tools** (Сервис) ⇒ **Options** (Настройка).
2. В открывшемся ДО **Options** (Настройка) перейти на вкладку **Display** (Экран) и в области **Layout elements** (Листы) установкой соответствующих флажков включить/отключить следующие режимы, включенные по умолчанию:
   - **Display Layout and Model tabs** (Вкладки "Модель" и "Лист") — отображение панели **Model and Layout** (Модель и Лист), расположенной под

Панель используют для перехода в пространство макета листа и обратно в пространство модели, поэтому режим оставляют включенным;

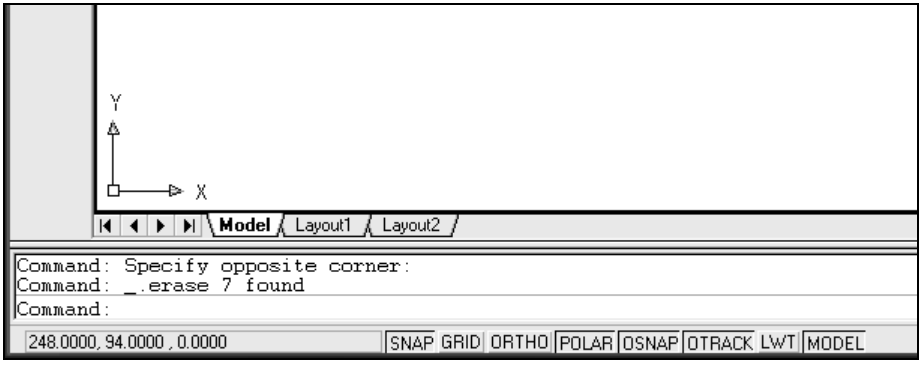
- **Display margins** (Поля листа) — отображение штриховой линией рабочей области листа; рекомендуется оставить включенным;
- **Display paper background** (Подложить заданный формат) — выделение листа на фоне всего экрана, рекомендуется оставить включенным;
- **Display paper shadow** (Тень вокруг границ) — оттенение листа на фоне экрана, рекомендуется оставить включенным;
- **Show Page Setup dialog for new layouts** (Выводить окно параметров для новых листов) — следует оставить включенным для последующей настройки параметров листа (настройка описана дальше);
- **Create viewport in new layouts** (Создавать видовые экраны на новых листах) — следует отключить при создании своих конфигураций ВЭ на листе.

3. Завершить диалог нажатием кнопки **OK**.

Переход в пространство листа осуществляют щелчком мыши на кнопке **Model** (Модель) в строке состояния (рис. 4.1), после чего она превращается в кнопку **Paper** (Лист) (рис. 4.2). Можно перейти в пространство листа, используя панель **Model and Layout** (Модель и Лист). На панели щелкают на вкладке (ярлыке) **Layout1** (Лист1) или **Layout2** (Лист2), которые предложены по умолчанию (см. рис. 4.1). Ярлык активной вкладки — белого цвета.

Новые макеты листов можно создавать и переименовывать, используя КМ *(см. разд. 1.1)* ярлыка и функции **New layout** (Новый лист) и **Rename** (Переименовать). Чтобы создать макет:

❒ выберите пункт **Insert** (Вставка) ⇒ **Layout** (Лист) ⇒ **New layout** (Создать лист).



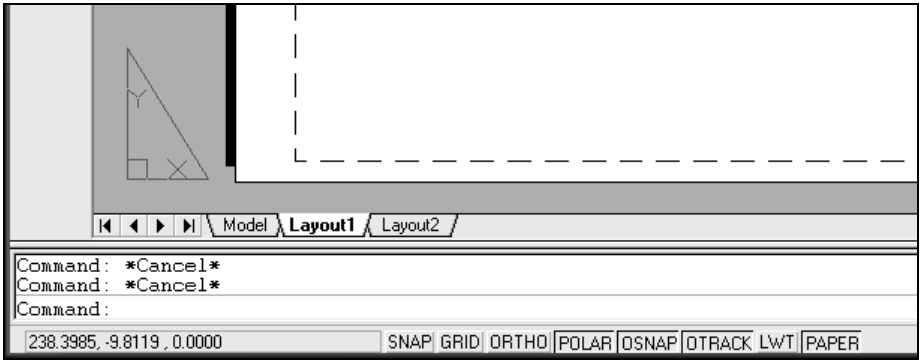


Рис. 4.2. Активная вкладка (ярлык) **Layout1**

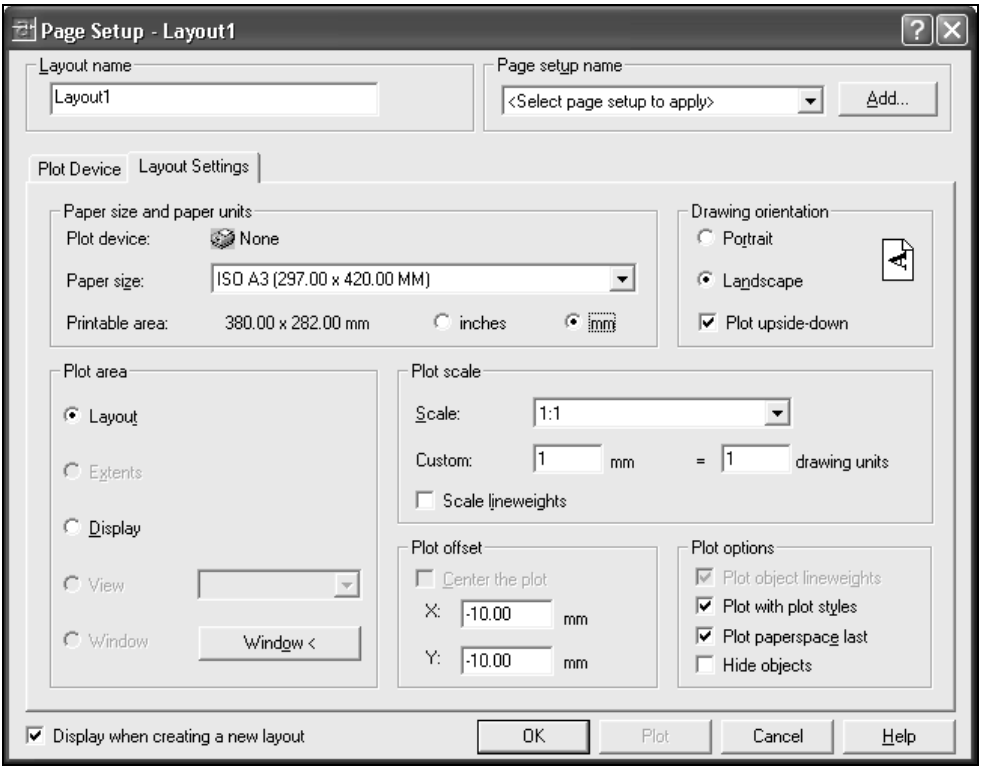


Рис. 4.3. Диалоговое окно **Page Setup - Layout 1**

Можно удалять листы или изменять их параметры, используя пункты **Delete** (Удалить) и **Page Setup** (Параметры страницы) КМ ярлыка. Для удаления

Для изменения параметров пункт **Delete** (Удалить) выполняют для текущего листа.

При первом переходе в пространство макета открывается ДО **Page Setup - Layout 1** (Параметры листа - Лист1) для настройки параметров страницы (рис. 4.3).

Здесь выполняется ряд операций.

1. В поле ввода **Layout Name** (Имя вкладки) ввести новое имя листа либо оставить предложенное по умолчанию **Layout1**.
2. Перейти на вкладку **Plot Device** (Устройство печати).
3. В области **Plotter configuration** (Конфигурация плоттера) в раскрывающемся списке **Name** (Имя) выбрать тип принтера (формата А3) или значение **None** (Нет).
4. Перейти на вкладку **Layout Settings** (Компоновка).
5. В области **Paper size and paper units** (Формат листа и единицы) в раскрывающемся списке **Paper size** (Формат листа) выбрать размер листа, например **ISO A3 (297.00 × 420.00 MM)**; выбором переключателя в группе **Printable area** (Доступная область) установить единицы измерения миллиметры.
6. В области **Drawing orientation** (Ориентация чертежа) щелчком на переключателе **Landscape** (Альбомная) установить горизонтальную ориентацию листа формата А3.
7. Установкой флажка **Plot upside-down** (Перевернуть) можно задать режим для поворота изображения на 180 градусов.
8. В области **Plot offset** (Смещение от начала) в полях ввода **X** и **Y** задать отрицательные значения для смещения начала координат в точку левого нижнего угла листа, т. к. по умолчанию начало координат расположено в левом нижнем углу рабочей области листа, отображенной штриховой линией. Эти значения вычисляют, исходя из размеров листа и рабочей области. Такое положение начала координат удобно для определения расположения объектов на листе. Размеры рабочей области показаны в строке **Printable area** (Доступная область).
9. Завершить диалог нажатием кнопки **OK**.

На экране открывается чистый макет листа формата А3, штриховой линией обрамлена рабочая область. Переход в пространство макета сопровождается изменением знака ПСК в виде стрелок на треугольник.

Для изменения параметров макета листа используют пункт **Page Setup** (Параметры листа) меню **File** (Файл) или КМ ярлыка макета. Она открывает то же ДО **Page Setup - Layout1** (Параметры листа - Лист1) для настройки или

Возврат в *пространство неперекрывающихся* ВЭ выполняется щелчком на ярлыке вкладки **Model** (Модель) панели **Model and Layout** (Модель и Лист). Ярлык становится белым (см. рис. 4.1).

Перед формированием в пространстве макета листа *плавающих* ВЭ создают и устанавливают текущим слой с именем **Vports** (Вэкраны), используя команду **LAYER** (СЛОЙ) *(см. разд. 1.2)*.

В пространстве макета листа формируют *плавающие* ВЭ с помощью команды **VPORTS** (ВЭКРАН) *(см. разд. 1.3)*, используя подменю пункта **View** (Вид) ⇒ **Viewports** (Видовые экраны).

Для создания четырех ВЭ, аналогичных *пространству модели*, используют сохраненную конфигурацию этих ВЭ под именем **4VP** (4ВЭ) *(см. главу 3)*. С этой целью в ДО **Viewports** (Видовые Экраны) нужно выполнить следующие действия.

1. На вкладке **Named Viewports** (Именованные ВЭкраны) выбрать в списке **Named Viewports** (Имена ВЭ) имя сохраненной конфигурации ВЭ, например **4VP** (4ВЭ) *(см. главу 3)*.
2. Нажатием кнопки **OK** закрыть окно.
3. На запрос в командной строке *Specify first corner or [Fit]<Fit>* (Первая угловая точка или [Вписать]<Вписать>) задать угловую точку прямоугольной области расположения, например (**40,70**).
4. На запрос в командной строке *Specify opposite corner* (Противоположный угол) задать противоположную точку прямоугольной области расположения ВЭ, например (**400,280**).

На *макете листа* создаются четыре ВЭ, аналогичные *пространству модели*. В этом пространстве можно работать в двух режимах. Первый называют режимом **Paper** (Лист). В нем работают с объектами, расположенными на самом листе, к которым относятся и сами видовые экраны. Их можно перемещать по листу, изменять их размеры, накладывать друг на друга (отсюда название пространства *плавающих* или *перекрывающихся* ВЭ), удалять. Хотя данные ВЭ отображают на листе трехмерное пространство, оно в этом режиме недоступно.

Для работы в трехмерном пространстве каждого ВЭ используют второй режим, называемый **Model** (Модель). В этом режиме, как и в пространстве модели, щелчком мыши делают текущим любой ВЭ (он обрамляется утолщенной рамкой) и работают на нем с объектами в трехмерном пространстве.

Переключаются в *режим модели* щелчком в строке состояния на кнопке **Paper** (Лист) (см. рис. 4.2), после чего она превращается в кнопку **Model** (Модель) (рис. 4.4). Обратно в *режим листа* переключаются щелчком на кнопке **Model** (Модель), после чего она превращается в кнопку **Paper**

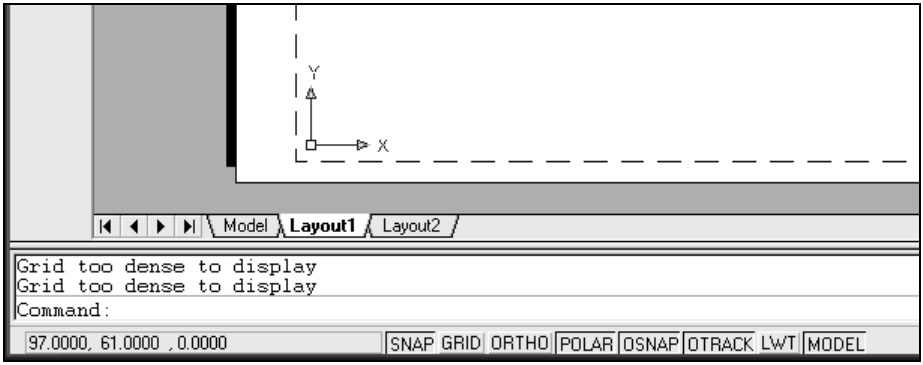


Рис. 4.4. Переход в режим модели при работе в пространстве листа

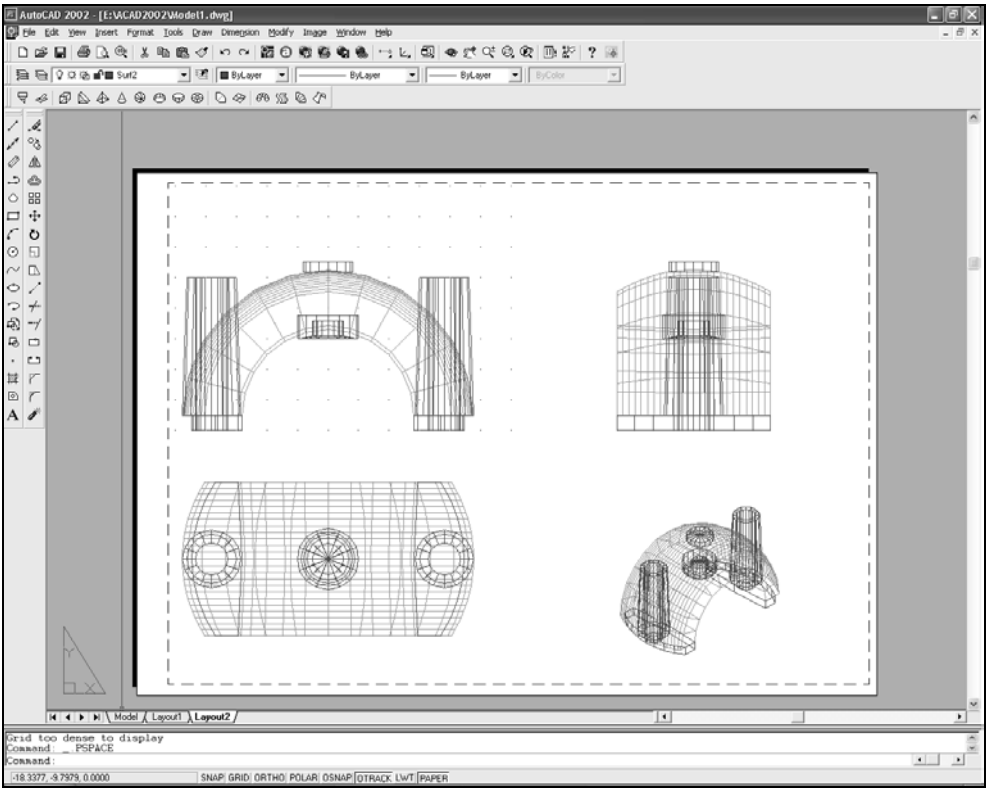


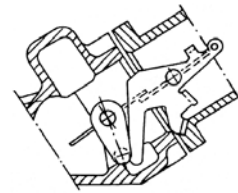
Рис. 4.5. Изображения крышки подшипника без границ видовых экранов

Для получения на листе изображений только объекта следует отключить

переключаются в *режим модели* щелчком на кнопке **Paper** (Лист), щелчком левой кнопки мыши делают текущим ВЭ с отображенной координатной сеткой и отключают ее *(см. разд. 1.1)*. Эти действия выполняют на каждом ВЭ поочередно. Затем снова возвращаются в *режим листа* щелчком на кнопке **Model** (Модель). Отключают слой **Vports** (Вэкран) с изображением рамок ВЭ и слой **0** с изображением осей координат, установив текущим слой **Surf1** (Поверхн1) или **Surf2** (Поверхн2) *(см. разд. 2.1)*. После этого на листе отображаются все четыре вида крышки подшипника без границ ВЭ. Такое изображение затем выводят на печать (рис. 4.5).

Сохраняют чертеж под прежним именем *(см. в конце разд. 2.1)*.

Глава 5



Печать и предварительный просмотр изображения

Для того чтобы при выводе на печать объект изображался не в каркасном, а в полигональном виде с удаленными скрытыми линиями, включают с помощью команды **VPORTS** (ВЭКРАН) *(см. разд. 1.3)* режим **Hideplot** (Скрыть). Для этого нужно выполнить следующие действия.

1. Выбрать пункт **View** (Вид) ⇒ **Viewports** (Видовые экраны) ⇒ **1 Viewport** (1 ВЭкран).
2. На запрос в командной строке *Specify corner of viewport or* (Угловая точка видового экрана или [перечень режимов команды]) ввести режим **Hideplot** (Скрыть), используя КМ рабочей области экрана *(см. разд. 1.1)*.
3. На запрос в командной строке *Hidden line removal for plotting* (Подавление скрытых линий для печати) ввести режим **On** (Вкл), снова используя КМ рабочей области экрана.
4. На запрос в командной строке *Select objects* (Выберите объекты) нужно выбрать рамки ВЭ. Поскольку слой с рамками ВЭ был отключен, его временно следует включить с помощью команды **LAYER** (СЛОЙ). Панель инструментов **Object Properties** (Свойства объектов) в данный момент недоступна, поэтому используют команду **LAYER** (СЛОЙ) и ДО **Layer Properties Manager** (Диспетчер свойств слоев) *(см. разд. 1.2)*. В ДО слева от имени слоя **Vports** (ВЭкраны) щелкают на значке "лампа" (он становится желтым) и нажатием кнопки **OK** закрывают ДО. Команда работы со слоями выполнялась в так называемом прозрачном режиме, т. е. она не прервала команду **VPORTS** (ВЭКРАН). В командной строке по-прежнему предложен запрос *Select objects* (Выберите объекты). Выбирают рамки всех ВЭ *(см. разд. 2.1)*.
5. Завершить выбор и команду **VPORTS** (ВЭКРАН) нажатием клавиши <Enter> или щелчком правой кнопки мыши.

Снова отключают слой **VPORTS** (ВЭКРАН) с изображением рамок ВЭ, ис-

Для вывода изображения на листе на печатающее устройство нужно выполнить следующие действия.

1. Выбрать пункт **File** (Файл) ⇒ **Plot** (Печать) (можно использовать кнопку **Plot** (Печать) из ПИ **Standard** (Стандартная)).
2. В открывшемся ДО **Plot** (Печать) (рис. 5.1) осуществить настройки, аналогичные настройкам в ДО **Page Setup - Layout1** (Параметры листа - Лист1).

Дополнительно можно:

- на вкладке **Plot Device** (Устройство печати):
  - в области **Plotter configuration** (Конфигурация плоттера) в раскрывающемся списке **Name** (Имя) выбрать тип принтера, например: **HP OfficeJet Pro 1150 C**;
  - в области **WHAT to plot** (Что печатать) выбором переключателя **Current tab** (Текущая вкладка) или **All layout tabs** (Все листы) установить режим печати текущего листа или всех макетов листов; в поле ввода **Number of copies** (Количество экземпляров) задается количество экземпляров;
- на вкладке **Plot Settings** (Параметры печати):
  - в области **Paper size and paper units** (Формат листа и единицы) в списке **Paper size** (Формат листа) автоматически устанавливается формат листа, соответствующий типу принтера А4;
  - в области **Plot area** (Печатаемая область) выбором переключателя установить один из следующих режимов:
    - ◊ **Layout** (Лист) — для вывода на печать всего листа;
    - ◊ **Extents** (Границы) — для вывода на печать только изображений;
    - ◊ **Display** (Экран) — для вывода на печать видимого на графическом экране изображения. Для задания прямоугольной области просмотра изображения на чертеже предназначена кнопка **Window<** (Рамка<), временно закрывающая ДО для задания двух точек по диагонали *(см. разд. 2.3)*, после чего снова открывается ДО, в котором автоматически устанавливается режим **Window** (Рамка). Для чертежа, показанного на рис. П1.3, был использован этот режим;
- в области **Plot scale** (Масштаб печати) в раскрывающемся списке **Scale** (Масштаб) выбрать масштаб, например **1:1** или **Scaled to Fit** (Вписать), для автомасштабирования изображения в пределах доступной области листа бумаги;
- в полях ввода **Custom** (Пользовательский) можно задать свой масштаб в виде отношения числа реальных единиц измерения (мм) к числу ели-

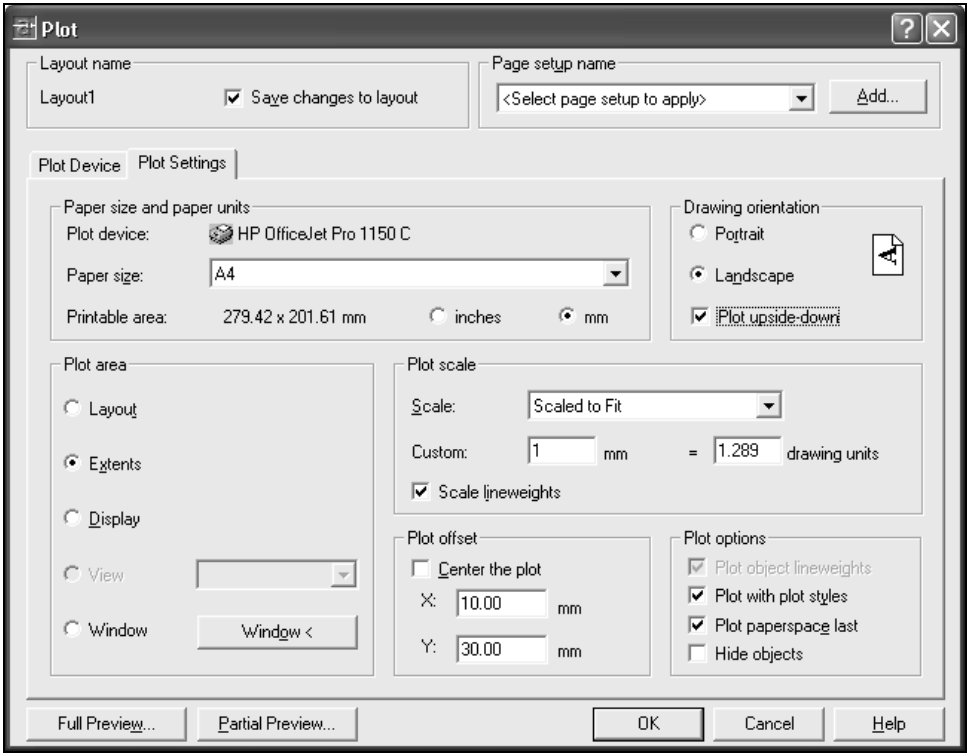


Рис. 5.1. Вкладка **Plot Settings** диалогового окна **Plot**

- снять флажок **Plot with plot styles** (Учитывать стили печати) щелчком левой кнопки мыши;
- задать режим изменения ширины линии пропорционально масштабу установкой флажка **Scale lineweights** (Учитывать веса линий объектов);
- в области **Plot offset** (Смещение от начала) в полях ввода **X** и **Y** задать смещение начальной точки чертежа. Например, для удобства отсчета координат смещают начальную точку в левый нижний угол листа из левого нижнего угла пунктирной рамки рабочей области листа. По умолчанию в полях отображены значения, заданные при настройке параметров страницы. В нашем примере заданы значения, равные **10** по X и **30** по Y;
- кнопка **Full preview** (Полный просмотр) позволяет осуществить предварительный просмотр изображения перед печатью. При этом КМ *(см. разд. 1.1)* рабочей области предлагает ряд функций для работы с изображениями предварительного просмотра:
  - **Zoom** (Зумирование) — позволяет в режиме реального времени увеличивать изображения перемещением указателя мыши при нажатой ле-

щением указателя мыши сверху вниз (лист приближается или удаляется);

- **Pan** (Панорамирование) — позволяет в режиме реального времени перемещать изображения вместе с листом перемещением указателя мыши при нажатой левой кнопке мыши по фронту (вдоль экрана);
- **Zoom Window** (Показать рамкой) — позволяет увеличивать изображение на листе, заключая его в рамку перемещением указателя мыши при нажатой левой кнопке мыши;
- **Zoom Original** (Предыдущий вид) — позволяет вернуть исходное изображение на листе;
- **Plot** (Печать) — позволяет в режиме предварительного просмотра вывести чертеж на печать;
- **Exit** (Выход) — осуществляет выход из режима предварительного просмотра.

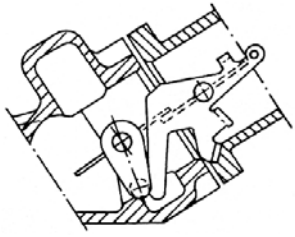
В завершение диалога нажатием кнопки **OK** выводят чертеж на печать (см. рис. П1.3).

После печати все настройки сохраняются, поэтому предварительный просмотр чертежа осуществляют с помощью отдельной функции одним из двух способов:

❒ выбрать пункт **File** (Файл) ⇒ **Plot Preview** (Предварительный просмотр);

❒ нажать кнопку **Plot Preview** (Предварительный просмотр) в ПИ **Standard** (Стандартная).

Управляют просмотром и завершают его также с помощью пунктов КМ рабочей области экрана, описанных ранее.



Часть II

Твердотельное моделирование объекта

Глава 6. Начало работы

Глава 7. Последовательность построения твердотельной модели объекта

Глава 8. Сборка крышки подшипника из твердотельных элементов

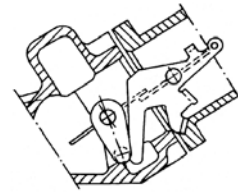
Глава 9. Выполнение изометрических разрезов

Моделирование с помощью тел — самый простой в использовании вид пространственного моделирования. В основу описания объекта объемной моделью положен принцип формирования сложной модели из элементарных объемов (примитивов) с использованием логических операций объединения, вычитания и пересечения. Примитивы заданной формы можно создавать вводом требуемых значений, путем "выдавливания" или вращения двумерных объектов. Твердотельное моделирование предоставляет возможность пользователю-конструктору применить принцип создания геометрической модели разрабатываемого объекта от пространственной модели к ее двумерному представлению. По такой модели можно построить графические изображения (виды, разрезы, сечения), необходимые для чертежа изделия.

Твердотельное моделирование позволяет создавать и редактировать пространственные объекты, называемые телами. *Тело* — часть пространства, ограниченная замкнутой поверхностью и имеющая определенный объем. *Примитив* представляет собой простейшую (базовую) геометрическую форму, которую очень легко создать и из которой можно построить более сложные твердотельные модели. *Область* — замкнутая часть плоскости, полученная преобразованием существующих двумерных примитивов, имеющих нулевую высоту (кругов, фигур, двумерных полилиний, многоугольников и т. п.).

При твердотельном моделировании используется модульный подход. Сложные трехмерные объекты строятся из простейших "кирпичиков", называемых *твердотельными примитивами*. Для тел это объекты "параллелепипед", "куб", "цилиндр", "шар" или "конус", а для областей — любые примитивы, способные образовывать замкнутый контур. Примитивы заданной формы можно также создавать путем "выдавливания" или вращения двумерного объекта. Для образования составного тела или составной области в AutoCAD предусмотрены средства объединения нескольких тел в одно. *Составная область* — единая область, являющаяся результатом выполнения логических операций объединения, вычитания или пересечения нескольких областей. Кроме того, можно вычитать одно тело (область) из другого или находить их общий объем методом пересечения. Действия с телами всегда выполняются отдельно от областей. Например, объединять можно тела с телами, а области с областями, и никогда — тела с областями. Одно из достоинств тел и областей заключается в том, что их можно анализировать, например вычислять такие свойства тел, как центр тяжести, масса, площадь поверхности, моменты инерции и т. д., а также определять их физические свойства — плотность, теплопроводность и др.

Глава 6



Начало работы

Работу начинают с создания нового чертежа на основе шаблона **Model.dwt** (Модель.dwt), разработанного при полигональном моделировании объекта *(см. в конце разд. 1.4)*. В шаблоне создана специальная среда, содержащая четыре неперекрывающихся ВЭ с разными направлениями точек зрения на объект:

- ❒ левый нижний горизонтальный ВЭ с изображением вида сверху;
- ❒ левый верхний фронтальный ВЭ с изображением вида спереди;
- ❒ правый верхний профильный ВЭ с изображением вида слева;
- ❒ правый нижний ВЭ с изометрическим изображением объекта.

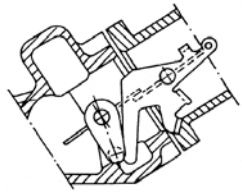
При моделировании используют слой для вспомогательных построений с именем **Constr** (Построения) и слой для моделей твердых тел с именем **Solid** (Тело). Для работы со слоями используют команду **LAYER** (СЛОЙ) *(см. разд. 1.2)*. В ДО **Layer Properties Manager** (Диспетчер свойств слоев) изменяют имя слоя **Contur** (Контур) на имя **Solid** (Тело); изменяют его цвет, например на серый; удаляют по очереди слои **Surf1** (Поверхн1) и **Surf2** (Поверхн2).

Настройку параметров для отображения твердотельной модели осуществляют в ДО **Options** (Настройка), открываемом выбором пункта **Tools** (Сервис) ⇒ **Options** (Настройка) *(см. разд. 1.1)*. На вкладке **Display** (Экран) этого окна выполняют следующие действия.

1. В области **Display resolution** (Экранное разрешение) в поле ввода **Contour lines per Surface** (Число образующих в поверхностях) задают значение **0** вместо предлагаемого значения **4** для удаления сетки образующих линий на поверхностях.
2. В области **Display perfomance** (Производительность отображения) устанавливают флажок **Show silhouettes in wireframe** (Кромки силуэта), включающий режим показа только контура фигуры.

Эти настройки хранятся в значениях системных переменных соответственно **ISOLINES** и **DISPSILH**, которыми управляют с помощью команды **SETVAR** (УСТПЕРЕМ) *(см. разд. 1.4)*.

Сохраняют выполненные изменения в отдельном *файле-шаблоне* с другим именем для использования его в качестве прототипа, например с именем



Глава 7

Последовательность построения твердотельной модели объекта

Твердотельную модель, как и полигональную, создают из отдельных элементов. Для крышки подшипника обозначают те же пять элементов: **HOUSING** (КОРПУС), **PLATE** (ОСНОВАНИЕ), **CONBOSS** (КОНБОБЫШКА), **CYLBOSS** (ЦИЛБОБЫШКА), **SUPPORT** (ОПОРА).

Твердотельное моделирование некоторых элементов отличается от их полигонального моделирования. После создания эти элементы сохраняются в качестве блоков, из которых затем собирают всю модель. В отличие от полигональной модели при сборке твердотельной модели используют логические операции объединения и вычитания твердотельных элементов.

Для удобства построений отдельных элементов по размерам из чертежа переносят начало ПСК на горизонтальном ВЭ в точку геометрического центра объекта, т. е. в центр сферы КОРПУСА. Эту точку, как и при полигональном моделировании, располагают в середине области пределов (лимитов) чертежа в точке с координатами (**100,80**) *(см. начало главы 2)*.

Сохраняют этот файл под новым именем, чтобы не изменять созданный ранее прототип, например **Solid1** (Тело1) *(см. начало главы 2)*.

Начинают моделирование с корпуса крышки подшипника.

7.1. Корпус

Твердотельный элемент **HOUSING** (КОРПУС) создают по аналогии с полигональной моделью. Устанавливают текущими слой **Constr** (Построения) *(см. начало разд. 2.1)* и ВЭ для горизонтальной плоскости проекций щелчком мыши на нем.

Строят ломаную линию из отрезков по значениям координат их концов: (**56,0**), затем (**@5,50**) и (**95,50**).

Строят дугу *(см. разд. 2.1)* по точке центра, начальной точке и углу, вводя значения координат центра (**0,0**), затем начальной точки (**95,0**), затем угла с по-

Строят зеркальное отображение объектов *(см. разд. 2.1)*. Значения координат точек на оси зеркального отражения (первой (**0,0**) и второй (**95,0**)) вводят с клавиатуры либо пролистыванием координат с помощью клавиш перемещения курсора *(см. разд. 1.3)* из хранящихся в памяти координат точек построения дуги.

Устанавливают текущим слой **Solid** (Тело).

Контур линии, образующий фигуру корпуса, создают с помощью функции **Boundary** (Контур) *(см. разд. 2.1)*. Оставляют тип линии **Polyline** (Полилиния), заданный по умолчанию. Создают контур заданием точки внутри замкнутого пространства, ограниченного построенными линиями на горизонтальном ВЭ. На экране вокруг этой замкнутой области возникает контур из полилинии с цветом по слою (в нашем случае серый).

Замораживают слой **Constr** (Построения) с вспомогательными построениями, оставляя только элементы, образующие поверхности. Замораживание осуществляют аналогично отключению слоя. Для этого разворачивают список существующих слоев щелчком мыши на кнопке с треугольной стрелкой в ПИ **Object Properties** (Свойства объектов) *(см. разд. 2.1)*, щелчком мыши на значке ("солнышко") замораживают слой **Constr** (Построения) (значок преобразуется в "снежинку"). Размораживают при необходимости слой щелчком на значке "снежинка", который преобразуется в "солнышко".

Текущим оставляют слой **Solid** (Тело). Изображения с вспомогательными построениями отрезков и дуг исчезают. На экране остается изображение контура.

Создают тело корпуса вращением контура вокруг вектора его оси против часовой стрелки на угол, равный **−180** градусам. В отличие от полигональной модели здесь не требуется создавать отрезок, служащий осью вращения, т. к. координаты, задающие ось, вводят в диалоге с командой.

Для создания тела нужно выполнить следующие действия.

1. Выбрать пункт **Draw** (Рисование) ⇒ **Solids** (Тела) ⇒ **Revolve** (Вращать) (можно использовать кнопку **Revolve** (Вращение) из ПИ **Solids** (Тела) (рис. 7.1), открываемой с помощью команды **Solids** (Тела) КМ любой из открытых ПИ).

Рис. 7.1. Панель инструментов **Solids**

В командной строке появляется сообщение *Current wire frame density: ISOLINES=0* (Текущая плотность каркаса: ISOLINES=0), говорящее о значении системной переменной, задающей число образующих для по-

2. На запрос в командной строке *Select objects* (Выберите объекты) выбрать прицелом или рамкой контур.
3. На повторный запрос в командной строке *Select objects* (Выберите объекты) завершить выбор нажатием клавиши <Enter> (или щелчком правой кнопки мыши на рабочей области экрана).
4. На запрос в командной строке *Specify start point for axis of revolution* (Начальная точка оси вращения) вводят с клавиатуры координаты (**0,0**) либо находят их пролистыванием *(см. разд. 1.3)*.
5. На запрос в командной строке *Specify endpoint of axis* (Конечная точка оси), используя режим "орто" и протягивая "резиновую нить" вверх, вводят щелчком мыши любую точку на оси (затем следует отключить режим "орто").
6. На запрос в командной строке *Specify angle of revolution* (Угол вращения) вводят отрицательное значение угла, равное **−180** градусам.

На экране появляется твердотельная модель корпуса в каркасном (прозрачном) отображении линиями кромок силуэта, т. е. очерком поверхностей, ограничивающих корпус, и линиями их пересечения (рис. 7.2). При этом следует иметь в виду, что вращаемая полилиния контура не сохраняется, а превращается в тело.

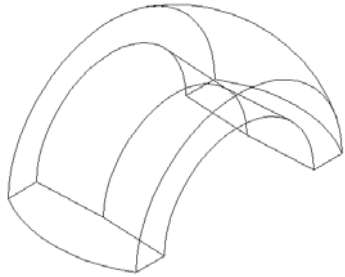


Рис. 7.2. Твердотельная модель корпуса в каркасном отображении

Построенную модель корпуса определяют как блок *(см. разд. 2.1)* с именем **HOUSING** (КОРПУС), с базовой точкой с координатами **x = 0**, **y = 0**, **z = 0**, с удалением исходного изображения. Можно задать описание объекта для блока, например **Корпус крышки подшипника**.

Корпус, определенный как блок, исчезает с экрана.

Сохраняют чертеж под прежним именем, например **Solid1** (Тело1)

7.2. Основание

По аналогии с полигональной моделью этот элемент создают с помощью операции выдавливания (экструзии) контура на заданную величину.

Размораживают и устанавливают текущим слой **Constr** (Построения) с вспомогательными построениями *(см. разд. 7.1 и 2.1)*. На экране появляются прежние построения. Добавляют в них дугообразный элемент для создания цилиндрического участка поверхности основания крышки, как при полигональном моделировании. Дугу строят с помощью команды **OFFSET** (ПОДОБИЕ), используя построенную дугу корпуса *(см. разд. 2.2)*. Величину смещения дуги задают равной **6**.

Для моделирования отверстия в основании крышки строят круг по центру в точке с координатами (**76,0**) и диаметру, равному **21** *(см. разд. 2.2)*.

Устанавливают текущим слой **Solid** (Тело).

Контур линий, образующий фигуру основания, создают с помощью функции **Boundary** (Контур) по аналогии с полигональной моделью *(см. разд. 2.2)*. После этого в командной строке выводится сообщение *BOUNDARY: created objects - 2 polyline* (КОНТУР: создано объектов - 2 полилинии). На экране вокруг этой замкнутой области и вокруг внутреннего круга возникают контуры из полилинии с цветом по слою (в нашем случае — серым).

Замораживают слой **Constr** (Построения) с вспомогательными построениями *(см. разд. 7.1)*. Текущим оставляют слой **Solid** (Тело). На экране сохраняется изображение двух контуров.

Создают тело основания выдавливанием контуров на глубину, равную высоте основания. Форма основания прямая, поэтому угол сужения задают равным **0**. Для этого нужно выполнить следующие действия.

1. Выбрать пункт **Draw** (Рисование) ⇒ **Solids** (Тела) ⇒ **Extrude** (Выдавить) (можно использовать кнопку **Extrude** (Выдавить) из ПИ **Solids** (Тела) (см. с. 69)).
2. На запрос в командной строке *Select objects* (Выберите объекты) выбрать оба контура.
3. На повторный запрос в командной строке *Select objects* (Выберите объекты) завершить выбор нажатием клавиши <Enter> или щелчком правой кнопки мыши на рабочей области экрана.
4. На запрос в командной строке *Specify height of extrusion* (Глубина выдавливания) ввести значение, равное **10**.
5. На запрос в командной строке *Specify angle of taper for extrusion* (Угол для выдавливания), соглашаясь с предложенным по умолчанию значением, равным **0**, нажать клавишу <Enter> или щелкнуть правой кнопки мыши

На всех ВЭ появляется твердотельная модель основания в каркасном (прозрачном) отображении, полилинии выдавливаемых контуров превратились в тело.

Модель состоит из двух тел: первое — основание без отверстия, второе — цилиндрическое тело по форме отверстия. Для создания единого тела основания с отверстием выполняют логическую операцию вычитания одного тела из другого, т. е. цилиндрическое тело вычитают из тела основания без отверстия. Для этого нужно выполнить следующие действия.

1. Выбрать пункт **Modify** (Редакт) ⇒ **Solid Editing** (Редактирование тел) ⇒ **Subtract** (Вычитание) (можно использовать кнопку **Subtract** (Вычитание) из ПИ **Solid Editing** (Редактирование тел)). Эту панель инструментов (рис. 7.3) открывают с помощью команды **Solid Editing** (Редактирование тел) КМ любой из открытых ПИ.

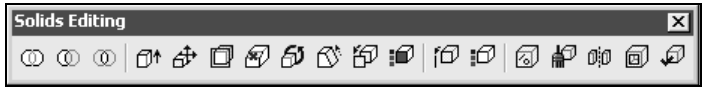
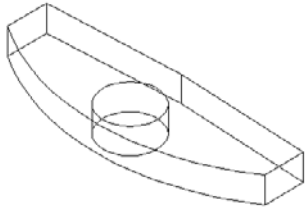


Рис. 7.3. Панель инструментов **Solid Editing**

2. На запрос в командной строке *Select solids and regions to subtract from. Select objects* (Выберите тела и области, из которых будет выполняться вычитание. Выберите объекты) выбрать основание без отверстия.
3. На повторный запрос в командной строке *Select objects* (Выберите объекты) завершить диалог первого выбора нажатием клавиши <Enter> или щелчком правой кнопки мыши на рабочей области экрана.
4. На запрос в командной строке *Select solids and regions to subtract. Select objects* (Выберите тела и области для вычитания. Выберите объекты) выбрать контур цилиндра.
5. На повторный запрос в командной строке *Select objects* (Выберите объекты) завершить диалог второго выбора нажатием клавиши <Enter> или щелчком правой кнопки мыши на рабочей области экрана.

Теперь тело основания имеет сквозное отверстие (рис. 7.4).



Построенную модель основания определяют как блок аналогично корпусу *(см. разд. 2.1)* с именем **PLATE** (ОСНОВАНИЕ) и координатами базовой точки **x = 76**, **y = 0**, **z = 0**. Можно задать описание объекта для блока, например **Основание крышки подшипника**.

Основание, определенное как блок, исчезает с экрана.

Сохраняют чертеж под прежним именем *(см. разд. 2.1)*.

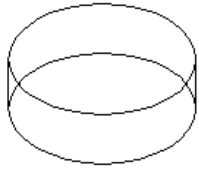
7.3. Цилиндрическая бобышка

Все построения осуществляют в слое **Solid** (Тело), который был установлен текущим при моделировании основания. Оставляют текущим ВЭ для горизонтальной плоскости проекций.

В отличие от полигональной модели тело цилиндрической бобышки создают как полный цилиндр, а не только боковую и верхнюю поверхности. Для этого выполняют функцию **Cylinder** (Цилиндр) из набора функций для стандартных твердотельных фигур. При этом нужно выполнить следующие действия.

1. Выбрать пункт **Draw** (Рисование) ⇒ **Solids** (Тела) ⇒ **Cylinder** (Цилиндр) (можно использовать кнопку **Cylinder** (Цилиндр) из ПИ **Solids** (Тела) *(см. главу 9)*).
2. На запрос в командной строке *Specify center point for base of cylinder* (Центральная точка основания цилиндра) согласиться нажатием клавиши <Enter> (или вводом команды **Enter** из КМ рабочей области экрана) со значениями, предложенными по умолчанию: **x = 0**, **y = 0**, **z = 0**.
3. На запрос в командной строке *Specify radius for base of cylinder* (Радиус основания цилиндра) в КМ *(см. разд. 1.1)* рабочей области чертежа выбрать пункт **Diameter** (Диаметр).
4. На запрос в командной строке *Specify diameter for base of cylinder* (Диаметр основания цилиндра) ввести его значение, равное **32**.
5. На следующий запрос в командной строке *Specify height of cylinder* (Высота цилиндра) ввести значение высоты цилиндра, равное **10**.

На экранах появляется твердотельная модель цилиндрической бобышки в каркасном (прозрачном) отображении (рис. 7.5).



Ее определяют как блок аналогично корпусу *(см. разд. 2.1)* с именем **CYLBOSS** (ЦИЛБОБЫШКА) и координатами базовой точки **x = 0**, **y = 0**, **z = 10** для верхнего основания цилиндра. Можно задать описание объекта для блока, например **Цилиндрическая бобышка**.

Цилиндрическая бобышка, определенная как блок, исчезает с экрана.

Сохраняют чертеж под прежним именем *(см. разд. 2.1)*.

7.4. Коническая бобышка

Все построения осуществляют в слое **Solid** (Тело), который был установлен текущим при моделировании основания и цилиндрической бобышки.

Твердотельную модель конической бобышки, в отличие от полигональной, выполняют не операцией вращения, а выдавливанием круга с задаваемым значением угла сужения. Значение этого угла вычисляют исходя из значения конусности бобышки, равного отношению разности диаметров нижнего и верхнего оснований конуса к его высоте:

$$(d1 - 32) / 90,$$

где d1 — диаметр нижнего основания конуса.

Угол сужения конуса равен углу его полураствора, т. е. арктангенсу половины значения конусности

$$\mathrm{arctg}\ ((d1 - 32) / 90 / 2).$$

Вначале вычисляют и запоминают в переменной d1 значение диаметра нижнего основания конуса исходя из размеров на чертеже (см. рис. П1.2).

Для вычислений используют функцию встроенного калькулятора AutoCAD. Функцию калькулятора **CAL** (КАЛЬК) вводят в командной строке. На запрос в командной строке >>*Expression* (>>Выражение) вводят формулу

d1 = 2 * (95 − 76).

В командной строке возвращается вычисленное значение, равное **38**. Величина d1 хранится в памяти до завершения работы с данным файлом чертежа.

Строят круг нижнего основания конуса бобышки с помощью команды **CIRCLE** (КРУГ) по его центру и диаметру *(см. разд. 2.2)*. Координаты центра круга равны (**76,0**). Значение диаметра вводят как переменную с префиксом в виде восклицательного знака, т. е. **!d1**.

Тело конической бобышки без внутреннего отверстия создают с помощью функции **Extrude** (Выдавить) *(см. главу 9)*. Глубина выдавливания равна высоте конической бобышки, т. е. значению **90**. Угол сужения вводят как выражение в функции калькулятора, которую вызывают в прозрачном режиме

angle of taper for extrusion (Угол сужения для выдавливания) вводят функцию **'CAL** ('КАЛЬК). Затем на запрос в командной строке *>>Expression* (>>Выражение) вводят формулу

atan ((d1 − 32) / 90 / 2).

На экране появляется твердотельная модель конической бобышки без отверстия.

Будущее отверстие в ней создают как твердотельный цилиндр по аналогии с цилиндрической бобышкой *(см. главу 9)*, используя функцию **Cylinder** (Цилиндр) из набора функций для стандартных твердотельных фигур. Координаты центра отверстия равны (**76,0**), значение диаметра — **21**, а высота равна высоте конической бобышки, т. е. значению **90** (рис. 7.6).

Логическую операцию вычитания отверстия из конуса производят при сборке всей крышки подшипника, т. к. эта операция относится ко всем ее элементам. Поэтому пока оба тела определяют как единый блок с именем **CONBOSS** (КОНБОБЫШКА) *(см. разд. 2.1)*. Координаты базовой точки задают для нижнего основания конуса: **x = 76**, **y = 0**, **z = 0**. Можно задать описание объекта для блока, например **Коническая бобышка**.

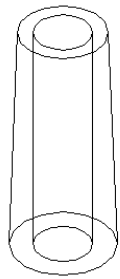


Рис. 7.6. Твердотельная модель конической бобышки

Коническая бобышка, определенная как блок, исчезает с экрана.

Сохраняют чертеж под прежним именем *(см. разд. 2.1)*.

7.5. Опора

Все построения осуществляют в слое **Solid** (Тело), который был установлен текущим при моделировании основания, цилиндрической и конической бобышек. Оставляют текущим ВЭ для горизонтальной плоскости проекций.

Моделирование твердотельного элемента **SUPPORT** (ОПОРА) отличается от

боковые поверхности. Как и модель конической бобышки, опора состоит из нескольких подэлементов: цилиндрического тела, цилиндрической и сферической выемок.

Цилиндры моделируют с помощью функции **Cylinder** (Цилиндр) *(см. главу 9)*. Для *цилиндрического тела опоры* задают центральную точку координатами, равными (**0,0,50**), значение диаметра вводят равным **40**, а высоты цилиндра — равным **12** (см. рис. П1.2).

Для *цилиндрической выемки* создают цилиндрическое тело с теми же координатами центральной точки (**0,0,50**), с значением диаметра, равным **20**, и высотой, как и в первом цилиндре, равной **12**.

Для моделирования *сферической выемки* создают сферическое тело с помощью функции **Sphere** (Шар) из набора функций для стандартных тел. Для этого нужно выполнить следующие действия.

1. Выбрать пункт **Draw** (Рисование) ⇒ **Solids** (Тела) ⇒ **Sphere** (Шар) (можно использовать кнопку **Sphere** (Шар) из ПИ **Solids** (Тела) *(см. главу 9)*).
2. На запрос в командной строке *Specify center of sphere* (Центр шара) согласиться нажатием клавиши <Enter> (или щелчком правой кнопки мыши на рабочей области экрана) со значениями по умолчанию **x = 0**, **y = 0**, **z = 0**.
3. На запрос в командной строке *Specify radius of sphere* (Радиус шара) с клавиатуры ввести значение радиуса, равное **53**.

Логические операции вычитания *цилиндрической* и *сферической выемок* из *цилиндрического тела* производят при сборке всей крышки подшипника, т. к. они взаимодействуют также с ее корпусом. Поэтому пока все три подэлемента опоры (рис. 7.7) определяют как единый блок (по аналогии с конической бобышкой *(см. разд. 2.1)*) с именем **SUPPORT** (ОПОРА) и координатами базовой точки **x = 0**, **y = 0**, **z = 50** для нижнего основания опоры. Можно задать описание объекта для блока, например **Опора крышки подшипника**.

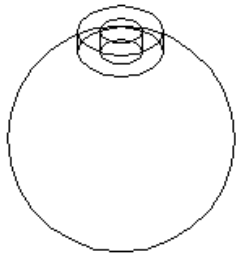
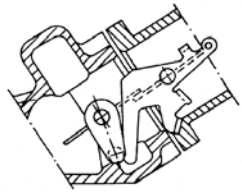


Рис. 7.7. Три твердотельных подэлемента опоры

Опора, определенная как блок, исчезает с экрана.

Глава 8



Сборка крышки подшипника из твердотельных элементов

При конструировании тела крышки подшипника сборку осуществляют, обеспечивая последовательность логических операций объединения и вычитания отдельных элементов и подэлементов.

Оставляют текущим ВЭ для горизонтальной плоскости проекций.

Как и для полигональной модели, сборку осуществляют из блоков с помощью команды **INSERT** (ВСТАВЬ) *(см. разд. 2.3)*, смещая точку вставки на высоту основания, равную 10 мм. Блоки при вставке расчленяют для обеспечения возможности выполнения логических операций. В ДО **Insert** (Вставка) выбирают блок с именем **HOUSING** (КОРПУС), задают координаты точки вставки **x = 0**, **y = 0**, **z = 10**, щелчком мыши устанавливают флажок **Explode** (Расчленить), нажатием кнопки **OK** завершают диалог. На всех ВЭ появляются изображения корпуса крышки подшипника.

Основание **PLATE** (ОСНОВАНИЕ) (рис. 8.1) состоит из двух элементов, повернутых относительно друг друга на **180** градусов. Поэтому первый элемент вставляют в точку положительного расположения центра правого цилиндрического отверстия с координатами (**76,0,0**). Второй элемент вставляют в точку отрицательного расположения центра левого цилиндрического отверстия с координатами (**−76,0,0**) с поворотом на угол **180** градусов.

Крышка подшипника содержит две конические бобышки **CONBOSS** (КОНБОБЫШКА), базирующиеся относительно тех же точек центров отверстий, что и элементы основания, и поднятые на высоту основания крышки, равную **10** мм. Координаты их точек вставки равны соответственно (**76,0,10**) и (**−76,0,10**). Каждая бобышка состоит из двух подэлементов: конического и цилиндрического тел.

Цилиндрическую бобышку **CYLBOSS** (ЦИЛБОБЫШКА) базируют относительно ее верхней точки с координатами (**0,0,110**).

Опору **SUPPORT** (ОПОРА) базируют относительно ее нижней точки с координатами (**0,0,60**). Она состоит из трех подэлементов: цилиндрического

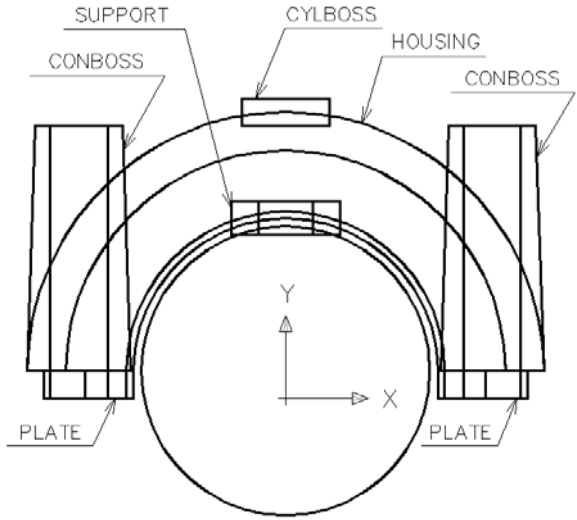


Рис. 8.1. Твердотельные элементы крышки подшипника для объединения

Крышка подшипника полностью собрана из элементов расчлененных блоков. Часть этих элементов составляют тело крышки, а часть являются выемками в ней. Элементы, составляющие тело крышки, объединяют с помощью логической операции **Union** (Объединение). Этими элементами являются (см. рис. 8.1): **HOUSING** (КОРПУС), **CYLBOSS** (ЦИЛБОБЫШКА), два элемента **PLATE** (ОСНОВАНИЕ), два конических подэлемента **CONBOSS** (КОНБОБЫШКА), внешний цилиндрический подэлемент **SUPPORT** (ОПОРА).

Для операции объединения нужно выполнить следующие действия.

1. Выбрать пункт **Modify** (Редакт) ⇒ **Solid Editing** (Редактирование тел) ⇒ **Union** (Объединение) (можно использовать кнопку **Union** (Объединение) из ПИ **Solid Editing** (Редактирование тел) *(см. главу 9)*).
2. На запрос в командной строке *Select objects* (Выберите объекты) выбрать прицелом *(см. разд. 2.1)* названные элементы, используя тот ВЭ, на котором данный элемент легче указать *(см. разд. 1.3)*, и увеличение изображения *(см. разд. 2.3)*.
3. Завершить диалог выбора нажатием клавиши <Enter> или щелчком правой кнопки мыши на рабочей области экрана.

После преобразования создается единая твердотельная модель из указанных элементов. Теперь выполняют операцию вычитания из полученного тела подэлементов, создающих выемки в крышке. Ими являются: *цилиндрические подэлементы отверстий в конических бобышках* и *подэлементы цилиндрической*

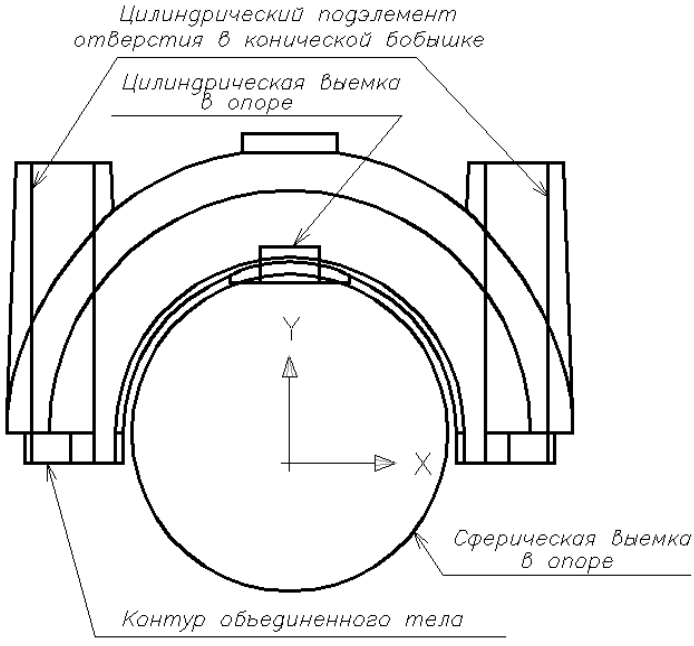


Рис. 8.2. Твердотельные элементы крышки подшипника для операции вычитания

Операцию выполняют с помощью функции **Subtract** (Вычитание) по аналогии с элементом **PLATE** (ОСНОВАНИЕ) *(см. главу 9)*. На запрос в командной строке о выборе тел, из которых будет производиться вычитание, щелкают на контуре созданного объединенного тела. На запрос в командной строке о выборе вычитаемых тел щелкают на перечисленных ранее подэлементах, также используя разные ВЭ.

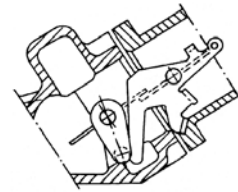
После преобразования на всех ВЭ отображается твердотельная модель крышки подшипника, имеющая сквозные отверстия.

Активизируя по очереди все ВЭ, отключая в них режимы "шаг" и "сетка" и выполняя в каждом удаление скрытых линий *(см. главу 3)*, получают реальное изображение смоделированного объекта.

Можно выполнить изображение в пространстве листа *(см. главу 4)* с удалением скрытых линий (см. рис. П1.4).

Сохраняют чертеж под прежним именем *(см. разд. 2.1)*.

Глава 9



Выполнение изометрических разрезов

На основе изометрического ВЭ выполняют изометрическое изображение объекта с необходимыми разрезами. Чтобы не изменять созданный перед этим файл, его сохраняют под новым именем, например **Solid2** (Тело2) *(см. начало главы 2)*.

Предварительно изменяют конфигурацию ВЭ, оставляя один из них для изометрического изображения объекта *(см. главу 3)*. Перемещают на этом ВЭ начало ПСК в точку геометрического центра объекта с координатами (**100,80**) *(см. начало главы 2)*. Удаляют изображение осей координат, замораживая слой с именем **0** *(см. разд. 7.1)*. Оставляют текущим слой с именем **Solid** (Тело) *(см. разд. 2.1)*. Увеличивают изображение крышки подшипника на весь экран *(см. разд. 2.3)*.

На изометрическом изображении выполняют разрез в виде выреза передней четверти детали двумя секущими плоскостями, для чего используют команду **SLICE** (РАЗРЕЗ). Эта команда разрезает тело на всю длину, поэтому частичный вырез выполняют в несколько этапов. Сначала разрезают крышку подшипника на две симметричные части продольной плоскостью разреза с сохранением обеих частей. Затем переднюю половину разрезают поперечной плоскостью разреза также на две симметричные части с последующим удалением четверти детали. Оставшиеся части модели объединяют в целое.

Для создания разреза нужно выполнить следующие действия.

1. Выбрать пункт **Draw** (Рисование) ⇒ **Solids** (Тела) ⇒ **Slice** (Разрез) (можно использовать кнопку **Slice** (Разрез) из ПИ **Solids** (Тела) *(см. главу 9)*).
2. На запрос в командной строке *Select objects* (Выберите объекты) выбрать тело крышки.
3. На повторный запрос в командной строке *Select objects* (Выберите объекты) завершить выбор нажатием клавиши <Enter> или щелчком правой кнопки мыши на рабочей области экрана.
4. На запрос в командной строке *Specify first point on slicing plane by [Object/Zaxis/View/XY/YZ/ZX/3points:]* (Первая точка на режущей плоскости [Объект/

ввести режим **ZX** для задания продольной секущей плоскости, параллельной плоскости ZX.

5. На запрос в командной строке *Specify a point on the ZX plane* (Точка на плоскости ZX) согласиться нажатием клавиши <Enter> (или щелчком правой кнопки мыши на рабочей области экрана) со значениями по умолчанию (**0,0,0**), т. к. плоскость проходит через начало ПСК.
6. На запрос в командной строке *Specify a point on desired side of the plane* (Укажите точку с нужной стороны от плоскости), используя КМ рабочей области чертежа, ввести режим **keep Both side** (Обе стороны), чтобы оставить обе части разрезанной крышки.

На экране появляется изображение плоскости продольного сечения крышки, разделяющей ее на две части.

Затем аналогично разрезают ближнюю половину крышки, указав ее прицелом в ответ на запрос о выборе объектов. Положение секущей плоскости задают с помощью режима **YZ** и координат (**0,0,0**). На запрос в командной строке *Specify a point on desired side of the plane* (Укажите точку с нужной стороны от плоскости) щелкают на задней части ближней половины крышки, оставляя ее неудаленной (рис. 9.1).

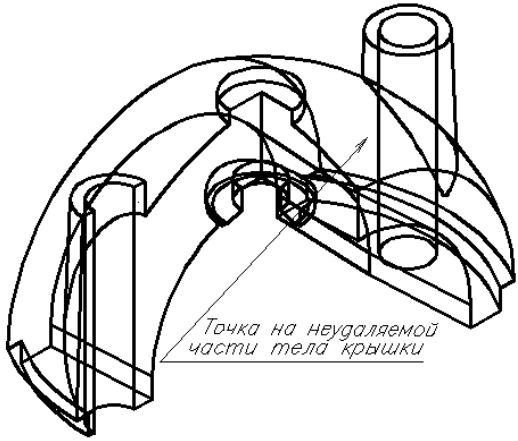


Рис. 9.1. Выполнение выреза в изометрической проекции модели

На экране исчезает изображение ближней части половины крышки.

Оставшиеся части крышки представляют собой два тела. Их объединяют в одно целое с помощью операции **Union** (Объединение) *(см. главу 9)*. После этого на экране исчезает изображение плоскости продольного сечения

Для выполнения штриховки рекомендуется сначала создать контуры на плоскостях разрезов. Предварительно следует создать новый слой с именем **Slice** (Разрез) для помещения в него контура со штриховкой. Цвет слоя устанавливают темно-серым и делают новый слой текущим *(см. разд. 1.2 и 2.1)*.

Для автоматического создания контуров на плоскостях разрезов используют команду **Section** (Сечение).

Предварительно снова разрезают тело крышки подшипника с помощью команды **Slice** (Разрез) по плоскостям ZX (см. ранее) и YZ. Но в отличие от разреза по плоскости YZ, выполненного ранее, на запрос в командной строке о выборе объектов опять выбирают все тело крышки. На последующий запрос *Specify a point on desired side of the plane* (Укажите точку с нужной стороны от плоскости), используя КМ рабочей области чертежа, вводят режим **keep Both side** (Обе стороны), оставляя обе части разрезанной половины крышки. В результате крышка подшипника оказалась разрезанной на три части (рис. 9.2).

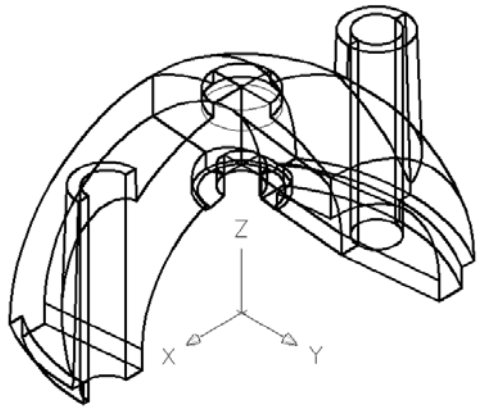


Рис. 9.2. Создания контуров командой **Section**

Затем для получения контура продольного сечения крышки нужно выполнить следующие действия.

1. Выбрать пункт **Draw** (Рисование) ⇒ **Solids** (Тела) ⇒ **Section** (Сечение) (можно использовать кнопку **Section** (Сечение) из ПИ **Solids** (Тела) *(см. главу 9)*).
2. На запрос в командной строке *Select objects* (Выберите объекты) выбрать тело крышки.
3. На повторный запрос в командной строке *Select objects* (Выберите объекты) завершить выбор нажатием клавиши <Enter> или щелчком правой

4. На запрос в командной строке *Specify first point on slicing plane by [Object/Zaxis/View/XY/YZ/ZX/3points:]* (Первая точка на секущей плоскости [Объект/Zось/Вид/XY/YZ/ZX/3точки:]), используя КМ рабочей области экрана, ввести режим **ZX** для задания продольной секущей плоскости, параллельной плоскости ZX.
5. На запрос в командной строке *Specify a point on the ZX plane* (Точка на плоскости ZX) согласиться нажатием клавиши <Enter> (или щелчком правой кнопки мыши на рабочей области экрана) со значениями по умолчанию (**0,0,0**), т. к. плоскость проходит через начало ПСК.

Замораживают слой **Solid** (Тело) с изображением тела крышки *(см. разд. 7.1)*, оставляя текущим слой **Slice** (Разрез). На экране появляется изображение двух контуров сечений (рис. 9.3). Слой **Solid** (Тело) снова размораживают.

Затем аналогично создают контур поперечного сечения в плоскости **ZY** передней правой части тела крышки. После временного замораживания слоя с изображением тела крышки убеждаются в правильности построения контуров сечений (рис. 9.4).

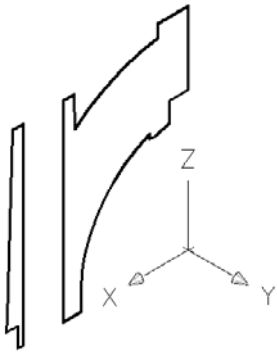


Рис. 9.3. Контуры продольного сечения

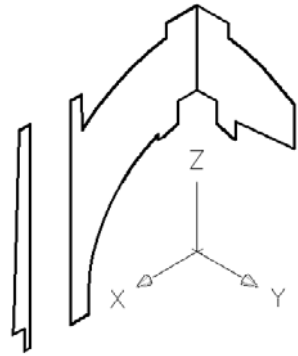


Рис. 9.4. Контуры сечений

Снова объединяют в одно целое все три части крышки с помощью операции **Union** (Объединение) *(см. главу 9)*.

Перед выполнением штриховки рекомендуется временно заморозить слой **Solid** (Тело) с изображением тела крышки. В плоскости продольного сечения крышки совмещают плоскость **XY** с плоскостью контура. Это осуществляют автоматическим совмещением ПСК с указанной плоскостью. Для этого нужно выполнить следующие действия.

1. Выбрать пункт **Tools** (Сервис) ⇒ **New UCS** (Новые ПСК) ⇒ **Object** (Объект) (можно нажать кнопку **UCS** (ПСК) из ПИ **Standard** (Стандартная), рас-

2. На запрос в командной строке *Select object to align UCS* (Выберите объект для задания ПСК) щелкнуть на контуре продольного сечения крышки.

Оси координат XY новой ПСК автоматически совмещаются с плоскостью контура.

Чтобы создать штриховку, нужно выполнить следующие действия.

1. Выбрать пункт **Draw** (Рисование) ⇒ **Hatch** (Штриховка).
2. В раскрывшемся ДО **Boundary Hatch** (Штриховка по контуру) на вкладке **Quick** (Основные) в раскрывающемся списке **Pattern** (Образец) выбрать пункт **ANSI31**. Для наглядности выбора можно использовать кнопку с многоточием справа от поля списка. Щелчок на ней открывает ДО **Hatch pattern palette** (Палитра образцов штриховки).
3. Перейти на вкладку **ANSI** и выбрать в списке образец с именем **ANSI31** (наклонная штриховка для металла).
4. Нажать кнопку **OK** для возврата в ДО **Boundary Hatch** (Штриховка по контуру).
5. В поле ввода **Angle** (Угол) задать угол штриховки, равный **90** градусам.
6. В поле ввода **Scale** (Масштаб) можно изменить интервал между линиями штриховки (плотность штриховки), задав значение, равное, например, **0.8**.
7. Нажатием кнопки **Pick Points<** (Указание точек<) временно закрыть ДО.
8. На запрос в командной строке *Select internal point* (Укажите внутреннюю точку) по очереди щелкать левой кнопкой мыши внутри двух замкнутых областей контуров сечения (обнаруженный замкнутый контур выделяется штриховой подсветкой).
9. Нажатием клавиши <Enter> (или щелчком правой кнопки мыши на рабочей области экрана) завершить указание и вернуть ДО **Boundary Hatch** (Штриховка по контуру).
10. Нажатием кнопки **Preview** (Просмотр) временно закрыть ДО **Boundary Hatch** (Штриховка по контуру) и просмотреть предварительный результат штриховки.
11. На предложение в командной строке *Hit enter or right-click to return to the dialog* (Для возврата в диалоговое окно нажмите Enter или правую кнопку мыши) вернуться в ДО **Boundary Hatch** (Штриховка по контуру).
12. Нажатием кнопки **OK** завершить диалог.

В результате построений в плоскости продольного сечения крышки выполнена штриховка (рис. 9.5).

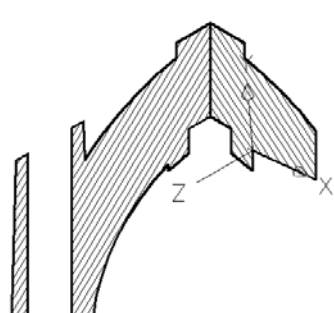


Рис. 9.5. Штриховка сечений крышки подшипника

Для возвращения горизонтальной ориентации ПСК нужно выполнить следующие действия.

1. Нажать кнопку **UCS** (ПСК) в ПИ **Standard** (Стандартная).
2. В раскрывающейся КПИ нажать кнопку **UCS Previous** (Предыдущая ПСК).

Для возвращения горизонтальной ориентации ПСК можно также использовать ДО **UCS** (ПСК) *(см. разд. 1.4)*, где нужно выполнить следующие действия.

1. Перейти на вкладку **Named UCSs** (Именованные ПСК) и в области **Current UCS** (Текущая ПСК) в списке щелчком на строке **Previous** (Предыдущая) выделить ее.
2. Щелкнуть на кнопке **Set Current** (Текущая).
3. Завершить диалог нажатием кнопки **OK**.

Для выполнения штриховки в плоскости поперечного сечения крышки также совмещают плоскость **XY** с секущей плоскостью, используя режим **Object** (Объект) команды **UCS** (ПСК) *(см. главу 9)*. Объект лучше выбирать щелчком мыши на нижней части контура сечения. Контроль осуществляют по знаку ПСК.

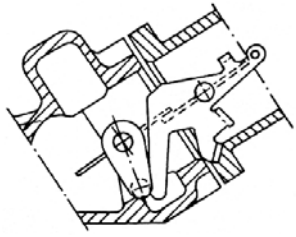
Штриховку выполняют по аналогии с предыдущей. В ДО **Boundary Hatch** (Штриховка по контуру) образец с именем **ANSI31** и режим **Retain Boundaries** (Сохранение контуров) уже установлены по умолчанию из предыдущего диалога. Угол наклона штриховки оставляют равным **90** градусам. С помощью кнопки **Pick Points<** (Указание точек<) на запрос в командной строке *Select internal point* (Укажите внутреннюю точку) указывают и щелкают мышью внутри замкнутой области плоскости поперечного сечения

С помощью кнопки **Preview** (Просмотр) просматривают предварительный результат штриховки. После нажатия кнопки **OK** выполняется штриховка в плоскости поперечного сечения (см. рис. 9.5).

Снова возвращают предыдущую горизонтальную ориентацию ПСК. Размораживают слой **Solid** (Тело).

Изометрическое изображение крышки подшипника выполнено полностью. Для наглядного представления объекта удаляют скрытые линии с помощью команды **Hide** (Скрыть) *(см. главу 3)* и сохраняют изображение *(см. разд. 2.1)*.

Результат представлен на рис. П1.5.



Часть III

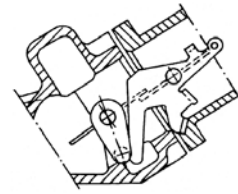
Создание изображений на чертеже

Глава 10. Автоматизированное создание изображений на чертеже на основе твердотельной модели

Глава 11. Особенности нанесения размеров в пространстве перекрывающихся (плавающих) видовых экранов

После того как в пространстве модели построена крышка подшипника, в пространстве макета листа создают ее чертежное двумерное изображение по методу прямоугольного (ортогонального) проецирования. При работе в пространстве макета листа создаются плавающие (перекрывающиеся) ВЭ, которые не делят экран на части и не остаются фиксированными *(см. главу 4)*. Они трактуются как самостоятельные объекты, отображающие часть пространства модели, которые можно перемещать подобно любому другому объекту, а также изменять их размеры. ВЭ могут произвольно располагаться, даже перекрывать друг друга. Изображения крышки подшипника (виды и разрезы) будут выполняться в плавающих ВЭ по созданной твердотельной модели.

Глава 10



Автоматизированное создание изображений на чертеже на основе твердотельной модели

Открывают файл **Solid1** (Тело1) с построенным объектом на четырех неперекрывающихся ВЭ (см. рис. П1.4). Чтобы не изменять созданный перед этим файл, его сохраняют под новым именем, например **Solid3** (Тело3) *(см. разд. 2.1)*.

Для управления видимостью рамок ВЭ в пространстве макета листа (плавающих ВЭ) не нужно заранее создавать специальный слой, как описано в *главе 4*. При создании ВЭ автоматически создается слой с именем **VPORTS**, в котором будут построены изображения рамок видовых экранов.

Рекомендуется отключить координатную сетку на всех ВЭ в пространстве неперекрывающихся ВЭ *(см. разд. 1.2)*, сделав их по очереди текущими *(см. разд. 1.3)*.

Обязательно следует *заморозить слой под именем* ***0*** с изображением осей координат *(см. разд. 7.1)*, чтобы при создании перекрывающихся ВЭ их центр совпадал с геометрическим центром изображения крышки.

10.1. Создание видовых экранов для видов спереди, сверху и слева

Предварительно переходят в *пространство макета листа*, т. е. *плавающих (перекрывающихся)* ВЭ, и настраивают его параметры в ДО **Page Setup - Layout1** (Параметры листа - Layout1) *(см. главу 4)*.

Для чертежа крышки подшипника используют формат А3. Изображение формата без ВЭ вставляют из файла, используя либо ранее созданный прототип чертежа, либо предлагаемые заготовки во вложенной папке Template AutoCAD 2002 (AutoCAD 2004), расположенной в каталоге Program Files.

Вставку осуществляют по аналогии со вставкой блока *(см. разд. 2.3)*. Для этого нужно выполнить следующие действия.

2. В открывшемся ДО **Select Drawing File** (Выбор файла рисунка) двойным щелчком открыть папку **Template**.
3. Выбрать в списке файл, например **DIN_A3 title block.dwg** или другой файл с форматом ЕСКД.
4. Нажатием кнопки **Open** (Открыть) вернуться в ДО **Insert** (Вставка блока).
5. В области **Insertion point** (Точка вставки) щелчком снять флажок **Specify On-screen** (Указать на экране), в полях ввода координат ввести значения **x = −20**, **y = −5**, **z = 0** для учета смещения начала координат от левого нижнего угла формата на размер рамки листа.
6. Установить флажок **Explode** (Расчленить), это позволяет отказаться от диалога при вставке блока с атрибутами.
7. Нажатием кнопки **OK** завершить диалог.

Формат изображается только в пространстве макета листа.

Поскольку изображения на чертеже начинают строить с главного фронтального вида, предварительно следует в пространстве неперекрывающихся ВЭ (пространстве модели) установить данный ВЭ текущим. Для этого щелчком на вкладке (ярлыке) **Model** (Модель) панели **Model and Layout** (Модель и Лист) переходят в пространство неперекрывающихся ВЭ *(см. главу 4)*. Щелчком на фронтальном ВЭ делают его текущим. Текущим оставляют слой **Solid** (Тело). Возвращаются в пространство макета листа щелчком на вкладке (ярлыке) **Layout1** (Лист1) панели **Model and Layout** (Модель и Лист).

Для создания видов используют специальную команду **SOLVIEW** (ТВИД), автоматизирующую построение ортогональных изображений пространственных объектов. Для ввода команды нужно выполнить следующие действия.

1. Выбрать пункт **Draw** (Рисование) ⇒ **Solids** (Тела) ⇒ **Setup** (Подготовка) ⇒ **View** (Вид).
2. На запрос в командной строке *Enter an option [UCS /Ortho /Auxiliary /Section]* (Задайте опцию [ПСК /Орто /Дополнительный/Сечение]), используя КМ рабочей области чертежа, ввести режим **UCS** (ПСК) для задания главного изображения.
3. На запрос в командной строке *Enter an option [Named /World /? /Current]* (Задайте опцию [Имя /МСК /? /Текущая]), также используя КМ свободной области чертежа, ввести режим **Current** (Текущая) для ввода текущей ПСК главного изображения.
4. На запрос в командной строке *Enter view scale* (Масштаб вида) в командной строке ввести значение **0.5**, соответствующее масштабу изображения **1:2**.
5. На запрос в командной строке *Specify view center* (Центр вида) ввести ко-

значения (**140,200**) (на экране появляется фронтальное изображение крышки подшипника) (рис. 10.1).

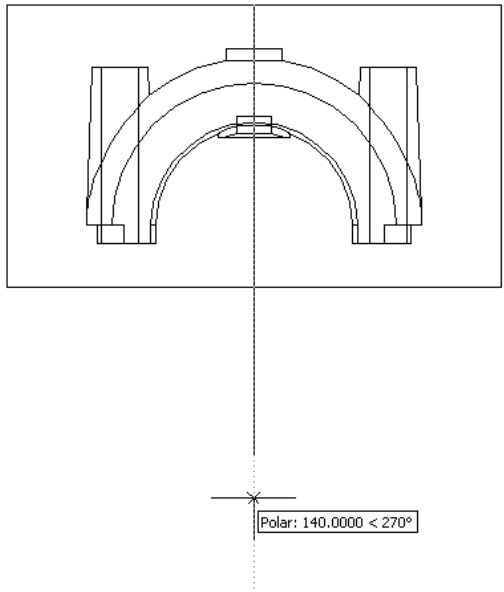


Рис. 10.1. Построение фронтального и горизонтального видов командой **SOLVIEW**

6. На повторный запрос в командной строке *Specify view center* (Центр вида) нажатием клавиши <Enter> (или щелчком правой кнопки мыши на рабочей области экрана) завершить диалог задания центральной точки изображения.
7. На запросы в командной строке *Specify first/other corner of viewport* (Первый угол видового экрана) по очереди задать координаты углов рамки фронтального ВЭ, например (**70,240**) и (**210,160**). После этого изображение помещается в рамку фронтального ВЭ размером (**140** × **80**) в *режиме модели* (см. рис. 10.1) (знак ПСК внутри рамки).
8. На запрос в командной строке *Enter view name* (Имя вида) ввести имя вида **Front** (Спереди), после чего изображение остается в рамке фронтального ВЭ в *режиме листа*.
9. В командной строке появляется начальный запрос команды *Enter an option [UCS /Ortho /Auxiliary /Section]* (Задайте опцию [ПСК /Орто /Дополнительный /Сечение]). Можно завершить команду нажатием кла-

Продолжают создание изображений, вновь введя команду **SOLVIEW** (ТВИД). На известный запрос в командной строке, используя КМ рабочей области экрана, вводят режим "орто" для создания другой ортогональной проекции, например вида сверху.

1. На запрос в командной строке *Specify side of viewport to project* (Укажите сторону видового экрана для проекции) указать на верхнюю сторону рамки фронтального ВЭ (автоматически включена объектная привязка **Midpoint** (Середина) с маркером в форме треугольника) и щелкнуть левой кнопкой мыши.
2. На запрос в командной строке *Specify view center* (Центр вида) ввести координаты центральной точки изображения на виде сверху. Ввод осуществляют либо с клавиатуры, либо курсором. Курсором протягивают "резиновую нить" вниз. Она тянется вертикально, т. к. автоматически включился режим "орто". Далее, используя ортогональную трассировку *(см. разд. 1.3)*, либо с клавиатуры вводят значение **140**, либо протягивают "резиновую нить" до значений относительных полярных координат, отображенных в строке состояния и равных (**140 < 270°**) (см. рис. 10.1), и щелкают левой кнопкой мыши. При этом для слежения по строке состояния за координатами включают два режима — режим "шаг" *(см. разд. 1.3)* и режим относительных полярных координат, дважды нажав клавишу <F6>. На экране появляется горизонтальное изображение крышки подшипника.
3. На повторный запрос в командной строке *Specify view center* (Центр вида) нажатием клавиши <Enter> (или щелчком правой кнопки мыши на рабочей области экрана) завершить диалог задания центральной точки изображения.
4. Далее по аналогии с видом спереди задают размеры рамки ВЭ, например (**70,140**) и (**210,60**), в ответ на запросы в командной строке *Specify first/other corner of viewport* (Первый угол видового экрана), после чего изображение помещается в рамку горизонтального ВЭ размером (**140 × 80**) в режиме модели (знак ПСК внутри рамки).
5. На запрос в командной строке *Enter view name* (Имя вида) вводят имя вида **Top** (Сверху), после чего изображение остается в рамке горизонтального ВЭ в режиме листа (рис. 10.2).
6. В командной строке появляется начальный запрос команды *Enter an option [UCS /Ortho /Auxiliary /Section]* (Задайте опцию [ПСК /Орто /Дополнительный /Сечение]).

Не завершая диалог с командой **SOLVIEW** (ТВИД), создают профильный ВЭ с видом слева. Аналогично предыдущему диалогу задают курсором левую сторону рамки фронтального ВЭ и в режиме "орто" вводят координаты цен-

(см. рис. 10.2) и углов его рамки, соответственно (**250,240**), (**350,160**). Изображение помещается в рамку размером (**100** × **80**). Вводят имя **Left** (Слева) для профильного ВЭ. Завершают команду нажатием клавиши <Enter> (или выбором пункта **Enter** в КМ рабочей области экрана).

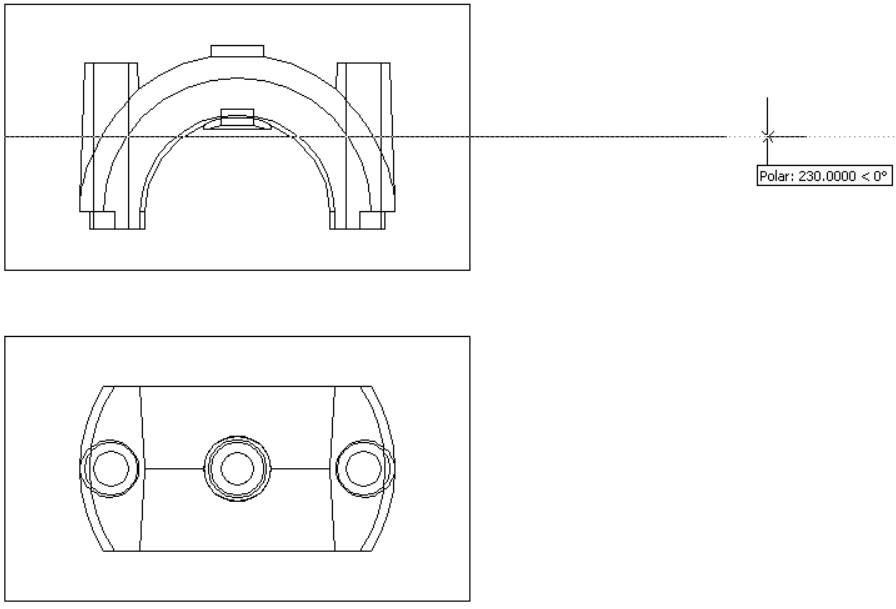


Рис. 10.2. Построение горизонтального и профильного видов командой **SOLVIEW**

На экране в *пространстве макета листа* отображены три ВЭ, соответствующие трем основным изображениям крышки подшипника на чертеже. В этом пространстве в *режиме листа* видовой экран является объектом, который можно перемещать, копировать, удалять и изменять по размерам. В *режиме модели* каждый ВЭ — это окно в трехмерное пространство. В этом режиме работают с объектами внутри ВЭ. Каждый ВЭ делают текущим щелчком на нем. Переключают *режимы модели* и *листа* в *пространстве макета листа*, используя кнопку **Model/Paper** (Модель/Лист) в строке состояния *(см. главу 4)*.

В дальнейшем для совмещения плоскостей проекций при создании видов и разрезов следует переместить начало ПСК в каждом ВЭ в единую точку. В качестве этой точки лучше использовать геометрический центр крышки подшипника *(см. начало главы 2)*.

На горизонтальном ВЭ ПСК перемещают в точку с координатами (**100,80**), на фронтальном — в точку с координатами (**100,0,−80**), на профильном —

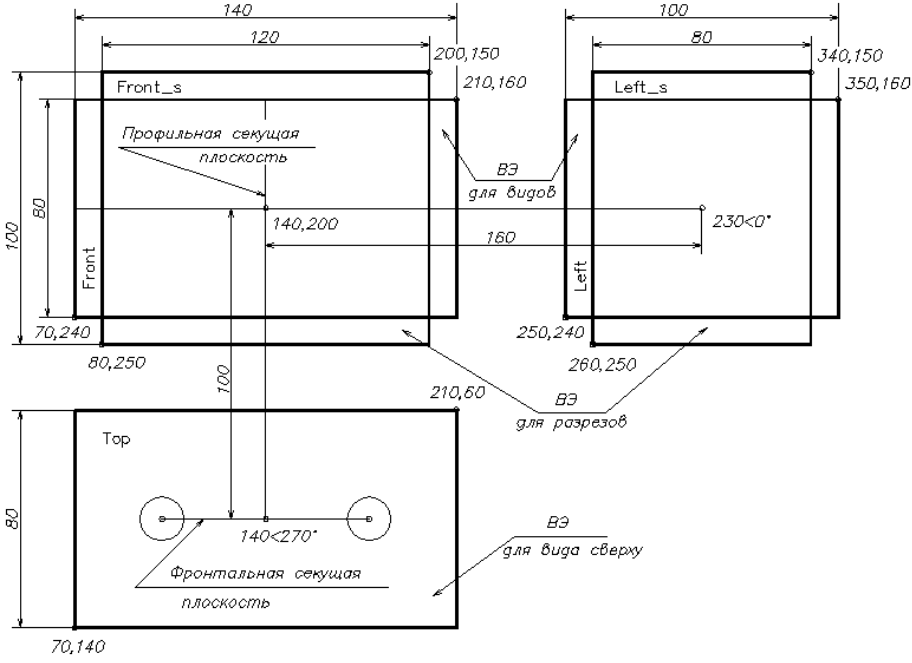
После установки ПСК в каждом ВЭ снова устанавливают *режим листа*.

При ошибочных действиях в создании ВЭ рекомендуют их не исправлять, а заново открыть файл **Solid1** (Тело1), сохранить его под новым именем, например **Solid3** (Тело3), удалив прежний файл с таким именем, и снова выполнить все операции.

10.2. Создание видовых экранов (ВЭ) для изображения разрезов

На ВЭ изображены пространственные объекты, а не их проекции. При автоматизированном создании проекций на ВЭ в AutoCAD получают либо виды, либо полные разрезы. Для получения на чертеже совмещенных частей вида и разреза строят полные вид и разрез на разных ВЭ с последующим удалением лишней половины каждого изображения.

На чертеже крышки подшипника (см. рис. П1.2) виды спереди и слева соединены соответственно с половинами фронтального и профильного разрезов. Поэтому для получения разрезов создают дополнительно фронтальный и профильный ВЭ с соответствующими разрезами детали. Чтобы два фронтальных и два профильных ВЭ не сливались друг с другом, размеры рамок ВЭ для разрезов задают отличными от размеров рамок ВЭ с видами (рис. 10.3).



При создании ВЭ для разрезов используют команду **SOLVIEW** (ТВИД) и ее режим **Section** (Сечение) *(см. разд. 10.1)*, вводимый на запрос в командной строке *Enter an option [UCS /Ortho/Auxiliary/Section]* (Задайте опцию [ПСК/Орто /Дополнительный/Сечение]). После этого автоматически устанавливается *режим модели* в пространстве макета листа.

Для создания профильного разреза активным должен быть фронтальный ВЭ, который становится текущим автоматически и обрамляется при этом черной рамкой.

На последовательные запросы в командной строке *Specify first (second) point of cutting plane* (Первая (вторая) точка секущей плоскости) задают на этом ВЭ двумя точками положение следа секущей (режущей) плоскости, которая является плоскостью симметрии крышки (см. рис. 10.3, *профильная секущая плоскость*). Она проходит через точку геометрического центра крышки подшипника, в которой расположено начало координат. Поэтому первую точку вводят с координатами (**0,0,0**). Вторую точку удобно вводить с использованием режима "орто". В этом режиме "резиновую нить" протягивают от первой точки вверх и щелчком левой кнопки мыши вводят вторую точку. Режим "орто" затем отключают и выполняют следующие действия.

1. На запрос в командной строке *Specify side to view from* (Сторона просмотра) задают направление точки зрения (слева) щелчком слева от изображения крышки на этом ВЭ.
2. На запрос в командной строке *Enter view scale* (Масштаб вида) нажатием клавиши <Enter> (или щелчком правой кнопки на рабочей области экрана) подтверждают предложенное по умолчанию значение **0.5**, соответствующее прежнему масштабу изображения **1:2**.
3. На запрос в командной строке *Specify view center* (Центр вида) вводят координаты центральной точки фронтального ВЭ с разрезом. При этом учитывают, что центры обоих ВЭ должны совпадать. Прежнее расстояние измерялось от левой границы рамки фронтального ВЭ до центра профильного ВЭ и равнялось **230**. Новое расстояние измеряется от секущей плоскости, проходящей через центр рамки фронтального ВЭ, до центра профильного ВЭ. Поэтому новое расстояние будет меньше на половину ширины ВЭ, которая равна **140**. То есть расстояние до центра будет равно **160** (230 − 140 / 2 = 160). Проецирование осуществляют под прямым углом к секущей плоскости. Используя автоматически включенный режим "орто" и ортогональную трассировку вправо от ВЭ, вводят с клавиатуры расстояние до центра вида, равное **160** (см. рис. 10.3).
4. На повторный запрос в командной строке *Specify view center* (Центр вида) завершают определение центральной точки изображения нажатием клавиши <Enter> (или щелчком правой кнопки мыши на рабочей области экрана).
5. Далее на запросы в командной строке *Specify first (other) corner of viewport*

рамки ВЭ для разреза координатами точек (**260,250**) и (**340,150**), делая его вытянутым (размер рамки **80** × **100**) в сравнении с рамкой для вида (размер **100** × **80**).

6. На запрос в командной строке *Enter view name* (Имя вида) вводят имя фронтального ВЭ для разреза **Left_s** (Слева_р), после чего изображение помещается в рамку профильного ВЭ для разреза в *режиме листа*, наложенную на ВЭ для вида.

Продолжая диалог с командой **SOLVIEW** (ТВИД), создают фронтальный ВЭ для разреза по аналогии с предыдущим. Положение фронтальной секущей плоскости задают на горизонтальном ВЭ, сделав его текущим щелчком левой кнопкой мыши в пределах его рамки. Секущая плоскость является плоскостью симметрии крышки (см. рис. 10.3, *фронтальная секущая плоскость*) и проходит через оси сквозных отверстий в конических бобышках. Поэтому точки задают объектной привязкой *(см. разд. 2.5)* к центрам кругов оснований этих отверстий (при указании на контур круга в его центре возникает маркер в форме окружности).

Направление точки зрения (спереди) для создания разреза задают вводом точки снизу от изображения корпуса на горизонтальном ВЭ.

Масштаб изображения оставляют прежним.

Относительное удаление точки центра ВЭ с использованием ортогональной трассировки вверх задают равным **100** (см. рис. 10.3). Это расстояние от секущей плоскости, проходящей через центр рамки горизонтального ВЭ высотой **80**, до центра фронтального ВЭ с направлением проецирования вверх под прямым углом к секущей плоскости (140 − 80 / 2 = 100).

Видовой экран для фронтального разреза делают вытянутым по высоте (размер рамки **100** × **120**) в сравнении с фронтальным ВЭ для вида (размер **140** × **80**), задавая координаты точек (**80,250**) и (**200,150**).

Вводят имя **Front_s** (Спереди_р) для фронтального ВЭ с разрезом. На экране появляется рамка этого ВЭ.

Завершают команду нажатием клавиши <Enter> (или выбором пункта **Enter** в КМ рабочей области экрана) и сохраняют изображение *(см. в конце разд. 2.1)*.

Результат построения ВЭ представлен на рис. П1.6.

Для удобства на видах спереди, слева и сверху увеличивают изображения на всех созданных для видов и разрезов видовых экранах и сохраняют их как именованные виды. В дальнейшем при работе с чертежом любой из этих видов можно будет установить по имени, быстро переключаясь от изображения к изображению.

Сначала переходят в *режим листа (см. главу 4)*. Затем с помощью рамки *(см. разд. 2.3)* увеличивают изображения на фронтальных ВЭ. Для этого вводят курсором координаты двух диагонально противоположных точек, чтобы по-

ВЭ для вида и разреза. Это позволит в дальнейшем выбрать для работы тот или другой ВЭ. Сохраняют увеличенное изображение как именованный вид в пространстве макета листа с именем **Front_paper** (Спереди_лист).

Для его создания нужно выполнить следующие действия.

1. Выбрать пункт **View** (Вид) ⇒ **Named Views** (Именованные виды) (можно использовать кнопку **Named Views** (Именованные виды) из ПИ **Standard** (Стандартная)).
2. В открывшемся ДО **View** (Вид) на вкладке **Named Views** (Именованные виды) нажать кнопку **New** (Новый).
3. В открывшемся ДО **New View** (Новый вид) в поле ввода **View Name** (Имя вида) ввести имя **Front_ paper** (Спереди_ лист).
4. Нажатием кнопки **OK** вернуться в ДО **View** (Вид).
5. Нажатием кнопки **OK** завершить диалог.

Для увеличения изображений профильных ВЭ для вида и разреза используют функцию **Pan** (Панорамировать) в реальном режиме времени. Для этого нужно выполнить следующие действия.

1. Выбрать пункт **View** (Вид) ⇒ **Pan** (Панорамировать) ⇒ **Real Time** (В реальном времени) (можно использовать кнопку **Pan Realtime** (Панорамирование в реальном времени) из ПИ **Standard** (Стандартная)).
2. Переместить указатель мыши в виде "руки" влево при нажатой левой кнопке мыши, добиваясь размещения профильных ВЭ для вида и разреза в пределах экрана, чтобы были доступны неперекрывающиеся области обоих ВЭ.
3. Щелчком правой кнопки мыши в любом месте экрана открыть КМ и выбрать в нем пункт **Exit** (Выход) для завершения команды **Pan** (Панорамировать).

Сохраняют это увеличенное изображение как именованный вид с именем **Left_paper** (Слева_лист).

Для создания именованного вида для изображения на горизонтальном ВЭ также перемещают изображение с помощью функции **Pan Realtime** (Панорамирование в реальном времени). Затем регенерируют изображение для всех ВЭ *(см. главу 3)*. Сохраняют это увеличенное изображение как именованный вид с именем **Top_ paper** (Сверху_лист).

Для отображения всего чертежа выполняют команду **ZOOM** (ПОКАЖИ) в режиме **All** (Все) *(см. разд. 2.3)*.

Созданные именованные виды хранятся в файле чертежа, поэтому сохраняют чертеж под прежним именем, например **Solid3** (Тело3) *(см. разд. 2.1)*.

10.3. Создание проекции видов и разрезов

Предварительно рекомендуют сохранить чертеж **Solid3** (Тело3) под новым именем, например **Solid4** (Тело4) *(см. начало главы 2)*, чтобы при ошибочных действиях в создании проекций начать заново чертеж на основе файла **Solid3** (Тело3).

В *пространстве макета листа* создано пять ВЭ. Для каждого из них автоматически созданы слои с обозначениями:

- **VIS** — для видимых линий изображения;
- **HID** — для невидимых линий изображения;
- **HAT** — для штриховки (только для ВЭ с разрезами);
- **DIM** — для нанесения размеров.

Эти слои используются при создании проекций в соответствующих ВЭ.

В слоях с обозначениями **HID** задают тип линии для невидимого контура (штриховую) и толщину линии. Для этого вызывают ДО **Layer Properties Manager** (Диспетчер свойств слоев) *(см. разд. 1.2)*. В нем выполняют следующие действия.

1. Отфильтровывают слои, служащие для изображения невидимых линий, для чего в области **Named layer filters** (Именованные фильтры слоев) щелкают на кнопке с многоточием справа от поля списков, чтобы открыть ДО **Named Layer Filters** (Именованные фильтры слоев).
2. В поле ввода **Filter name** (Имя фильтра) вводят имя **hid** (Невидимые).
3. В поле ввода **Layer name** (Имя слоя) задают условие фильтрации вводом символов ***hid**.
4. Нажатием кнопки **Add** (Добавить) вносят имя фильтра в список имен.
5. Нажатием кнопки **Close** (Закрыть) возвращаются в ДО **Layer Properties Manager** (Диспетчер свойств слоев).
6. В области **Named layer filters** (Именованные фильтры слоев) в раскрывающемся списке выбирают пункт **hid** (Невидимые), после чего в списке слоев остаются только слои с обозначением **HID**.
7. Выделяют в этом списке все слои выбором пункта **Select All** (Выбрать все) в КМ поля списка.
8. Щелчком левой кнопки мыши на любой строке списка в столбце **Linetype** (Тип линии) открывают ДО **Select Linetype** (Выбор типа линии).
9. Нажатием кнопки **Load** (Загрузить) открывают ДО **Load or Reload Linetypes** (Загрузка или перезагрузка типов линий).
10. Выбирают в списке **Avialable Linetypes** (Доступные типы линий) строку

11. Нажатием кнопки **OK** загружают в чертеж этот тип линии и возвращают ДО **Select Linetype** (Выбор типа линии). В списке **Loaded linetypes** (Загруженные типы линий) появилась линия типа **Hidden2** (Невидимая2).
12. Выбирают в списке **Loaded linetypes** (Загруженные типы линий) строку **Hidden2** (Невидимая2).
13. Нажатием кнопки **OK** назначают в чертеже этот тип линии и возвращают ДО **Layer Properties Manager** (Диспетчер свойств слоев). Для всех выбранных слоев в столбце **Linetype** (Тип линии) установился тип линии **Hidden2** (Невидимая2).
14. Щелчком левой кнопки мыши на любой строке списка в столбце **Lineweight** (Толщина линии) открывают ДО **Lineweight** (Толщина линии).
15. Поскольку толщина штриховой линии по ГОСТ равна половине толщины сплошной толстой линии (основной), то выбирают в списке **Lineweights** (Толщины линий) строку **0.40 mm**.
16. Нажатием кнопки **OK** назначают в чертеже эту толщину линии и возвращают ДО **Layer Properties Manager** (Диспетчер свойств слоев). Для всех выбранных слоев в столбце **Lineweight** (Толщина линии) установилась толщина линии **0.40 mm** (рис. 10.4).
17. В области **Named layer filters** (Именованные фильтры слоев) в раскрывающемся списке выбирают пункт **Show all layers** (Показать все слои), после чего в списке слоев отображаются все слои.
18. Нажатием кнопки **OK** завершают работу со слоями.

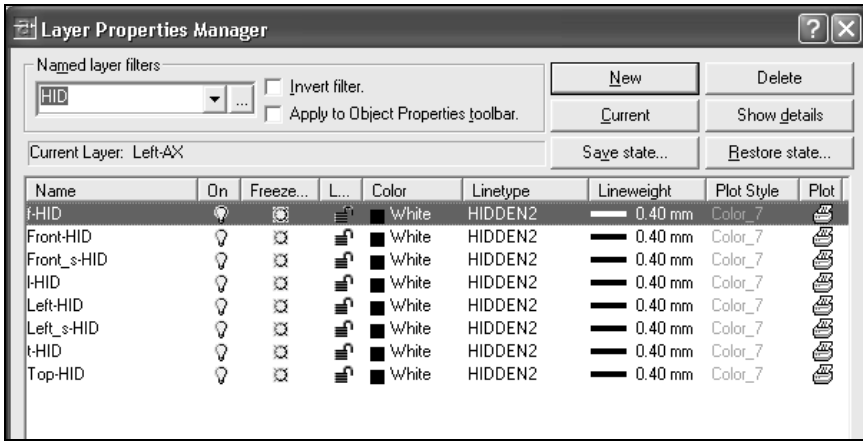


Рис. 10.4. Изменение толщины линий в слоях

Создают проекции твердотельного объекта в каждом ВЭ. Поэтому уста-

с изображением на нужном ВЭ, например горизонтальном с именем **Top_paper** (Сверху_лист). Для этого нужно выполнить следующие действия.

1. Выбрать пункт **View** (Вид) ⇒ **Named Views** (Именованные виды) (можно использовать кнопку **Named Views** (Именованные виды) из ПИ **Standard** (Стандартная)).
2. В открывшемся ДО **View** (Вид) на вкладке **Named Views** (Именованные виды) выделить в списке **Current View** (Текущий вид) имя **Top_paper** (Сверху_лист).
3. Установить его текущим, нажав кнопку **Set Current** (Установить текущим).
4. Нажатием кнопки **OK** завершить диалог.

Регенерируют изображение для всех ВЭ с помощью функции **Regen All** (Регенерировать все).

Создаваемые проекции отображаются на ортогональных плоскостях, проходящих через текущее начало координат.

Для создания проекций используют команду **SOLDRAW**. Для этого нужно выполнить следующие действия.

1. Выбрать пункт **Draw** (Рисование) ⇒ **olids** (Тела) ⇒ **Setup** (Подготовка) ⇒ **Drawing** (Построение). При этом на пространстве макета листа автоматически устанавливается *режим листа* для возможности работы с ВЭ как с объектами.
2. На запрос в командной строке *Select objects* (Выберите объекты) выбрать требуемый ВЭ, например горизонтальный (выбирают рамку ВЭ). Можно выбрать сразу несколько ВЭ, однако во избежание сбоев в выполнении команды **SOLDRAW** рекомендуется выбирать их по одному.
3. На повторный запрос *Select objects* (Выберите объекты) завершить выбор нажатием клавиши <Enter> (или щелчком правой кнопки мыши на рабочей области экрана). Автоматически создается горизонтальная проекция крышки подшипника (вид сверху) (рис. 10.5).

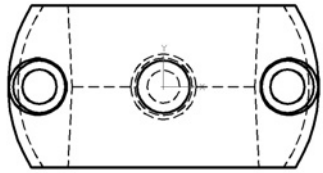


Рис. 10.5. Горизонтальная проекция крышки подшипника (вид сверху)

В этом ВЭ в *режиме модели* слой **Solid** (Тело) и все слои в других ВЭ автоматически замораживаются, остается только изображение горизонтальной

Отметим, что в пространстве макета листа в *режиме модели* можно заморозить слои в отдельных ВЭ, не затрагивая эти слои в других ВЭ. Данные операции осуществляют в ДО **Layer Properties Manager** (Диспетчер свойств слоев) щелчком левой кнопки мыши на значке "солнышко с прямоугольником" или "снежинка с прямоугольником" в столбце **Active VP Freez** (Заморозить активный ВЭ). Видимые линии изображения автоматически помещены в слой с обозначением **VIS**, а невидимые — в слой с обозначением **HID**.

Фронтальную (вид спереди) проекцию создают на фронтальном ВЭ для вида по аналогии с горизонтальной проекцией. Устанавливают текущим именованный вид с изображениями на фронтальном ВЭ с именем **Front_paper** (Спереди_лист). Выполняют команду **SOLDRAW**, выбирая ВЭ для вида.

На ВЭ для фронтального разреза аналогично создают проекции разреза для фронтальной проекции.

Линии штриховки помещены в слой с обозначением **HAT**. Штриховка на разрезе по умолчанию выполнена с применением шаблона **Angle** (Уголки) (рис. 10.6).

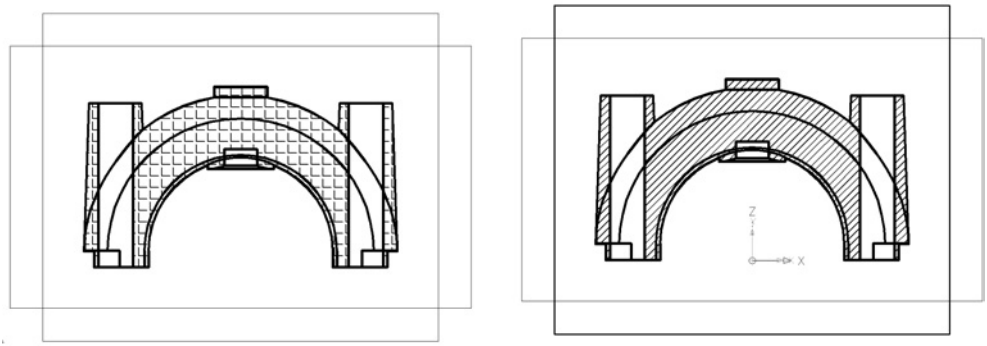


Рис. 10.6. Редактирование штриховки во фронтальном разрезе

Следует изменить штриховку на наклонную. Для этого сначала устанавливают *режим модели* в пространстве макета листа, а затем выполняют следующие действия.

1. Выбирают в меню **Modify** (Редакт) ⇒ в AutoCAD 2002, 2004 пункт **Object** (Объекты) ⇒ подменю **Hatch** (Штриховка); в AutoCAD 2000 пункт **Hatch** (Штриховка).
2. На запрос в командной строке *Select associative HATch objects* (Выберите объект — ассоциативную штриховку) устанавливают текущим фронтальный или профильный ВЭ для разреза и выбирают в нем штриховку. Можно использовать предварительный выбор штриховки, а затем выбрать пункт **Hatch Edit** (Редактирование штриховки) в КМ рабочей об-

3. Открывается ДО **Hatch Edit** (Редактирование штриховки), аналогичное ДО **Boundary Hatch** (Штриховка по контуру) *(см. главу 9)*.
4. На вкладке **Quick** (Основные) в раскрывающемся списке **Pattern** (Образец) выбирают пункт **ANSI31**.
5. Нажатием кнопки **OK** завершают диалог (см. рис. 10.6).

Профильную проекцию (вид слева) создают на профильном ВЭ для вида по аналогии с горизонтальной и фронтальной проекциями. Устанавливают текущим именованный вид с изображениями на профильном ВЭ с именем **Left_paper** (Слева_лист).

Выполняют команду **SOLDRAW**, выбирая ВЭ для вида.

На ВЭ для профильного разреза также аналогично создают проекцию профильного разреза и редактируют штриховку (рис. 10.7).

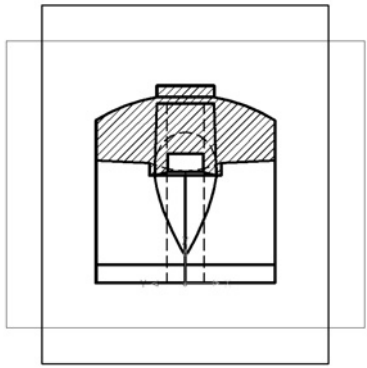


Рис. 10.7. Проекция профильного разреза

Для отображения всего чертежа устанавливают *режим листа* и выполняют команду **ZOOM** (ПОКАЖИ) в режиме **All** (Все) *(см. разд. 2.3)*.

Сохраняют чертеж под прежним именем **Solid4** (Тело4).

10.4. Совмещение видов и разрезов

Изображения на ВЭ для видов и разрезов наложены друг на друга и показаны вместе. На чертеже выполняют совмещение половины вида и разреза на фронтальном и профильном ВЭ. Для этого по очереди удаляют на ВЭ для вида и на ВЭ для разреза соответственно правую половину вида и левую половину разреза.

Вначале создают слои для построения осевых линий на проекциях. Для обеспечения возможности отключения изображений осевых линий, постро-

ВЭ в ДО **Layer Properties Manager** (Диспетчер свойств слоев) *(см. разд. 1.2)*. Имена новых слоев вводят в соответствии с именами ВЭ. Для фронтального — **Front-AX** (Спереди-ОСЬ), для профильного — **Left-AX** (Слева-ОСЬ) и для горизонтального — **Top-AX** (Сверху-ОСЬ).

Используя именованный фильтр **Axis** (Осевые) с условием фильтрации ***AX** (*ОСЬ), задают в созданных слоях тип линии **Center2** (Осевая2) по аналогии со штриховыми линиями *(см. разд. 10.3)*.

Чтобы обеспечить нужную длину штриха и пересечение осевых линий штрихами, задают масштаб только для будущих осевых линий. Для этого нужно выполнить следующие действия.

1. Выбрать из меню **Format** (Формат) пункт **Linetype** (Тип линии).
2. В нижней части открывшегося ДО **Linetype Manager** (Диспетчер типов линий) нажатием кнопки **Show details** (Подробнее) открыть дополнительную область.
3. Выделить в списке, расположенном в дополнительной области ДО **Linetype Manager** (Диспетчер типов линий), осевую линию **Center2** (Осевая2).
4. В поле ввода **Current object scale** (Текущий масштаб) задать масштаб только для будущих осевых линий, равный **0.5**, что позволяет не изменять их масштаб, заданный по умолчанию в поле ввода **Global scale factor** (Общий масштаб) и равный **1.0**.
5. По аналогии со штриховой линией *(см. разд. 10.3)* задают толщину штрихпунктирной линии по ГОСТ, равную **0.40 mm**.
6. Нажатием кнопки **OK** завершить диалог.

Затем приступают к созданию фронтального и профильного изображений на видовых экранах.

Вид спереди

Устанавливают текущим именованный вид с изображениями на фронтальных ВЭ с именем **Front_paper** (Спереди_лист). Переходят в *режим модели* и устанавливают текущим ВЭ для вида.

Отключают фронтальный ВЭ для разреза, чтобы он не мешал работать с ВЭ для вида. Для этого нужно выполнить следующие действия.

1. Выбрать пункт **View** (Вид) ⇒ **Viewports** (Видовые экраны) ⇒ **1 Viewport** (1 ВЭкран).
2. На предложенные в командной строке режимы ввести режим **Off** (Откл) из КМ рабочей области экрана.
3. На запрос в командной строке *Select objects* (Выберите объекты) выбрать

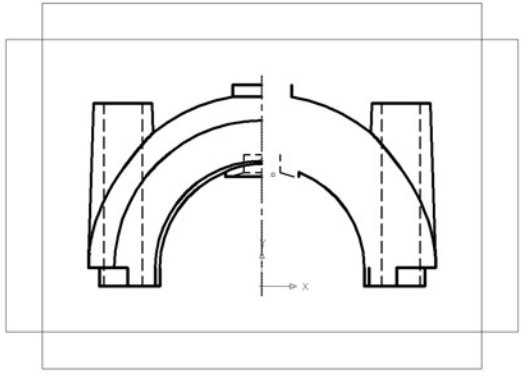
4. На повторный запрос в командной строке *Select objects* (Выберите объекты) завершить диалог нажатием клавиши <Enter> или щелчком правой кнопки мыши на рабочей области экрана. Изображение разреза на этом ВЭ исчезает, остается только изображение с видом.

Устанавливают текущим слой с именем **Front-AX** (Спереди-ОСЬ).

Строят вертикальную осевую линию для всей крышки подшипника с помощью команды **LINE** (ОТРЕЗОК). Координаты концов отрезка вводят с учетом реальных размеров изделия в *пространстве модели* и с учетом продления осевой за контур изображения, т. е. (**0,−5**) и (**0,115**).

Симметричные вид и разрез разделяются осевой линией, поэтому правую половину вида удаляют, обрезая ее осевой линией. Для этого используют команду **TRIM** (ОБРЕЖЬ) с последующим указанием каждого подрезаемого объекта. Выполняются следующие действия.

1. Выбрать пункт **Modify** (Редакт) ⇒ **Trim** (Обрезать) (можно использовать кнопку **Trim** (Обрезать) из ПИ **Modify** (Редактирование)).
2. На запрос в командной строке *Select cutting edges Select objects* (Выберите режущие кромки Выберите объекты) с помощью указателя мыши выбрать осевую линию.
3. На повторный запрос в командной строке *Select objects* (Выберите объекты) завершить диалог нажатием клавиши <Enter> или щелчком правой кнопки мыши на рабочей области экрана.
4. На запрос в командной строке *Select object to trim* (Выберите объект для обрезки) с помощью указателя мыши выбрать по очереди с правой от осевой линии стороны все пересекаемые ею линии изображения. Они автоматически удаляются (рис. 10.8).
5. Завершить команду нажатием клавиши <Enter> или выбором пункта **Enter** в КМ рабочей области экрана.



В AutoCAD 2000 для автоматического подрезания всех пересекаемых объектов используют новую команду **EXTRIM** из меню **Express**. Это меню и приложения, содержащие новые макрокоманды, можно установить в AutoCAD 2002, 2004. Процесс установки описан в *приложении 3*.

Чтобы осуществить подрезку с использованием этой новой команды, нужно выполнить следующие действия.

1. Выбрать пункт **Express** (Экспресс) ⇒ **Modify** (Изменить) ⇒ **Cookie Cutter Trim** (Обрезка).
2. На запрос в командной строке *Select objects* (Выберите объекты) выбрать осевую.
3. На запрос в командной строке *Specify the side to trim on* (Укажите сторону обрезки) щелкнуть на ВЭ справа от изображения крышки. Все линии изображения, пересекаемые осевой линией, автоматически удаляются.

Оставшиеся линии изображения удаляют с помощью команды **ERASE** (СОТРИ). Для этого нужно выполнить следующие действия.

1. Выбрать пункт **Modify** (Редакт) ⇒ **Erase** (Стереть) (можно использовать кнопку **Erase** (Стереть) из ПИ **Modify** (Редактирование)).
2. На запрос в командной строке *Select objects* (Выберите объекты) с помощью секущей рамки *(см. разд. 2.1)* выбрать оставшиеся объекты.
3. На повторный запрос в командной строке *Select objects* (Выберите объекты) завершить диалог нажатием клавиши <Enter> или щелчком правой кнопки мыши на рабочей области экрана.

На ВЭ остается левая половина вида спереди. Включают фронтальный ВЭ для разреза. Для этого нужно выполнить следующие действия.

1. Выбрать пункт **View** (Вид) ⇒ **Viewports** (Видовые экраны) ⇒ **1 Viewport** (1 ВЭкран).
2. На предложенные в командной строке режимы выбрать пункт (режим) **On** (Вкл) в КМ рабочей области экрана.
3. На запрос в командной строке *Select objects* (Выберите объекты) выбрать рамку фронтального ВЭ для разреза.
4. На повторный запрос в командной строке *Select objects* (Выберите объекты) завершить диалог нажатием клавиши <Enter> или щелчком правой кнопки мыши на рабочей области экрана. Изображение на этом ВЭ появляется снова.

Отключают фронтальный ВЭ для вида по аналогии с ВЭ для разреза. Текущим становится ВЭ для разреза.

Перед удалением части разреза расчленяют блок штриховки. Для этого нужно выполнить следующие действия.

1. Выбрать пункт **Modify** (Редакт) ⇒ **Explode** (Расчленить) (можно использовать кнопку **Explode** (Расчленить) из ПИ **Modify** (Редактирование)) .
2. На запрос в командной строке *Select objects* (Выберите объекты) выбрать штриховку.
3. На повторный запрос в командной строке *Select objects* (Выберите объекты) завершить диалог нажатием клавиши <Enter> или щелчком правой кнопки мыши на рабочей области экрана. Штриховка превращается в набор отрезков.

Подрезают левую часть разреза аналогично виду, используя осевую линию, с последующим удалением оставшихся линий изображения (рис. 10.9).

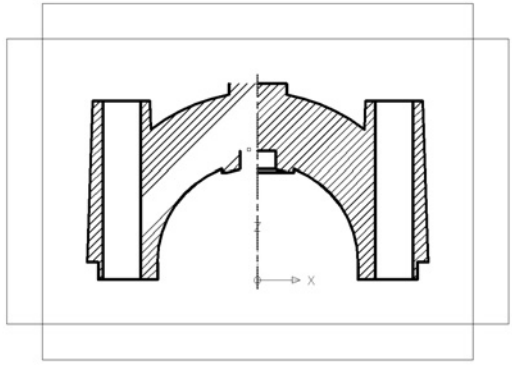


Рис. 10.9. Удаление левой половины разреза по осевой линии

Включают фронтальный ВЭ для вида, который становится текущим. Теперь в нем строят остальные осевые линии. Вертикальную осевую линию для правого отверстия в конической бобышке крышки подшипника строят с помощью команды **LINE** (ОТРЕЗОК). Координаты концов отрезка вводят с учетом реальных размеров бобышки в *пространстве модели* и с учетом продления осевой за контур изображения, т. е. равными (**76,−5**) и (**76,105**). Осевую линию для левого отверстия в конической бобышке получают, используя команду **MIRROR** (ЗЕРКАЛО) *(см. разд. 2.1)* относительно вертикальной осевой линии, проходящей через начало координат, применяя объектную привязку **Endpoint** (Конточка) *(см. разд. 2.5)*. Если используется режим постоянной привязки, то после построения следует его временно отключить *(см. разд. 2.5)*.

Осевые линии отображены на экране дважды: один раз во фронтальном ВЭ для вида, другой раз во фронтальном ВЭ для разреза. Поэтому замораживают изображение осевой линии во фронтальном ВЭ для разреза, оставляя ее во фронтальном ВЭ для вида. Для этого вначале делают фронтальный ВЭ для разреза текущим. Затем в ДО **Layer Properties Manager** (Диспетчер свойств слоев) в строке с именем **Front-AX** (Спереди-ОСЬ) щелкают левой кнопкой мыши на значке "солнышко с прямоугольником" в столбце **Active VP Freez** (Заморозить на текущем ВЭ) (он превращается в "снежинку с прямоугольником") *(см. разд. 10.3)*. Удобно использовать для этого ПИ **Object Properties** (Свойства объектов), где раскрывают список существующих слоев и выполняют действия, описанные выше (рис. 10.10).

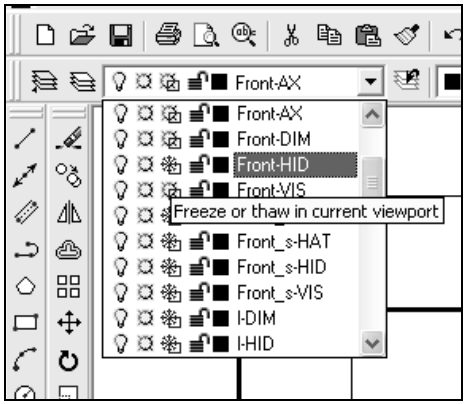


Рис. 10.10. Замораживание изображения осевой линии на текущем видовом экране

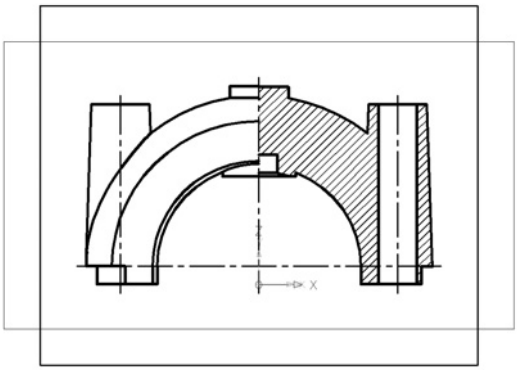


Рис. 10.11. Вид спереди на завершающем этапе

На фронтальной проекции крышки подшипника выполнен разрез, поэтому

Их отключают на ВЭ для вида, сделав его текущим и заморозив в нем слой **Front-HID** (Спереди-HID) в текущем (активном) ВЭ, по аналогии с отключением отображения осевых линий в ВЭ для разреза.

На этом завершают выполнение вида спереди (рис. 10.11).

Вид слева

Устанавливают текущим именованный вид с изображениями на профильном ВЭ с именем **Left_paper** (Слева_лист). Переходят в *режим модели* и устанавливают текущим ВЭ для вида.

Построенные ранее осевые линии из слоя **Front-AX** (Спереди-ОСЬ) отображаются и на профильных ВЭ. Поэтому для построения осевых только в слое **Left-AX** (Слева-ОСЬ) замораживают слой **Front-AX** (Спереди-ОСЬ) на профильных ВЭ для вида и разреза, для чего делают эти ВЭ по очереди текущими и в каждом устанавливают для слоя **Front-AX** (Спереди-ОСЬ) режим **Active VP Freez** (Заморозить на текущем ВЭ), как и на фронтальном ВЭ для разреза *(см. разд. 10.3)*. Изображения осевых линий на этих ВЭ исчезают.

Устанавливают текущим профильный ВЭ для вида. Отключают профильный ВЭ для разреза по аналогии с фронтальным. Устанавливают текущим слой с именем **Left-AX** (Слева-ОСЬ).

Строят вертикальную осевую линию для всей крышки с помощью команды **LINE** (ОТРЕЗОК) с такими же координатами, как и на фронтальном ВЭ, т. е. (**0,−5**) и (**0,115**).

Профильные вид и разрез разделяет сплошная волнистая линия (линия обрыва) из-за наличия проекции внутреннего ребра крышки, совпадающей с осевой линией. Линию обрыва строят с помощью команды **PLINE** (ПЛИНИЯ) *(см. разд. 2.3)* в форме ломаной, состоящей из нескольких сегментов. Начальную и конечную точки линии вводят с помощью постоянной объектной привязки **Nearest** (Ближайшая) *(см. разд. 2.5)*. При указании на объект появляется маркер в форме двух совмещенных вершинами треугольников. Первую точку задают на проекции основания крышки левее осевой линии (рис. 10.12). При вводе промежуточных точек ломаной временно отключают режим постоянной объектной привязки. Конечную точку задают, включив режим постоянной объектной привязки, на осевой линии над верхним концом проекции ребра. После построения режим постоянной привязки следует временно отключить *(см. разд. 2.5)*.

Ломаная полилиния выполнена в слое с типом линии штрихпунктирная, поэтому выглядит прерывистой. Поскольку она должна быть сплошной, для нее изменяют тип линии. Эту операцию удобнее выполнять с помощью ПИ **Properties** (Свойства). Вначале выделяют полилинию щелчком на ней. Затем в ПИ **Objects Properties** (Свойства объектов) в раскрывающемся списке **Linetype Control** (Выбор типа линии) выбирают строку **Continuous** (Сплошная).

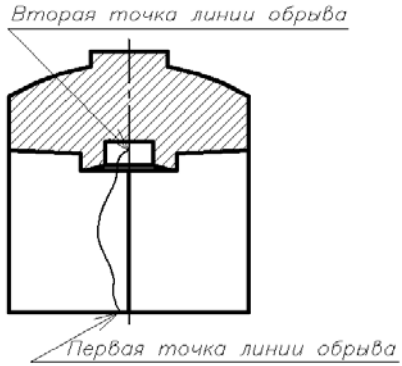


Рис. 10.12. Разделение профильных вида и разреза линией обрыва

Не отменяя выделение ломаной, преобразуют ломаную линию в волнистую с помощью команды **PEDIT** (ПОЛРЕД). Для этого нужно выполнить следующие действия.

1. Выбрать пункт **Modify** (Редакт) ⇒ **Objects** (Объекты) ⇒ **Polyline** (Полилиния).
2. На запрос в командной строке *Enter an option [Close /... /Spline /... /Undo]* (Задайте опцию [Замкнуть /... /Сгладить /... /Отменить]) в КМ *(см. разд. 1.1)* выбрать пункт (режим) **Spline** (СПлайн).
3. На повторный запрос в командной строке *Enter an option [Close /... /Spline /... /Undo]* (Задайте опцию [Замкнуть /... /Сгладить /... /Отменить]) завершить диалог нажатием клавиши <Enter> или выбором пункта **Enter** в **КтМ** рабочей области экрана. На экране ломаная полилиния становится волнистой.

Для подрезки и удаления правой части вида и левой части разреза используют линию обрыва и часть осевой линии, расположенной над ней. Для этого разделяют осевую на две части с помощью команды **BREAK** (РАЗОРВИ). Точкой разрыва служит конечная (вторая, см. рис. 10.12) точка линии обрыва, которую вводят с использованием ранее установленного режима постоянной объектной привязки **Endpoint** (Конточка). Для осуществления разрыва нужно выполнить следующие действия.

1. Выбрать пункт **Modify** (Редакт) ⇒ **Break** (Разорвать) (можно использовать кнопку **Break** (Разорвать) из ПИ **Modify** (Редактирование)).
2. На запрос в командной строке *Select object* (Выберите объект) выбрать осевую линию.
3. На запрос в командной строке *Specify second break point or [First point]* (Вторая точка разрыва или [Первая точка]) в КМ выбрать пункт (режим)

4. На запрос в командной строке *Specify first break point* (Первая точка разрыва), используя режим постоянной объектной привязки **Endpoint** (Конечная точка), указать на место пересечения осевой линии и линии обрыва до появления маркера в форме квадрата и ввести эту точку. Если привязка не удается из-за малого изображения, то его увеличивают с помощью команды **ZOOM** (ПОКАЖИ) *(см. разд. 2.3).*
5. На запрос в командной строке *Specify second break point* (Вторая точка разрыва) повторно ввести эту же точку. В результате осевая линия разделена на две части. После этого режим постоянной привязки следует временно отключить.

Подрезание правой части вида осуществляют с помощью команды **TRIM** (ОБРЕЖЬ) или функции **Cookie Cutter Trim** *(см. разд. "Вид спереди").* Во втором случае вначале подрезают линией обрыва, затем — верхним отрезком осевой линии. Оставшиеся линии изображения, кроме нижнего отрезка проекции основания крышки, удаляют с помощью команды **ERASE** (СОТРИ) (рис. 10.13).

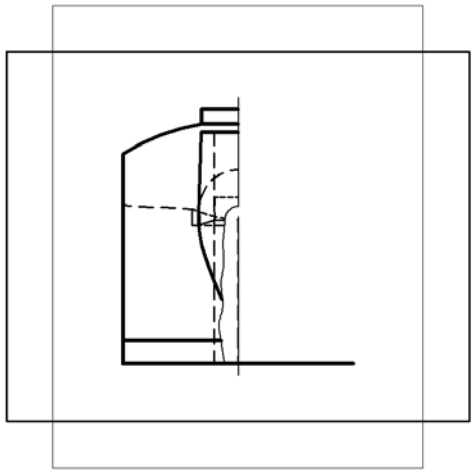


Рис. 10.13. Удаление правой половины профильного вида командой **ERASE**

Подрезание левой части разреза осуществляют так же. При выполнении подрезки предварительно включают профильный ВЭ для разреза и выключают профильный ВЭ для вида. Затем предварительно расчленяют блок штриховки с помощью команды **Explode** (Расчленить) *(см. разд. "Вид спереди").* После подрезки удаляют оставшиеся линии изображения.

Затем включают профильный ВЭ для вида.

Осевая линия и линия обрыва отображены на экране дважды. Один раз

Поэтому отключают отображение осевой линии и линии обрыва в слое **Left-AX** (Слева-ОСЬ) на профильном ВЭ для разреза (оставив ее в профильном ВЭ для вида) с помощью режима **Freez/Thaw in current viewport** (Замораживание/Размораживание на текущем ВЭ) *(см. разд. 10.4, "вид спереди")*.

В профильном ВЭ для вида также замораживают слой с линиями невидимого контура **Left-HID** (Слева-HID), как и во фронтальном ВЭ для вида. На этом завершают выполнение вида слева (рис. 10.14).

Отметим, что осевая линия, созданная на профильном ВЭ для вида в слое **Left-AX** (Слева-ОСЬ), отображена на обоих фронтальных ВЭ. Для отключения ее изображения замораживают слой **Left-AX** (Слева-ОСЬ) в этих ВЭ с помощью режима **Freez/Thaw in current viewport** (Замораживание/Размораживание на текущем ВЭ).

Для этого предварительно устанавливают текущим именованный вид с изображениями на фронтальных ВЭ с именем **Front_paper** (Спереди_лист). Переходят в *режим модели*. Затем, делая по очереди текущими фронтальные ВЭ для вида и разреза, замораживают слой **Left-AX** (Слева-ОСЬ).

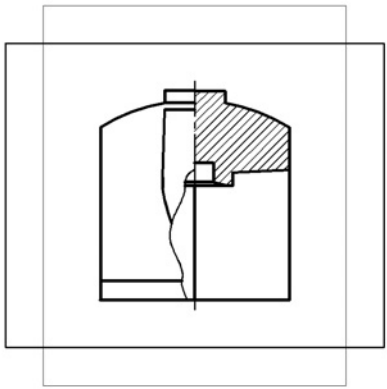


Рис. 10.14. Вид слева на завершающем этапе

Вид сверху

Устанавливают текущим именованный вид с изображением на горизонтальном ВЭ с именем **Top_paper** (Сверху_лист). Переходят в *режим модели* и устанавливают текущим ВЭ для вида сверху.

Осевые линии, созданные на профильных и фронтальных ВЭ в слоях **Front-AX** (Спереди-ОСЬ) и **Left-AX** (Слева-ОСЬ), отображены на горизонтальном ВЭ. Для отключения их изображения замораживают слои **Front-AX** (Спереди-ОСЬ) и **Left-AX** (Слева-ОСЬ) в этом ВЭ с помощью режима **Freez/Thaw in**

Устанавливают текущим слой **Top-AX** (Сверху-ОСЬ).

Строят вертикальную осевую линию (1) (рис. 10.15) для всей крышки подшипника с помощью команды **LINE** (ОТРЕЗОК). Координаты концов отрезка вводят с учетом реальных размеров изделия в *пространстве модели* и с учетом продления осевой за контур изображения, т. е. (**0,−55**) и (**0,55**).

Для отрезка горизонтальной осевой линии (2) в центре крышки подшипника используют концы штриховых линий, являющихся проекциями линии пересечения внутренних конических поверхностей (см. рис. 10.15). Точки вводят с помощью ранее установленной постоянной объектной привязки **Endpoint** (Конточка). Постоянные привязки затем снова временно отключают.

Вертикальную осевую линию (3) для окружностей, являющихся проекциями верхнего и нижнего оснований правой конической бобышки, строят с учетом реальных размеров большей из окружностей. Ею является нижнее основание конуса. Однако нижнее основание конической бобышки является условным и не имеет изображения. Поэтому для построения осевых линий используют значение диаметра нижнего основания конической бобышки, вычисленное ранее и записанное в переменную **d1** *(см. главу 9)*. Значение переменной **d1** хранится только в данном сеансе работы с AutoCAD. Если построения проводятся в новом сеансе работы с AutoCAD, то значение переменной **d1** вычисляют заново по приведенной зависимости: d1 = 2 * (95 − 76).

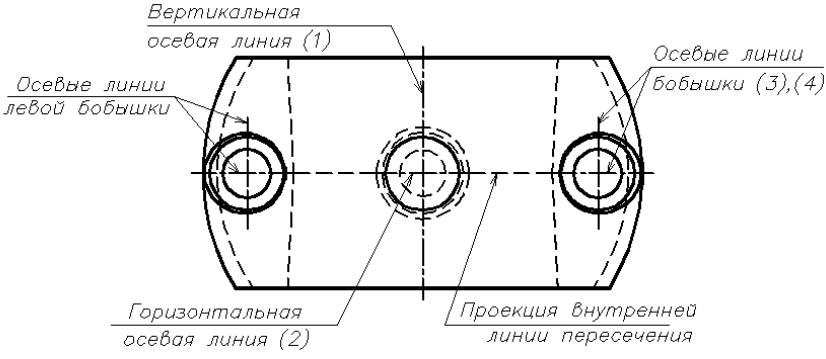


Рис. 10.15. Построение осевых линий на виде сверху

Координаты начальной и конечной точек отрезков вводят, используя в прозрачном режиме функцию калькулятора **'CAL** ('КАЛЬК). *Функцию вводят перед каждым запросом координат точек.* Значения координат вводят в квадратных скобках. К значениям добавляют по **5** мм для продления осевых линий за контур изображений, т. е. для вертикальной осевой линии вводят координаты **[76,−(d1 / 2 + 5)]** и **[76,(d1 / 2 + 5)]**. При вводе функции каль-

памяти в командной строке с помощью клавиш "↑" или "↓" с последующим редактированием *(см. разд. 1.3)*.

Для отрезка горизонтальной осевой линии (4) этой же бобышки левую точку вводят с помощью ранее установленной постоянной объектной привязки **Endpoint** (Конточка). Привязываются к концу штриховой линии, являющейся проекцией линии пересечения внутренних конических поверхностей. Постоянные привязки затем временно отключают и вводят правую точку с помощью координат (**100,0**).

Осевые линии для левой конической бобышки (см. рис. 10.15) получают зеркальным отображением с помощью команды **MIRROR** (ЗЕРКАЛО) *(см. разд. 2.1)*. В качестве оси симметрии выбирают вертикальную осевую линию, проходящую через начало координат. При этом используют постоянную объектную привязку **Endpoint** (Конточка), не забывая ее затем временно отключить.

На этом завершают выполнение вида сверху.

Отметим, что осевые линии, созданные на горизонтальном ВЭ в слое **Top-AX** (Сверху-ОСЬ), отображаются на фронтальных и профильных ВЭ. Чтобы отключить изображения осевых на этих ВЭ, замораживают слой **Top-AX** (Сверху-ОСЬ) с помощью режима **Freez/Thaw in current viewport** (Замораживание/Размораживание на текущем ВЭ).

Для этого предварительно устанавливают текущими именованные виды с изображениями на фронтальных и профильных ВЭ с именами **Front_paper** (Спереди_лист) и **Left_paper** (Слева_лист). Переходят в *режим модели*. Делая по очереди текущими ВЭ для вида и разреза, замораживают слой **Top-AX** (Сверху-ОСЬ).

Для отображения всего чертежа устанавливают *режим листа* и выполняют команду **ZOOM** (ПОКАЖИ) в режиме **All** (Все).

Выполнение изображений крышки подшипника на чертеже завершено.

В заключение восстанавливают текущий масштаб линий, равный общему масштабу со значением **1.0** в **ДО Linetype Manager** (Диспетчер типов линий) *(см. разд. 10.4)*.

Чтобы увидеть чертеж без рамок видовых экранов, замораживают слой **VPORTS** *(см. разд. 7.1)*.

Для отображения на экране реальной толщины линий изображений включают специальный режим. Для этого нужно выполнить следующие действия.

1. Выбрать пункт **Format** (Формат) ⇒ **Lineweight** (Веса линий).
2. В открывшемся ДО **Lineweight Settings** (Параметры весов линий) в области **Units for Listing** (Единицы в списке) выбрать переключатель **Millimeters**

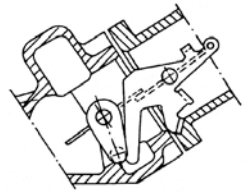
3. Установить флажок **Display Lineweight** (Отображать линии в соответствии с весами), т. е. включить режим отображения на экране толщины линий.
4. Нажатием кнопки **OK** завершить диалог.

Если теперь увеличить любое изображение на листе, то на нем разные типы линий имеют разную толщину, заданную в слоях, где эти линии построены.

Сохраняют чертеж под прежним именем **Solid4** (Тело4).

Результаты представлены на рис. П1.7.

Глава 11



Особенности нанесения размеров в пространстве перекрывающихся (плавающих) видовых экранов

При автоматизированном создании чертежа одним из самых трудоемких является процесс точной и быстрой простановки размеров. Кроме того, нужно уметь быстро и точно исправлять и модифицировать существующие размеры. Для нанесения размеров на чертеже предназначена автоматизированная система выполнения размеров разного вида: линейных, угловых, диаметров, радиусов и др. Обращение к функциям нанесения размеров осуществляется через меню **Dimension** (Размеры) или ПИ **Dimension** (Размеры). Для вызова конкретной функции следует использовать наиболее удобный в данный момент способ.

Быстрое задание функций нанесения размеров и их редактирование обеспечивает панель инструментов **Dimension** (Размеры) (рис. 11.1), которую необходимо открыть *(см. главу 9)*.

Рис. 11.1. Панель инструментов **Dimension**

11.1. Создание и установка текстового и размерного стилей

Перед нанесением размеров или вводом текста следует заранее создать типовые размерный и текстовый стили, соответствующие требованиям ЕСКД.

Текстовый стиль

Текстовый стиль для нанесения на чертеже текста и размеров должен соот-

типа *Б* с наклоном. Создают именованные гарнитуры шрифтов, форма которых определяется специальными файлами шаблонов системы AutoCAD и самой ОС Windows и настройками эффектов. Рекомендуется последовательно создать отдельные стили для шрифтов AutoCAD и для шрифтов Windows, например с именами соответственно **GOST_A** (ГОСТ_А) (рис. 11.2) и **GOST_W** (ГОСТ_W) (рис. 11.3).

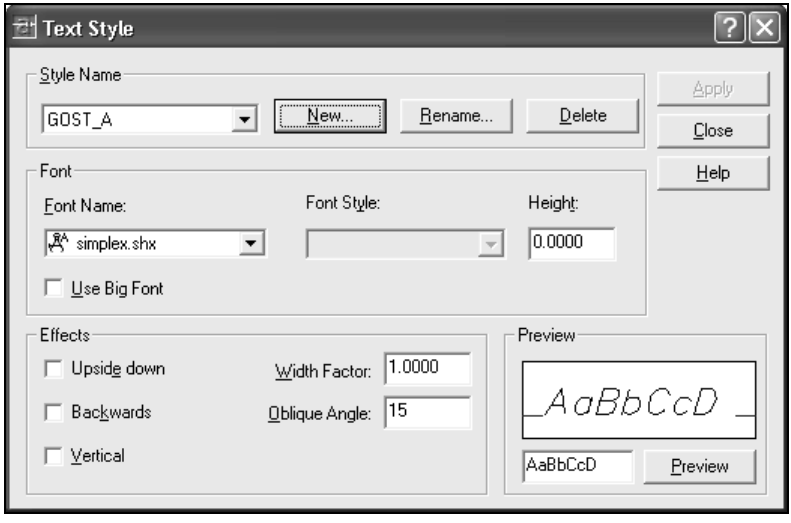
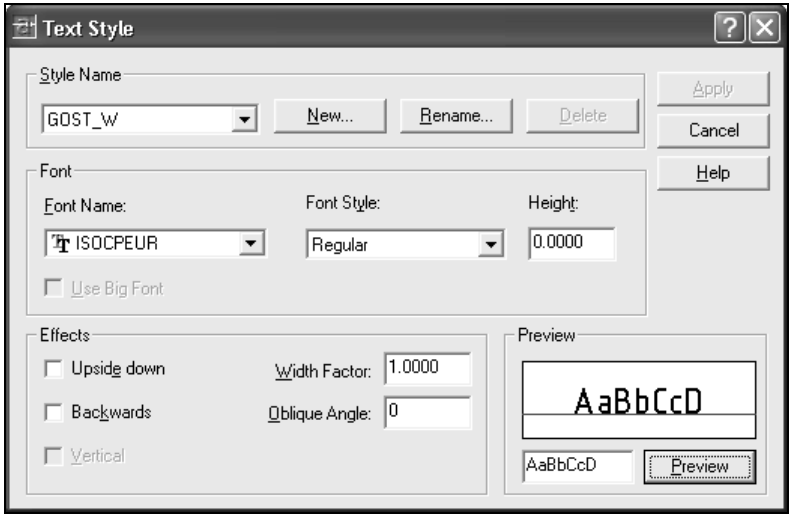


Рис. 11.2. Создание текстового стиля для шрифтов AutoCAD



Текстовый стиль для нанесения на чертеже текста и размеров создают с помощью следующих действий.

1. Выбрать пункт **Format** (Формат) ⇒ **Text Style** (Текстовые стили).
2. В открывшемся ДО **Text Style** (Текстовые стили) щелкнуть на кнопке **New** (Новый).
3. В открывшемся ДО **New Text Style** (Новый текстовый стиль) в поле ввода **Style Name** (Имя стиля) задать оригинальное имя нового, например **GOST_A** (ГОСТ_А) или **GOST_W** (ГОСТ_W).
4. Нажатием кнопки **OK** вернуться в ДО **Text Style** (Текстовые стили) (новый стиль появляется в поле списка **Style Name** (Имя стиля)).
5. Начертание символов шрифта задать в области **Font** (Шрифт) в списке **Font Name** (Имя шрифта) готовых шаблонов шрифтов. Например, для шрифта **GOST_A** (ГОСТ_А), близкого по форме к ЕСКД, применяют шаблон **Simplex** или другой подходящий шаблон, а для шрифта **GOST_W** (ГОСТ_W) — шаблон **ISOCPEUR**.
6. В области **Font** (Шрифт) в поле ввода **Height** (Высота) оставить нулевое значение высоты шрифта, т. к. ее значение задают непосредственно при вводе размерного текста.
7. В области **Effects** (Эффекты) в поле ввода **Oblique Angle** (Угол наклона) для шрифта **GOST_A** (ГОСТ_А) задать значение угла от вертикали, определяющего наклон символа. Например, для шрифта с наклоном 75° вводят значение угла, равное **15**. Для шрифта **GOST_W** (ГОСТ_W) можно оставить нулевое значение, поскольку наклон для него задают с помощью начертания **Italic** (Курсив). Вид начертания выбирают в области **Font** (Шрифт) в списке **Font Style** (Начертание) (по умолчанию предложено **Regular** (Обычный)).
8. В области **Effects** (Эффекты) в поле ввода **Width Factor** (Степень растяжения) можно ввести коэффициент сжатия текста, если текст не умещается в узкую графу. Однако здесь оставляют значение, равное **1**, предложенное по умолчанию, т. к. для шрифта **GOST_A** (ГОСТ_А) сжатие осуществляют с помощью специального режима **Fit** (Подгонка), а для шрифта **GOST_W** (ГОСТ_W) коэффициент сжатия подбирают при редактировании текста.
9. Создание нового текстового стиля завершить нажатием кнопки **Apply** (Применить).
10. Закрыть окно нажатием кнопки **Close** (Закрыть).

Стили хранятся в файле чертежа, и их выбирают в качестве текущего в том же ДО в списке **Style Name** (Имя стиля) для выполнения текстовых надписей. Отметим, что при выходе из этого ДО без каких-либо изменений кнопка **Close** (Закрыть) заменяется кнопкой **Cancel** (Отмена).

Для нанесения размеров текстовый стиль задают при создании размерного

Размерный стиль

Размерный стиль для нанесения на чертеже размеров должен соответствовать ГОСТ 2.307-68. Чтобы создать и установить текущими размерные стили, нужно выполнить следующие действия.

1. Выбрать пункт **Dimension Style** (Размерные стили) меню **Format** (Формат), или пункт **Style** (Стиль) меню **Dimension** (Размеры), или нажать кнопку **Dimension Style** (Размерный стиль) в ПИ **Dimension** (Размеры).
2. В ДО **Dimension Style Manager** (Диспетчер размерных стилей) нажатием кнопки **New** (Новый) открыть ДО **Create New Dimension Style** (Создание нового размерного стиля).
3. В поле ввода **New Style Name** (Имя нового стиля) задать имя нового стиля, например **GOST** (ГОСТ).
4. Нажатием кнопки **Continue** (Далее) открыть ДО **New Dimension Style: GOST** (Новый размерный стиль: ГОСТ) и настроить в нем параметры стиля в соответствии с требованиями ЕСКД.
5. На вкладке **Lines and Arrows** (Линии и стрелки) настроить режимы формирования выносных и размерных линий (рис. 11.4).
   - В области **Dimension Lines** (Размерные линии) задают значение расстояния между параллельными размерными линиями при автоматизированном нанесении размеров от общей базы (по ГОСТ оно составляет не менее 7 мм). Его задают в поле ввода **Baseline spacing** (Шаг в базовых размерах), например равным **10**.
   - В области **Extension Lines** (Выносные линии) в поле ввода **Extend beyond dim lines** (Удлинение за размерные) для выносной линии задают значение ее продления за размерную линию, например равное **3**. Значение отступа выносной линии от контура изображения задают в поле ввода **Offset from origin** (Отступ от объекта) равным **0**.
   - В обеих областях в списках с наименованием **Color** (Цвет) и **Lineweight** (Вес линий) задают цвет и толщину линий этих элементов размеров **ByLayer** (ПоСлою).
   - В области **Arrowheads** (Стрелки) выбирают форму стрелок на размерной линии в списках **1st** (1-я), **2nd** (2-я), **Leader** (Выноска), например значение **Open** (Разомкнутая).
   - В поле ввода **Arrow size** (Величина) устанавливают размер стрелок, равный **3** (по ГОСТ он составляет не менее 2,5 мм).
   - В области **Center Marks for Circles** (Маркеры центра для кругов), предназначенной для обозначения маркеров или осевых в центрах дуг

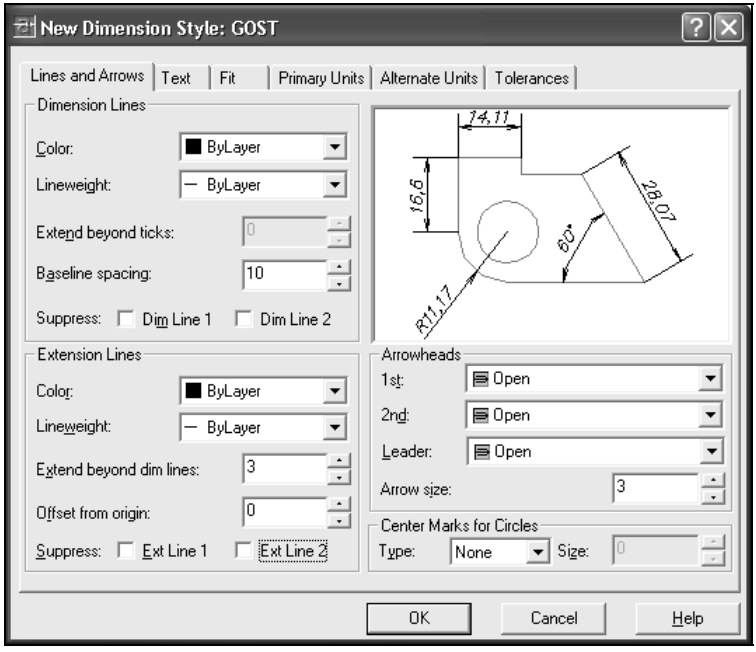
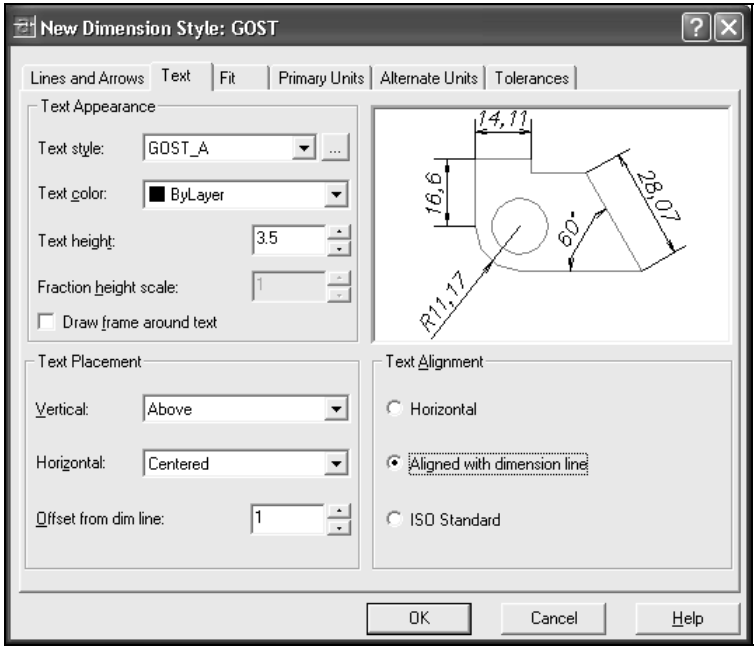


Рис. 11.4. Вкладка **Lines and Arrows** диалогового окна **New Dimension Style: GOST**



6. На вкладке **Text** (Текст) настроить режимы формирования размерного текста (рис. 11.5).
   - В области **Text Appearance** (Свойства текста) в списке **Text style** (Текстовый стиль) выбирают предварительно созданный текстовый стиль **GOST_A** (ГОСТ_А) для шрифтов AutoCAD или **GOST_W** (ГОСТ_W) для шрифтов Windows для выполнения размерного текста. В поле ввода **Text height** (Высота текста) задают размер шрифта для нанесения размерных чисел, например **3.5**. В списке **Text color** (Цвет текста:) выбирают цвет размерного текста **ByLayer** (ПоСлою).
   - В области **Text Placement** (Выравнивание текста) в списке **Vertical** (По вертикали) выбирают режим **Above** (Над линией) для расположения размерного текста над размерной линией и вдоль нее. В поле ввода **Offset from dim line** (Отступ от размерной линии) задают значение расстояния между размерной линией и размерным текстом, например равное **1** (по ГОСТ оно составляет 0,5—1,5 мм).
   - В группе **Text Alignment** (Ориентация текста) выбором переключателя **Aligned with dimension line** (Вдоль размерной линии) устанавливают режим расположения размерного текста вдоль размерной линии. Последний режим может быть изменен в случае нанесения размеров на горизонтальной полке выбором переключателя **ISO Standard** (Согласно ISO).
7. На вкладке **Fit** (Размещение) настроить режимы для расположения размерного текста относительно размерной и выносной линий (рис. 11.6).
   - В группе **Fit Options** (Опции размещения) выбором переключателя **Both text and arrows** (Текст и стрелки) устанавливают режим для оптимального расположения размерного текста и стрелок относительно выносных линий. Этот режим может быть изменен в случае необходимости расположения текста или стрелок между выносными линиями либо вне их.
   - В группе **Fine Tuning** (Подгонка элементов) устанавливают флажок режима **Place text manually when dimensioning** (Размещение размерного текста вручную) для задания вручную положения размерного текста вдоль размерной линии при нанесении размера. Это позволяет избегать пересечения текста с осевыми линиями и располагать текст в "шахматном" порядке для последовательных параллельных размеров.
   - В группе **Text Placement** (Размещение текста) выбирают переключатель **Beside the dimension line** (Перемещать размерную линию). Если текст не умещается между выносными линиями, он размещается над

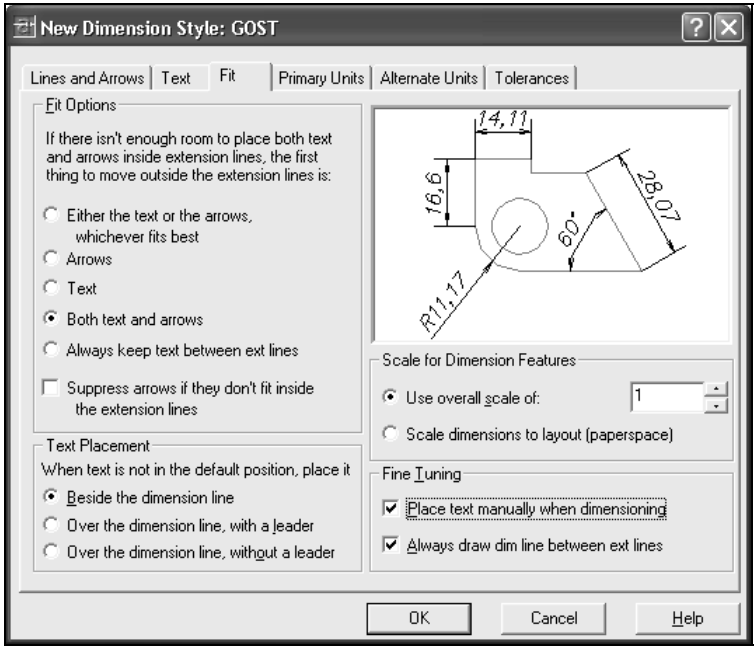
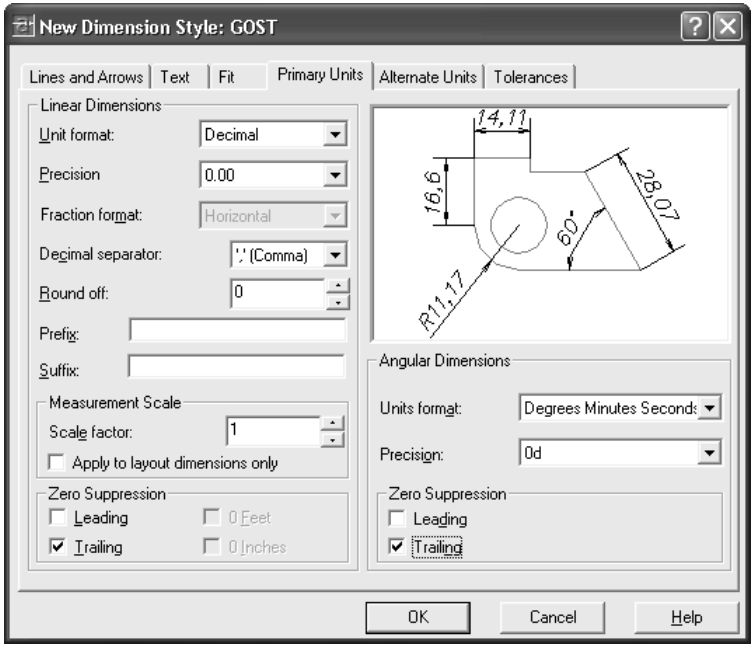
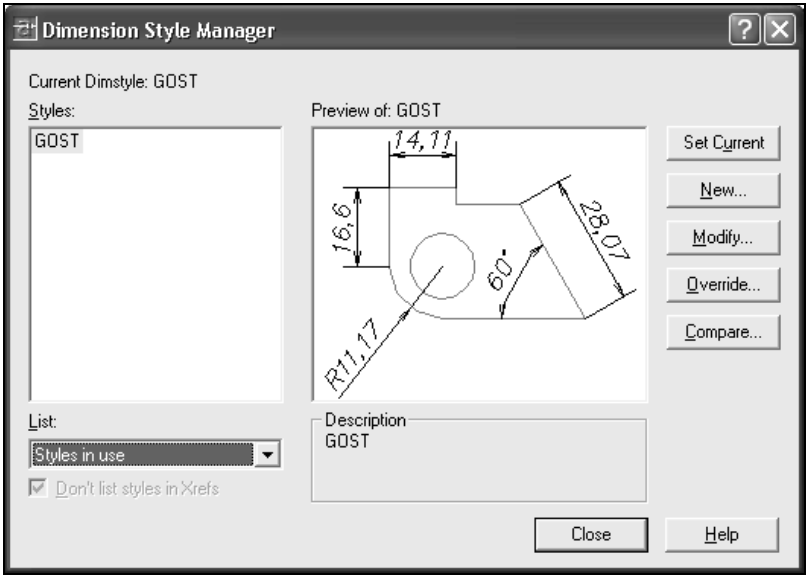


Рис. 11.6. Вкладка **Fit** диалогового окна **New Dimension Style: GOST**



8. На вкладке **Primary Units** (Основные единицы) настроить режимы для задания единиц измерения и форматов отображения размерного текста (рис. 11.7).
   - В области **Linear Dimensions** (Линейные размеры) в списке **Unit format** (Формат единиц:) выбирают вариант **Decimal** (Десятичные), а в списке **Precision** (Точность) задают число знаков после запятой в десятичной дроби, например **0.00**. В списке **Decimal separator** (Десятичный разделитель) выбирают разделитель ',' **(Comma)** (Запятая) для отделения дробной части числа, т. к. по умолчанию система предлагает точку.
   - В области **Angular Dimensions** (Угловые размеры) в списке **Units format** (Формат единиц) выбирают **Digrees /Minutes/ Seconds** (Градусы/Минуты/Секунды) для единиц измерения углов. В списке **Precision** (Точность) выбирают значение, равное **0d** знаков, для нанесения целочисленных значений углов. Для нанесения углов с минутами выбирается значение, равное **0d00'**, для углов с секундами — **0d00'00"**.
   - В группах **Zero Suppression** (Подавление нулей) в полях выбора **Trailing** (Хвостовые) задают режимы подавления незначащих нулей в десятичных дробях размерных чисел.
9. Нажатием кнопки **OK** возвращаются в ДО **Dimension Style Manager** (Диспетчер размерных стилей), где в списке **Styles** (Стили) появляется имя нового стиля: **GOST** (ГОСТ) (рис. 11.8).
10. Нажатием кнопки **Close** (Закрыть) завершить создание размерного стиля.



Для создания нового размерного стиля на основе существующего стиля в ДО **Create New Dimension Style** (Создание нового размерного стиля) *(см. разд. "Размерный стиль")* после ввода имени нового стиля, например **GOST1** (ГОСТ1), выбирают в списке **Start With** (На основе) в качестве прототипа один из существующих стилей, например GOST (ГОСТ). Затем с помощью кнопки **Continue** (Далее) и ДО **New Dimension Style: GOST1** (Новый размерный стиль: ГОСТ1) изменяют необходимые параметры стиля.

Для установки текущего стиля из уже созданных ранее в ДО **Dimension Style Manager** (Диспетчер размерных стилей) в списке **Styles** (Стили) выбирают его имя и щелкают на кнопке **Set Current** (Установить).

Для создания варианта текущего размерного стиля, отличающегося от него некоторыми настройками, в том же ДО в списке **Styles** (Стили) выбирают имя стиля, например **GOST** (ГОСТ), и устанавливают его текущим. Затем нажатием кнопки **Overrid** (Переопределить) открывают ДО **Override Current Style: GOST** (Переопределение текущего стиля: ГОСТ), в котором выполняют необходимые изменения параметров стиля. Эта настройка создает вариант стиля и отмечает его в списке стилей ветвью **<style overrides>** (<переопределения>). Варианты текущего размерного стиля с некоторыми отличиями можно создавать в процессе нанесения размеров. В основном стиле никаких изменений при этом не происходит.

Настройки, используемые часто, можно сохранять в отдельных стилях. Созданные стили хранятся в файлах чертежей. Поэтому в прототипах чертежей можно один раз создать нужные стили и использовать их в других чертежах.

Для установки текущего стиля из созданных ранее в ДО **Dimension Style Manager** (Диспетчер размерных стилей) в списке **Styles** (Стили) выбирают его имя и щелкают на кнопке **Set Current** (Установить). При использовании ПИ **Dimension** (Размеры) текущий стиль удобнее устанавливать с помощью списка созданных размерных стилей. Отметим, что при наличии варианта размерного стиля с ветвью **<style overrides>** (<переопределения>) откроется ДО **AutoCAD Alert** (Предупреждение AutoCAD) (рис. 11.9) с предупреждением, что установка текущим другого стиля отменит все переопределения. Для сохранения переопределений следует закрыть ДО нажатием кнопки **Cancel** (Отмена) и щелкнуть правой кнопкой мыши на ветви **<style overrides>** (<переопределения>). В открывшемся КМ нужно выбрать пункт **Rename** (Переименовать), дать стилю другое имя и завершить диалог нажатием кнопки **Close** (Закрыть).

Примечание

Если используются шрифты Windows, при вводе размерного текста с клавиатуры следует предварительно установить текущим текстовый стиль, ис-

Рис. 11.9. Диалоговое окно **AutoCAD Alert**

11.2. Нанесение размеров на чертеже в пространстве листа

Рассмотрим последовательность нанесения размеров на примере изображений на чертеже крышки подшипника, созданных на основе твердотельной модели (см. рис. П1.7). Чертеж выполнен в пространстве макета листа (перекрывающихся ВЭ), поэтому переходят в данное пространство *(см. главу 4)*.

Для нанесения размеров используют меню **Dimension** (Размеры) с функциями выполнения размеров различных видов или ПИ **Dimension** (Размеры).

Вначале размеры наносят в *режиме листа (см. главу 4)*. Перед их нанесением устанавливают текущим текстовый стиль, используемый в размерном стиле, например **GOST_A** (ГОСТ_А) *(см. разд. 11.1)*. Затем устанавливают текущим нужный размерный стиль, например **GOST** (ГОСТ).

Чтобы при нанесении размеров ориентироваться на размеры ВЭ, размораживают слой **VPORTS** для отображения границ всех созданных видовых экранов *(см. разд. 7.1)*.

Устанавливают текущим именованный вид **Front_paper** (Спереди_лист) *(см. разд. 10.3)* с изображениями на фронтальных ВЭ (рис. 11.10).

Выполняют регенерацию изображения на всех ВЭ *(см. главу 3)*.

Устанавливают текущим слой **Front-DIM** (Спереди-DIM).

Отметим, что изображение на чертеже в *пространстве макета листа* уменьшено в масштабе 1:2 по отношению к изображению в *пространстве модели*.

В AutoCAD 2002, 2004 это изменение в пределах изображений из одного ВЭ учитывается автоматически и размер наносится с учетом этого масштаба. В AutoCAD 2000 (и в AutoCAD 2002, 2004 для изображений из разных ВЭ) автоматизированная система нанесения размеров измеряет на листе видимые размеры изображения, а не действительные размеры изделия, т. е.

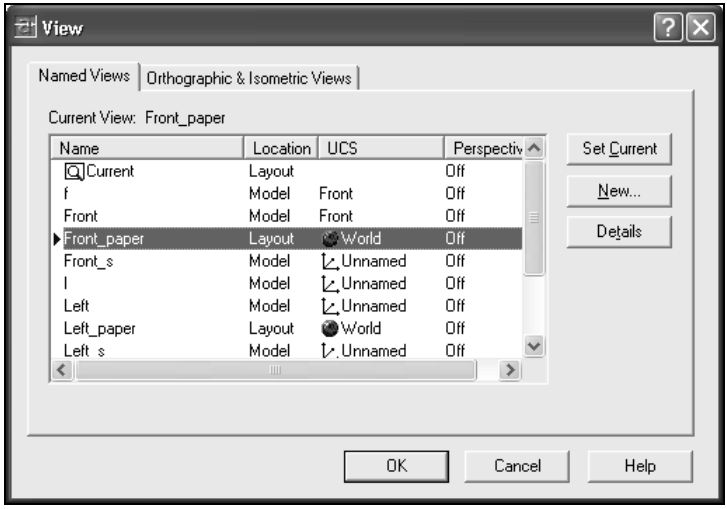


Рис. 11.10. Установка текущим именованного вида **Front_paper**

Для приведения размеров в соответствие с масштабом в размерном стиле **GOST** (ГОСТ) делают специальную настройку варианта этого стиля в ДО **Override Current Style** (Переопределение текущего стиля) *(см. разд. "Размерный стиль")*. Для этого нужно выполнить следующие действия.

1. В ДО **Override Current Style** (Переопределение текущего стиля) открыть вкладку **Primary Units** (Основные единицы).
2. В области **Measurement Scale** (Масштаб измерений) в поле ввода **Scale factor** (Масштаб) задать значение **2**.
3. Нажатием кнопки **OK** закрыть ДО. Созданный вариант стиля отмечен в списке стилей в ДО **Dimension Style Manager** (Диспетчер размерных стилей) ветвью **<style overrides>** (<переопределения>) для стиля **GOST** (ГОСТ).
4. Нажатием кнопки **Close** (Закрыть) завершить создание варианта размерного стиля (рис. 11.11).

Во всех версиях AutoCAD масштабный коэффициент можно использовать при выполнении изображения в *пространстве модели*, отличном от натуральной величины.

Для точного ввода точек, между которыми наносится размер, используют постоянную объектную привязку **Endpoint** (Конточка). Режим постоянной объектной привязки устанавливают с помощью функции настройки параметров чертежа *(см. разд. 2.5)* либо используют прежнюю его установку.

Чтобы избежать ошибочной привязки к линиям штриховки, рекомендуется предварительно отключить слои со штриховкой **Fronts_s-HAT** (Спереди_р-HAT) и **Left_s-HAT** (Слева_р-HAT). Изображение штриховки при этом на

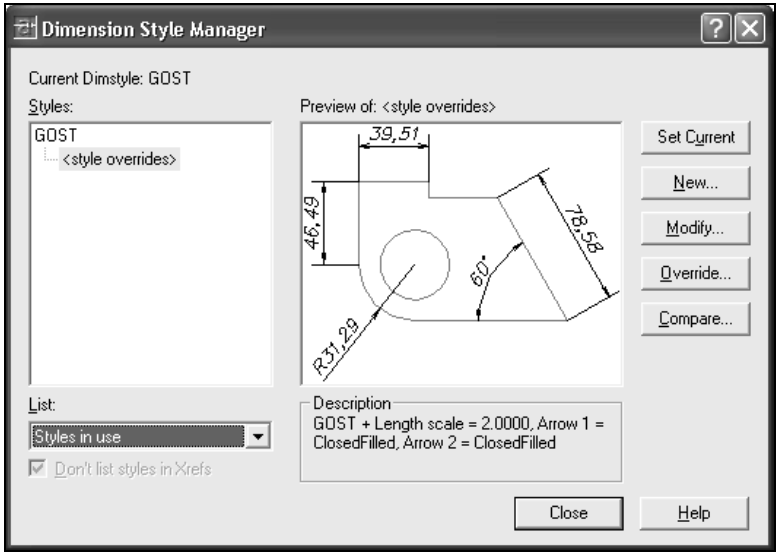


Рис. 11.11. Создание варианта стиля с ветвью **<style overrides>**

Для соблюдения необходимого расстояния от контура изображения до размерной линии (по ГОСТ 2.107–81 не менее 10 мм) рекомендуют включить отображение координатной сетки *(см. разд. 1.1)*.

Вначале наносят линейные размеры крышки подшипника в соответствии с чертежом (рис. 11.12): вертикальные — **100** и **10**; размеры диаметров — **32**; **178** и **21**. Для нанесения линейных размеров нужно выполнить следующие действия.

1. Выбрать пункт **Dimension** (Размеры) ⇒ **Linear** (Линейный) (можно использовать кнопку **Linear Dimension** (Линейный размер) из ПИ **Dimension** (Размеры)).
2. На запрос в командной строке *Specify first extension line origin* (Начало первой выносной линии) ввести с помощью режима постоянной объектной привязки **Endpoint** (Конточка) первую точку для выносной линии. Например, для вертикального размера **100** это нижняя угловая точка изображения.
3. На запрос в командной строке *Specify second extension line origin* (Начало второй выносной линии) ввести также с помощью режима постоянной объектной привязки **Endpoint** (Конточка) вторую точку для выносной линии. Например, для размера **100** это верхняя угловая точка изображения.
4. На запрос в командной строке *Specify dimension line location or [Mtext/Text/]* (Положение размерной линии или [Мтекст/Текст/]) сначала временно отключить режим постоянной объектной привязки с помощью клавиши <F3>

линии и размерного текста. Затем перемещают указатель мыши влево от контура: за указателем в режиме слежения тянутся выносные, размерные линии и автоматически вычисленный размерный текст будущего размера. Указатель мыши располагают на расстоянии не менее 10 мм от контура изображения для задания положения размерной линии. Затем перемещают указатель мыши вдоль размерной линии до ее середины для задания положения размерного текста (числа) и щелчком левой кнопки мыши вводят эту точку, завершая нанесение размера. В командной строке, например для размера **100**, выдается сообщение *Dimension text = 100* (Размерный текст = 100).

Аналогично наносят размер **10**, только на запрос в командной строке *Specify dimension line location or [Mtext/Text/]* (Положение размерной линии или [Мтекст/Текст/]) перемещают указатель мыши вдоль размерной линии за пределы верхней выносной линии для нанесения размера снаружи.

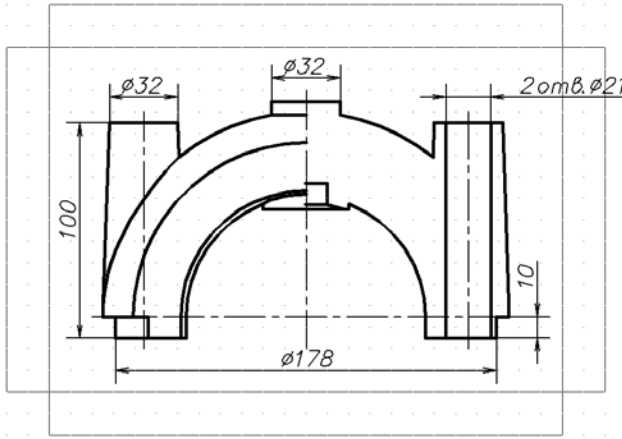


Рис. 11.12. Простановка линейных размеров на виде спереди

При нанесении размеров со знаком диаметра (радиуса) и с дополнительным текстом, например **2отв.&21**, надо иметь в виду следующее. Размеры с дополнительным текстом автоматически не предлагаются, поэтому их вводят с клавиатуры. Автоматическая простановка знака диаметра (радиуса) происходит только при нанесении размера для изображений дуг и окружностей с помощью функций **Diameter Dimension** (Диаметр) и **Radius Dimension** (Радиус). При этом знак диаметра проставляется только при использовании шрифтов системы AutoCAD. При использовании шрифтов Windows вместо знака диаметра проставляется символ **?**, т. к. их кодировка не соответствует системе AutoCAD. Поэтому при нанесении размеров диаметров (радиусов) *в виде линейных размеров* для получения знака диаметра (радиуса) или до-

На запрос в командной строке *Specify dimension line location or [Mtext/Text/]* (Положение размерной линии или [Мтекст/Текст/]) в КМ рабочей области чертежа выбирают либо пункт (режим) **Text** (Текст) для шрифтов AutoCAD, либо пункт **Mtext** (Мтекст) для шрифтов Windows. Рассмотрим оба варианта ввода текста.

- Для функции **Text** (Текст) на запрос в командной строке *Enter dimension text* (Размерный текст) включают русскую раскладку клавиатуры и вводят текст **2отв.** для размера диаметра **21**. Затем включают латинскую раскладку клавиатуры и вводят управляющие коды для нанесения символа знака диаметра в виде двух символов процента и буквы **c** латинского алфавита (**%%c**) (только для шрифтов ACAD), а также размерное число **21**. Нажатием клавиши <Enter> или щелчком правой кнопки мыши на рабочей области чертежа завершают ввод размерного текста. Далее щелчком левой кнопки мыши указывают положение размерной линии, завершая нанесение размера.
- Для функции **MText** (МТекст) открывается ДО **Multiline Text Editor** (Редактор многострочного текста) (рис. 11.13).

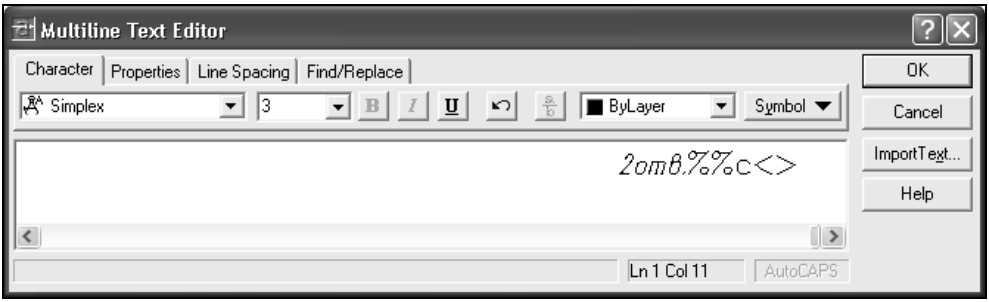


Рис. 11.13. Диалоговое окно **Multiline Text Editor**

В поле ввода текста в угловых скобках скрыто размерное число.

- На вкладке **Character** (Символ) в ПИ в списке шрифтов устанавливают шрифт AutoCAD, например **Simplex**.
- Щелчком в центральном текстовом поле слева от угловых скобок устанавливают текстовый курсор, включают русскую раскладку клавиатуры и вводят текст **2отв.** для размера диаметра **21**.
- На ПИ нажатием кнопки **Symbol** (Символ) раскрывают список и выбирают строку **Diameter** (Диаметр), в текстовом поле слева от угловых скобок появляются символы кодировки знака диаметра (**%%c**).
- Нажатием кнопки **OK** завершают ввод текста и закрывают ДО.
- Щелчком левой кнопки мыши указывают положение размерной ли-

Затем аналогично проставляют размеры диаметров **32** и **178** в соответствии с чертежом (см. рис. 11.12).

Для нанесения размеров на виде слева устанавливают текущим именованный вид с изображениями на профильных ВЭ с именем **Left_paper** (Слева_лист) (рис. 11.14).

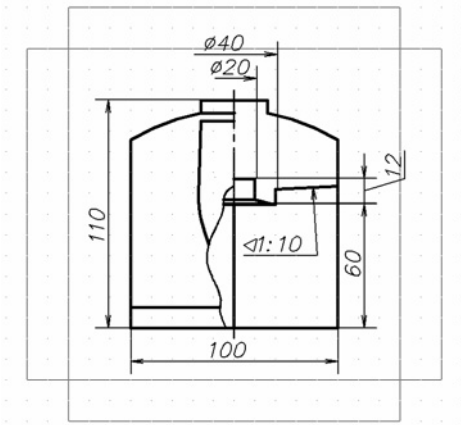


Рис. 11.14. Простановка размеров на виде слева

Устанавливают текущим слой **Left-DIM** (Слева-DIM) *(см. разд. 2.1)*.

С помощью функции **Dimension Linear** (Линейный размер) *(см. разд. 11.2)* проставляют линейные размеры: **100**, **110**, **60**.

Для вертикального размера **60** первую выносную линию проводят от нижней точки изображения корпуса.

Размер **12** наносят как цепочный в продолжение размера **60** с помощью функции **Dimension Continue** (Размерная цепь).

Если размер **60** являлся последним, то размер **12** автоматически будет продолжать размер **60**. Для его простановки требуется ввести только точку второй выносной линии (угловая точка контура отверстия в опоре).

Если размер **60** был не последним или его первая выносная линия проведена не из нижней точки изображения корпуса крышки, то на запрос в командной строке о точке второй выносной линии нажатием клавиши <Enter> вводят режим по умолчанию **Select** (Выбор). На запрос о продолженном размере выбирают верхнюю выносную линию размера **60**. После этого наносят размер **12**. Если размер шрифта не позволяет числу разместиться между выносными линиями, то число наносится на выноске, не занимая место для возможного последующего цепочного размера. В даль-

Завершают диалог двойным нажатием клавиши <Enter>.

Размеры диаметров **20** и **40** наносят с помощью функции **Dimension Linear** (Линейный размер) в виде оборванной размерной линии. Для этого специально настраивают размерный стиль. В ДО **Override Current Style** (Переопределение текущего стиля) на **ВК Lines and Arrows** (Линии и стрелки) в областях **Dimension Lines** (Размерные линии) и **Extension Lines** (Выносные линии) включают режимы подавления выносных и размерных линий флажками группы **Suppress** (Подавить): **Dim Line 2** (2-ю размерную) и **Ext Line 2** (2-ю выносную). Эти режимы отключают изображение второй выносной линии и второй половины размерной линии. Для короткой размерной линии, например для размера диаметра **20**, можно оставить вторую половину размерной линии, но отключить изображение второй стрелки, для чего в области **Arrowheads** (Стрелки) в списке **2nd** (2-я) выбирают значение **None** (Нет) (рис. 11.15). Это позволяет сместить размерное число диаметра **40** влево, размещая его в шахматном порядке относительно размера диаметра **20**.

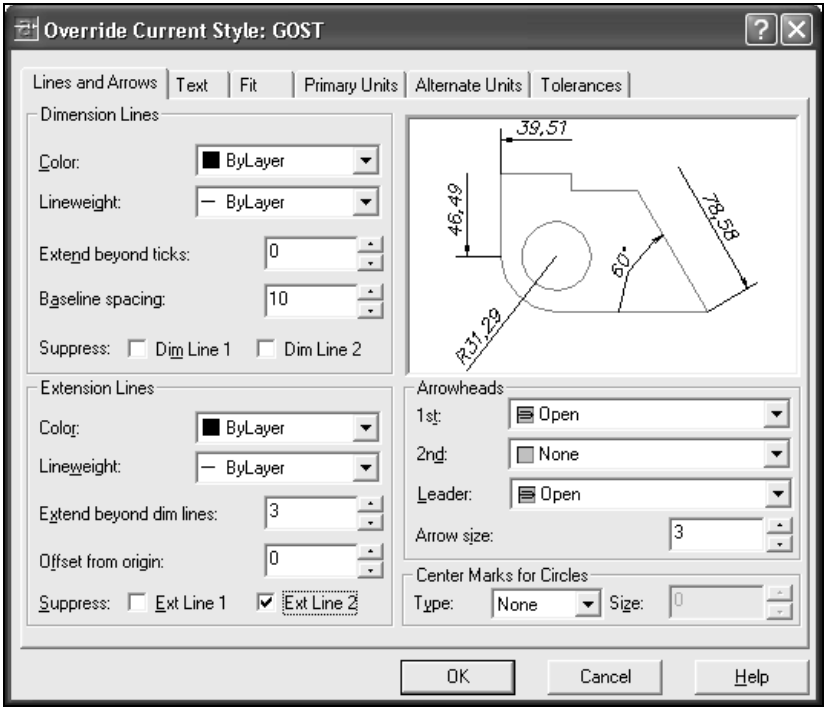


Рис. 11.15. Вкладка **Lines and Arrows** диалогового окна **Override Current Style**

При нанесении указанных размеров на запрос о начале второй выносной линии вводят относительные координаты от первой точки, используя по-

с учетом масштаба, т. е. вводят значение **10** для диаметра **20** и значение **20** для диаметра **40**. Знаки диаметров вводят как на виде спереди (см. рис. 11.12).

Восстанавливают прежние настройки в размерном стиле. Для этого отменяют вариант размерного стиля с ветвью **<style overrides>** (<переопределения>) установкой текущего стиля **GOST** (ГОСТ). В ДО **AutoCAD Alert** (Предупреждение AutoCAD), предлагающем не сохранять в текущем стиле его временные настройки, щелкают на кнопке **OK**.

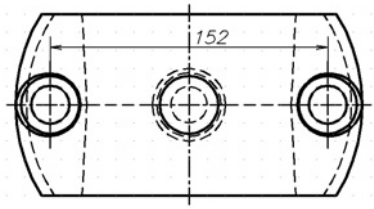
Размер конусности **1:10** наносят с помощью функции **Leader** (Выноска) (рис. 11.14). Сначала настраивают выноску, создавая вариант текущего стиля.

1. Открывают ДО **Override Current Stile** (Переопределение текущего стиля) *(см. разд. 11.1)*.
2. На вкладке **Lines and Arrows** (Линии и стрелки) в области **Arrowheads** (Стрелки) в списке **Leader** (Выноска) выбирают значение **Open** (Разомкнутая).
3. На вкладке **Primary Units** (Основные единицы) в области **Measurement Scale** (Масштаб измерений) в поле ввода **Scale factor** (Масштаб) снова задают значение **2**.
4. Выбирают пункт **Dimension** (Размеры) ⇒ **Leader** (Выноска) (можно использовать кнопку **Quick Leader** (Быстрая выноска) из ПИ **Dimension** (Размеры)).
5. На запрос в командной строке *Specify first leader point, or [Settings]* (Первая точка выноски, или [Параметры]) выбирают режим **Settings** (Параметры) с помощью клавиши <Enter> или КМ рабочей области листа.
6. В ДО **Leader Settings** (Параметры выноски) на **BK Attachment** (Выравнивание) устанавливают режим **Underline bottom line** (Разместить текст над полкой) щелчком на флажке. Это обеспечивает положение размерного текста над полкой выноски.
7. Нажатием кнопки **OK** закрывают ДО и возвращаются к диалогу в командной строке.
8. На повторный запрос в командной строке *Specify first leader point, or [Settings]* (Первая точка выноски, или [Параметры]) вводят точку начала выноски от контура конической поверхности с помощью объектной привязки **Nearest** (Ближайшая), которую необходимо назначить в режимах постоянных привязок или задать как разовую *(см. разд. 2.5)*. После ввода точки привязку временно отключают.
9. На запрос в командной строке *Specify next point* (Следующая точка) перемещают указатель мыши вниз: за указателем в режиме слежения тянется размерная линия. Щелчком левой кнопки мыши вводят точку, которая

10. На повторный запрос в командной строке *Specify next point* (Следующая точка) дают пустой ответ с помощью клавиши <Enter> или щелчком правой кнопки мыши на рабочей области листа. Этим завершают построение выносной размерной линии.
11. На запрос в командной строке *Specify text width* (Ширина текста) нажатием клавиши <Enter> или щелчком правой кнопки мыши соглашаются с предложенным по умолчанию значением **0**, т. е. ширина рамки текста по умолчанию равна ширине вводимого размерного текста.
12. На запрос в командной строке *Enter first line of annotationtext <Mtext>* (Первая строка текста пояснения <Мтекст>) возможны два варианта ввода текста:
    - для текстового стиля **GOST_A** (ГОСТ_А) вводят текст **<1:10** с клавиатуры на запрос в командной строке *Enter next line of annotation text* (Следующая строка текста), завершая нанесение размера нажатием клавиши <Enter> или щелчком правой кнопки мыши на рабочей области чертежа;
    - для текстового стиля **GOST_W** (ГОСТ_W) клавишей <Enter> или щелчком правой кнопки мыши на рабочей области чертежа вводят предложенный по умолчанию режим **Mtext** (Мтекст). Открывается ДО **Multiline Text Editor** (Редактор многострочного текста). В поле ввода текста вводят значение **1:10**. Символ конусности, как и знак диаметра, выбирают из специального шрифта AutoCAD. Если такого шрифта нет, то наносят символ "меньше" из шрифта AutoCAD, например **Simplex**.
13. Нажатием кнопки **OK** закрывают ДО и завершают нанесение размера.

Символ "меньше" дочерчивают с помощью команды **LINE** (ОТРЕЗОК) до символа "конусность", увеличив предварительно изображение. Если размер пересек другие размеры и линии изображения, то в дальнейшем его положение можно отредактировать (см. далее).

Для нанесения размеров на виде сверху устанавливают текущим именованный вид с изображениями на горизонтальном ВЭ с именем **Top_paper** (Сверху_лист) (рис. 11.16). Устанавливают текущим слой **Top-DIM** (Сверху-DIM) *(см. разд. 2.1)*.



Наносят размер **152** с помощью функции **Dimension Linear** (Линейный размер). Выносные линии проводят от концов осевых линий с использованием постоянной объектной привязки **Endpoint** (Конточка).

11.3. Нанесение размеров на чертеже в режиме модели

Устанавливают текущим именованный вид **Front_paper** (Спереди_лист) с изображениями на фронтальных ВЭ.

Размеры радиусов дугообразных элементов для вида и разреза спереди наносят с помощью функции **Radius Dimension** (Радиус), которая требует выбора дуг. Однако дугообразные элементы изображений доступны только в *режиме модели*. Поэтому устанавливают данный режим *(см. главу 4)*.

Размораживают слой щелчком на значке "снежинка", который преобразуется в "солнышко". Текущим оставляют слой **Solid** (Тело). Щелчком мыши в пределах ВЭ для вида делают его текущим. Устанавливают текущим слой **Front-DIM** (Спереди-DIM) *(см. разд. 2.1)*.

В *режиме модели* на ВЭ отображен реальный объект, поэтому автоматизированная система измеряет истинные размеры. Однако из-за ранее установленного в *режиме листа* пересчета масштаба в два раза значения размерных чисел в *режиме модели* также будут удваиваться. Для исключения этого эффекта делают специальную настройку в текущем варианте семейства размерного стиля *(см. разд. 11.2)*. Для этого в ДО **Override Current Style** (Переопределения текущего стиля) выполняют следующие действия.

1. Открывают **BK Primary Units** (Основные единицы).
2. В области **Measurement Scale** (Масштаб измерений) устанавливают флажок **Apply to layout dimension only** (Только для размеров на листе) (рис. 11.17).

Отметим также, что размерный текст и стрелки в *режиме модели* имеют реальные размеры, уменьшенные в два раза вместе с изображением. Для получения размеров стрелок и текста, соответствующих *режиму листа*, также делают специальную настройку в текущем варианте семейства размерного стиля в ДО **Override Current Stile** (Переопределения текущего стиля). Для этого нужно:

- на вкладке **Fit** (Размещение) в области **Scale for Dimension Features** (Масштаб размерных элементов) установить флажок **Scale dimensions to layout (paperspace)** (Масштаб относительно листа) чтобы включить режим для масштабирования размерного текста и стрелок в пространстве макета листа.

Нажатием кнопки **OK** закрывают ДО **Override Current Stile** (Переопределения текущего стиля). Нажатием кнопки **Close** (Закрыть) завершают создание

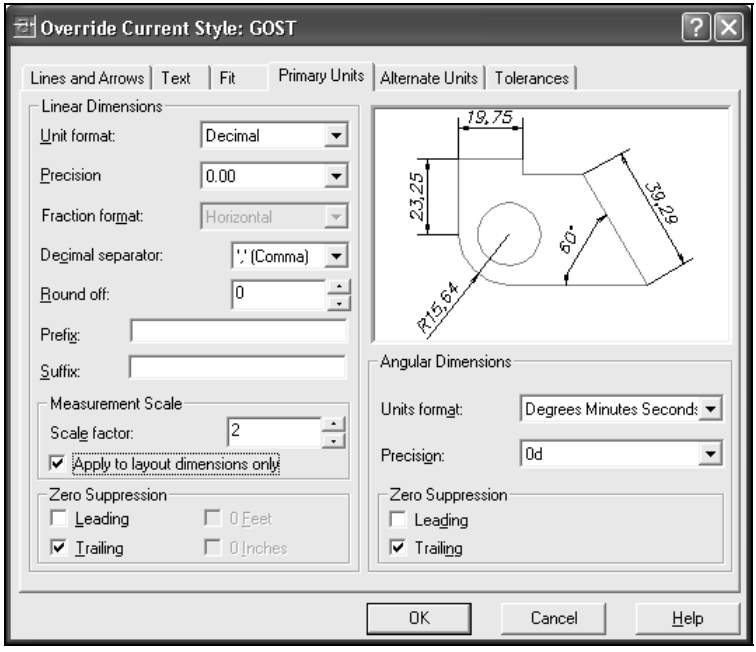
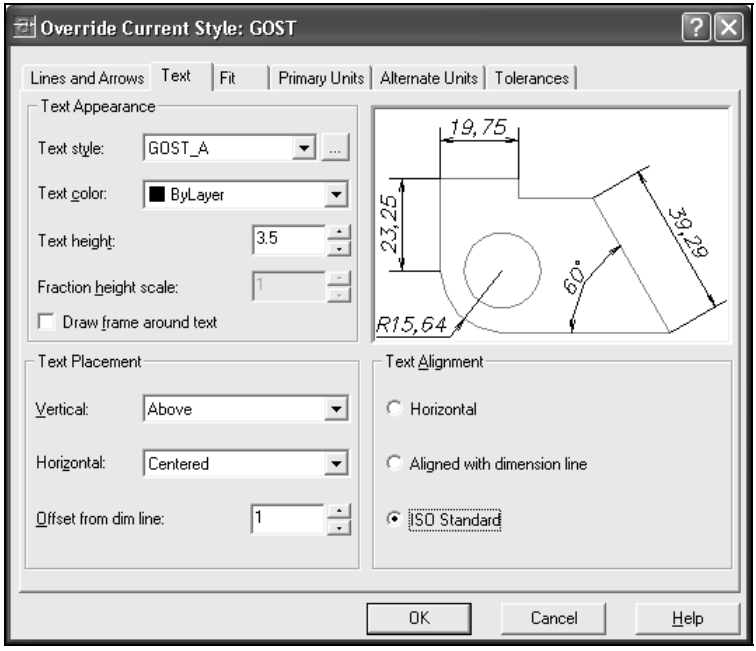


Рис. 11.17. Вкладка **Primary Units** диалогового окна **Override Current Style**



Затем наносят размер радиуса внутреннего основания конуса **R56**.

Для нанесения размера радиуса сферы **R95** с размерным текстом на горизонтальной полке размерной линии снаружи от дуги снова настраивают текущий вариант семейства размерного стиля. В ДО **Override Current Stile** (Переопределения текущего стиля) на вкладке **Text** (Текст) в области **Text Alignment** (Выравнивание текста) устанавливают флажок **ISO Standard** (Согласно ISO), чтобы включить режим расположения размерного текста снаружи на горизонтальной полке (рис. 11.18).

Для размещения стрелки внутри контура дуги в том же ДО на вкладке **Fit** (Расположение) в области **Fit Options** (Опции размещения) устанавливают флажок **Text** (Текст), чтобы включить режим для расположения снаружи только размерного текста.

Нажатием кнопки **OK** закрывают это ДО. Нажатием кнопки **Close** (Закрыть) завершают создание варианта размерного стиля.

После этого проставляют размер радиуса сферы **R95** (рис. 11.19).

Для нанесения размера радиуса сферической поверхности опоры **R53** используется дуга на разрезе. Поэтому щелчком мыши в пределах ВЭ для разреза делают экран текущим. Устанавливают текущий слой **Front_s-DIM** (Спереди_р-DIM).

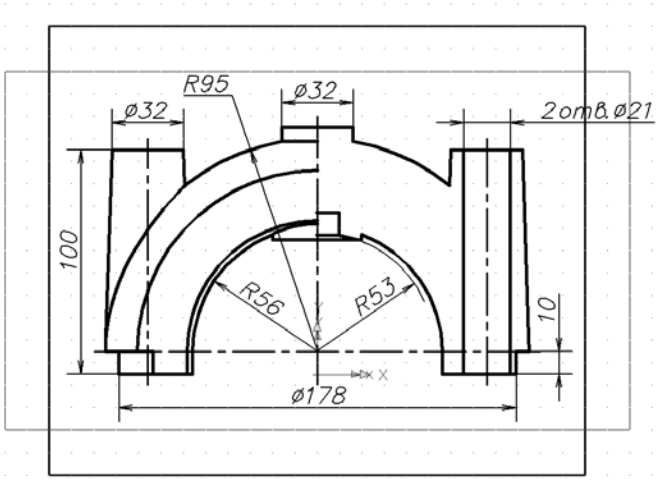


Рис. 11.19. Простановка размеров радиусов на виде спереди

Предварительно для удобства нанесения размера строят участок дуги в продолжение дуги на изображении (см. рис. 11.19). Дугу строят в режиме "центр, начало, конец" *(см. разд. 2.1)*.

1. На запрос в командной строке *Specify center point of arc* (Центр дуги) вво-

2. На запрос *Specify start point of arc* (Начальная точка дуги) включают режим постоянных объектных привязок и вводят координаты нижнего конца дуги на изображении, используя привязку **Endpoint** (Конточка).
3. На запрос в командной строке *Specify end point of arc or [Angle/]* (Конечная точка дуги или [Угол/]) открывают КМ рабочей области экрана и выбирают режим **Angle** (Угол).
4. На запрос в командной строке *Specify included angle* (Центральный угол) вводят отрицательное значение **−45**.

Используя построенную дугу, наносят размер радиуса **R53**.

Теперь на чертеже нанесены все размеры.

Для просмотра всего чертежа сначала устанавливают *режим листа*, затем увеличивают изображения для всего чертежа с помощью функции **Zoom All** (Покажи все) *(см. разд. 2.3)*. Включают слои со штриховкой **Front_s-HAT** (Спереди_р-НАТ) и **Left_s-HAT** (Слева_р-НАТ) (рис. 11.20).

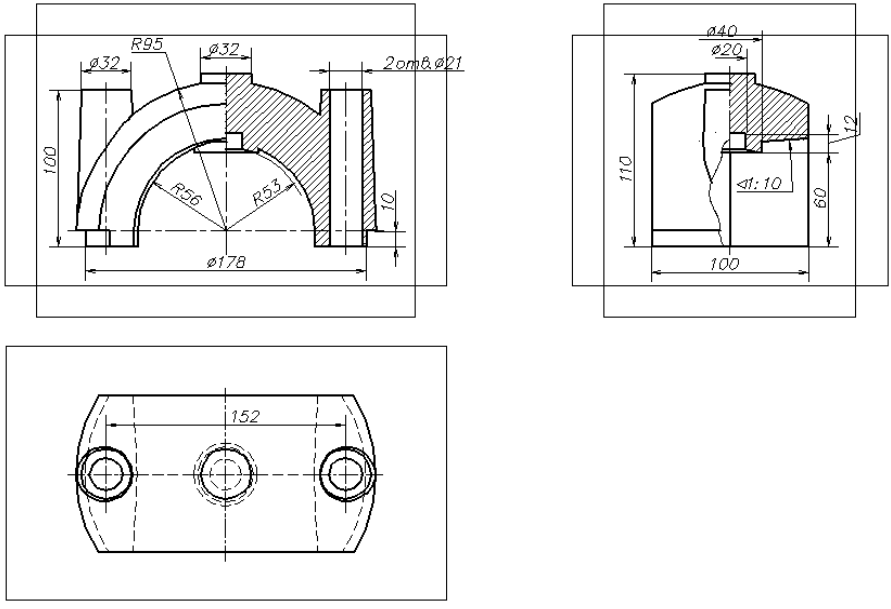


Рис. 11.20. Чертеж крышки подшипника с нанесенными размерами

11.4. Редактирование размеров на чертеже

Редактирование может относиться к изменению:

- содержания размерного текста;
- настроек параметров размерного стиля и смене текущего стиля.

Изменение положения размера

Для *изменения положения размера* удобно использовать "режим ручек", если он включен. *Ручки* — очень удобный инструмент для быстрого изменения объекта. Прицелом (указателем мыши) выбирают размер. Он выделяется подсветкой с квадратиками-ручками по умолчанию синего цвета в характерных точках размера. Затем щелчком левой кнопки мыши выбирают ручку у размерного текста — она становится красной. После этого движением мыши перемещают размер или текст в нужное положение.

Если выбрать ручки в начале выносных линий, то можно перенести размер к другому элементу изображения. Значение размерного числа автоматически изменится в соответствии с размером нового элемента изображения. Можно также перенести размерную линию в другое место, если выбрать ручки на размерной линии.

Не следует забывать о постоянных объектных привязках, которые могут привести к неправильному перемещению размера, т. е. их следует вовремя отключать.

Отменяют выделение размера после редактирования с помощью функции **Exit** (Выход) из КМ рабочей области чертежа *(см. разд. 1.1)* либо нажатием клавиши <Esc>.

Если конкретная ручка для редактирования еще не выбрана, т. е. цвет ручек синий, отменить выделение размера можно с помощью функции **Deselect All** (Отменить выбор) из КМ рабочей области чертежа либо нажатием клавиши <Esc>.

На чертеже крышки подшипника таким способом можно отредактировать цепочный размер **12** на виде и разрезе слева. Предварительно устанавливают текущим именованный вид **Left_paper** (Слева_лист). Регенерируют изображение для всех ВЭ *(см. главу 3)*. Размерное число **12** перемещают от полки выноски и устанавливают его вдоль размерной линии снаружи от верхней выносной линии. Отменяют выделение размера.

Можно также отредактировать положение выноски с размером конусности, если она заняла неудачное место на чертеже.

Для изменения положения размера и размерного текста можно использовать функцию **Dimtedit** (Редактировать размерный текст). Для этого нужно выполнить следующие действия.

1. В ПИ **Dimension** (Размеры) нажать кнопку **Dimension Text Edit**

2. На запрос в командной строке *Select Dimension* (Выберите размер) выбрать редактируемый размер.
3. На запрос в командной строке *Specify new location for dimension text or [Left/Right/Center/Home/Angle]* (Новое положение размерного текста или [вЛево/вПраво/Центр/Вернуть/Угол]) переместить размер с помощью мыши в нужное положение и щелчком левой кнопки мыши завершить редактирование.

Предложенные в квадратных скобках режимы используют для операций выравнивания размерного текста вдоль размерной линии по краям **Left** (вЛево) и **Right** (вПраво), по центру **Center** (Центр), для возврата в исходное состояние **Home** (Вернуть) или его поворота **Angle** (Угол). Режимы вводят из КМ рабочей области чертежа. Эти режимы можно задавать сразу, вводя команду **Dimtedit** (Редактировать размерный текст), при этом нужно выполнить следующие действия.

1. Выбрать пункт **Dimension** (Размеры) ⇒ **Align Text** (Размерный текст).
2. В открывшемся подменю выбрать соответствующий пункт: **Home** (Вернуть), **Angle** (Угол), **Left** (Влево), **Center** (Центр), **Right** (Вправо).

Изменение содержания размерного текста

Для *изменения содержания размерного текста* используют команду **Dimedit** (Редактирование размеров). Для этого нужно выполнить следующие действия.

1. В ПИ **Dimension** (Размеры) нажать кнопку **Dimension Edit** (Редактировать размер).
2. На запрос в командной строке *Enter type of dimension editing [Home/New/Rotate/Oblique]* (Операция редактирования размеров [Вернуть/Новый/Повернуть/Наклонить]) в КМ рабочей области чертежа выбрать пункт (режим) **New** (Новый).
3. В открывшемся ДО **Multiline Text Editor** (Редактор многострочного текста) в поле ввода текста в угловых скобках скрыт прежний размерный текст. Для полного изменения содержания размерного текста сначала удаляют угловые скобки (вместе с прежним размерным текстом) и на их месте вводят новый размерный текст. Для добавления текста перед или после угловых скобок выполняют действия, описанные в *разд. 11.2*.
4. Нажатием кнопки **OK** закрыть это ДО.
5. На запрос в командной строке *Select objects* (Выберите объекты) выбрать редактируемый размер.
6. На повторный запрос в командной строке *Select objects* (Выберите объекты) нажатием клавиши <Enter> или щелчком правой кнопки мыши на

На нашем чертеже таким способом можно отредактировать размеры радиусов **R95** и **R53** на виде спереди и фронтальном разрезе. К этим размерам добавляют символ знака "сфера".

Предварительно устанавливают именованный вид **Front_paper** (Спереди_лист), затем *режим модели (см. главу 4)*. Регенерируют изображение для всех ВЭ *(см. главу 3)*.

Для редактирования размера **R95** делают текущим ВЭ для вида и устанавливают текущий слой **Front-DIM** (Спереди-DIM).

В ДО **Multiline Text Editor** (Редактор многострочного текста) перед угловыми скобками вводят символ знака "сфера". В качестве символа можно использовать прописную букву "О" прямого шрифта. Поэтому в ДО предварительно щелкают на кнопке **I** (**Italic**), отменяя наклонный шрифт.

Для редактирования размера **R53** делают текущим ВЭ для разреза и устанавливают текущий слой **Front_s-DIM** (Спереди_р-DIM). Затем выполняют аналогичную операцию.

Предложенные в квадратных скобках другие режимы команды **Dimedit** (Редактировать размер) — **Home** (Вернуть), **Rotate** (Повернуть) — предназначены для операций возврата в исходное состояние по аналогии с режимами **Home** (Вернуть) и **Angle** (Угол) предыдущей команды **Dimtedit** (Редактировать размерный текст). Режим **Oblique** (Наклонить) используют для параллельного наклона выносных линий. Режимы вводят из КМ рабочей области чертежа. Первый и последний из указанных режимов можно задавать сразу, для этого нужно:

- выбрать пункт **Dimtedit** (Редактировать размерный текст) ⇒ **Dimension** (Размеры) ⇒ **Oblique** (Наклонить)

либо

- выбрать пункт **Dimension** (Размеры) ⇒ **Align Text** (Размерный текст) ⇒ **Home** (Вернуть).

Изменение настроек параметров размерного стиля

При *изменении настроек параметров размерного стиля* для уже нанесенных размеров или при желании изменить стиль размера обновляют эти размеры с помощью двух действий.

1. Выбрать пункт **Dimension** (Размеры) ⇒ **Update** (Обновить) (можно использовать кнопку **Dimension Update** (Обновить размеры) из ПИ **Dimension** (Размеры)).
2. На запрос в командной строке *Select objects* (Выберите объекты) выбрать редактируемые размеры. Завершить выбор пустым ответом.

Напомним, что при выборе нового размерного стиля при наличии его варианта с ветвью **<style overrides>** (<переопределения>) откроется ДО **Dimension Style** (Размерные стили) с предложением не сохранять в текущем стиле его временные настройки. В нем следует нажать кнопку **OK**, иначе все размеры, использующие этот стиль, изменятся в соответствии с последними настройками.

Для *смены стиля размерного текста и его содержания* удобно использовать функцию **Properties** (Свойства) *(см. разд. 2.2)*. Можно предварительно выбрать объекты, а затем вызвать функцию.

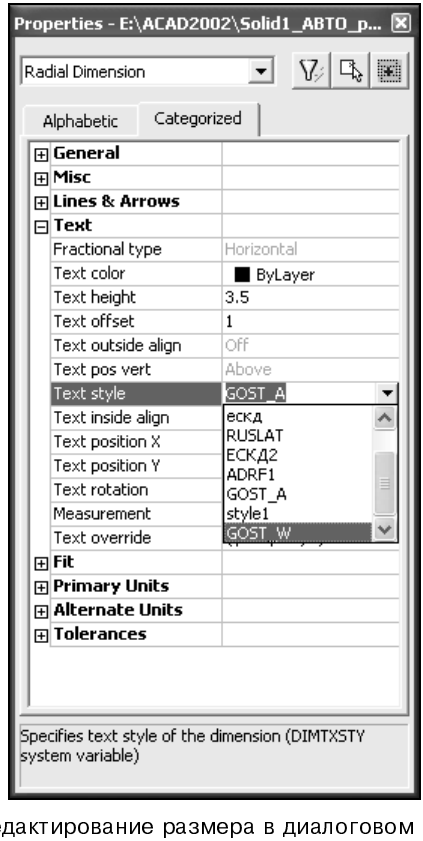


Рис. 11.21. Редактирование размера в диалоговом окне **Properties**

В ДО **Properties** (Свойства) в верхнем поле списка по умолчанию предложено **No selection** (Не выбрано). Выбирают редактируемый размер, после чего в верхнем поле списка появляется название размера, например **Radial Dimension** (Радиальный) (рис. 11.21). После этого нужно выполнить следующие действия.

1. Перейти на вкладку **Categorized** (Категория), где представлен список всех

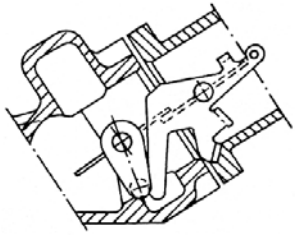
2. Щелчком на значке "плюс" слева от пункта с наименованием категории, например **Text style** (Стиль текста), развернуть список с режимами настроек (значок "плюс" меняется на "минус").
3. Выделить нужный пункт, например **Text style** (Стиль текста), а затем щелчком в поле ввода (справа от пункта) раскрыть список стилей и выбрать нужный параметр или ввести новое значение вместо прежнего (см. рис. 11.21).
4. Если щелкнуть на рабочей области чертежа, то результат изменения сразу отобразится на выделенном размере. Можно продолжить изменение других параметров размера.

   Отменив выделение данного размера *(см. разд. 11.4)* и выделив другой размер, редактируют его таким же образом.
5. После завершения редактирования размеров щелчком на кнопке **Close** (Закрыть) (кнопка с крестиком) закрыть окно **Properties** (Свойства).

После редактирования размеров снова устанавливают *режим листа*.

Устанавливают увеличение изображения для всего чертежа с помощью функции **Zoom All** (Показать все). Отключают отображение координатной сетки. Затем замораживают слой **VPORTS** для удаления отображения границ всех созданных видовых экранов.

Сохраняют чертеж и выводят изображение на принтер (см. рис. П1.8).



Часть IV

Создание реалистичного изображения

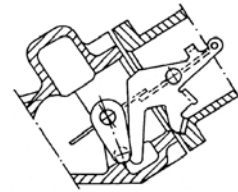
Глава 12. Тонирование изображений

Создание реалистичных трехмерных изображений помогает лучше представить окончательный вид разработанной детали. В полигональной и твердотельной моделях, изображенных без удаления скрытых линий, трудно понять форму как самой детали, так и отверстий, выполненных в ней. Изображения с подавлением скрытых линий выглядят более реалистично, поскольку при этом становятся невидимыми линии, представляющие задние ее части. Наиболее же наглядными являются раскрашенные и тонированные изображения.

Самый простой вид изображений — это изображения с подавлением линий невидимого контура. В процессе раскрашивания для каждой поверхности тела задается определенный цвет. При тонировании поверхностям присваиваются различные материалы со всеми присущими им свойствами и задается освещение объекта.

Для решения вопроса о типе создаваемого изображения следует руководствоваться такими его факторами, как требуемое качество и затрачиваемое время. Если требуется проверить созданную модель на правильность, вполне достаточно просто скрыть невидимые линии или применить раскрашивание.

Глава 12



Тонирование изображений

После создания трехмерной модели можно приступать к ее тонированию. Под процессом тонирования подразумевается создание реалистического изображения трехмерных (пространственных) объектов с учетом светотени. В AutoCAD предлагаются два варианта создания светотеневых эффектов.

- Первый вариант представляет собой простое тонирование (раскрашивание) и простую светотень. Он реализуется с помощью ряда функций подменю **Shade** (Раскрашивание) меню **View** (Вид).
- Второй вариант заключается в полнофункциональном механизме тонирования, подразумевающем определение материалов для поверхностей трехмерных объектов, создание осветителей для освещения модели, выбор точки зрения для определения наилучшего вида и последующую обработку сцены в целях придания ей фотореалистичного изображения. Этот вариант реализуется с помощью ряда функций подменю **Render** (Тонирование) меню **View** (Вид) или одноименной команды.

Раскрашивание позволяет быстро получить светотеневое представление пространственных объектов.

Полнофункциональный механизм тонирования позволяет получать различные результаты — от простых затененных моделей до фотореалистичных изображений. AutoCAD поддерживает три различных типа полнофункциональных режимов тонирования:

- упрощенное (Render);
- фотореалистичное (Photo Real);
- метод трассировки лучей (Photo Raytrace).

В *упрощенном* тонировании можно назначать отделки поверхностям и добавлять в сцену любой из трех осветителей, но без создания теней. В *фотореалистичном* тонировании добавлена возможность создания отбрасываемых теней и использования растровых изображений в качестве отделок. *Метод трассировки лучей* позволяет получать наиболее реалистичное изображение. В нем добавлена возможность генерации отражений, создания эффектов преломления и правдоподобных детальных теней. Но для повышения степени реализма

Тонирование изображений — процесс творческий, в связи с чем в данном разделе рассматриваются базовые понятия о тонировании и используемых инструментах, представленных в AutoCAD. Другие улучшенные возможности создания реалистических изображений предстоит исследовать дополнительно.

12.1. Простое светотеневое представление объектов

Трехмерное изображение в *пространстве модели* на текущем видовом экране имеет вид прозрачного проволочного каркаса. При этом рисуются все линии, включая невидимые (скрытые). При выполнении удаления скрытых линий и тонирования считается, что все фигуры, сегменты полилиний, трехмерные грани и выдавленные края примитивов являются непрозрачными поверхностями, скрывающими объекты, лежащие за ними.

В полигональной модели число граней определяется значениями системных переменных **SURFTAB1** и **SURFTAB2** *(см. разд. 2.1)*.

В твердотельной модели поверхность тела, изображенная в виде каркаса, аппроксимируется ребрами граней и образующими линиями искривленных поверхностей. Количество образующих линий, отображаемых на искривленных поверхностях, задается значением переменной **ISOLINES** в момент создания объектов *(см. главу 6)*. При выполнении операции подавления скрытых линий AutoCAD генерирует представление твердотельных объектов в виде сети. Управляет этим процессом системная переменная **DISPSILH**. Если значение переменной равно нулю, то объект с удаленными линиями отображается в виде сети (рис. 12.1), если единице — то генерация сети подавляется и отображается только силуэт модели со скрытыми линиями (рис. 12.2).

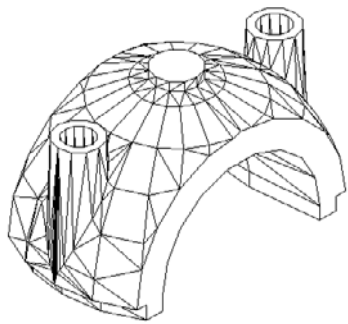


Рис. 12.1. Отображение модели в виде сети

Рассмотрим простое тонирование на примере чертежей, созданных в *частях I* и *II*.

поэтому для работы открывают сразу два файла. Для полигональной модели открывают файл **Model1** (Модель1), а для твердотельной модели — **Solid1** (Тело1) с изображением объекта в пространстве неперекрывающихся ВЭ (пространстве модели).

Переключаясь между окнами файлов, параллельно выполняют последующие действия. Для переключения нужно:

- выбрать пункт **Window** (Окно) ⇒ **1 Model1.dwg** — файл полигональной модели

или

- выбрать пункт **Window** (Окно) ⇒ **2 Solid1.dwg** — файл твердотельной модели.

В окнах для обоих файлов устанавливают текущим правый нижний ВЭ с изометрическим изображением модели и делают его единственным *(см. главу 3)*.

Простое тонирование реализуется с помощью ряда функций подменю **Shade** (Раскрашивание) меню **View** (Вид). В нем предложено семь функций. Для удобства работы открывают панель инструментов **Shade** (Раскрашивание) (рис. 12.3) с помощью одноименной функции из КМ любой из открытых ПИ. Перемещают панель в удобное для работы место. Кнопками на ней представлены все функции из подменю **Shade** (Раскрашивание) меню **View** (Вид). Для полученных изображений выполняют все функции.

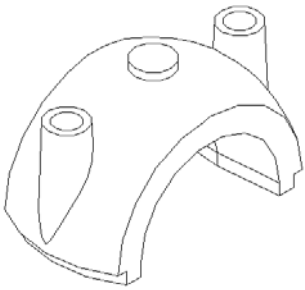


Рис. 12.2. Отображение модели в виде силуэта

Рис. 12.3. Панель инструментов **Shade**

Первые две функции предназначены для переключения между двумя режимами представления объекта. Отметим, что в AutoCAD, начиная с версии 2000, реализуются два таких режима представления:

- **2D Wireframe** (2М каркас) — режим двумерного каркаса является более экономичным. Он служит для создания моделей и получения простых непрозрачных изображений с удаленными скрытыми линиями

- **3D Wireframe** (3М каркас) — режим трехмерного каркаса служит для более наглядного и динамичного представления модели в пространстве.

Отличительной особенностью режимов является форма представления знака ПСК *(см. разд. 1.4)*. Для режима двумерного каркаса знак ПСК представлен в форме двух стрелок (в AutoCAD 2000), показывающих направление осей координат X и Y в плоскости построений XY текущей ПСК, и трех серых стрелок для AutoCAD 2002, показывающих направление всех осей координат. Для режима трехмерного каркаса знак ПСК представлен в форме трехцветных стрелок, показывающих направление всех осей координат текущей ПСК (рис. 12.4).

Рис. 12.4. Форма знака ПСК в двумерном и трехмерном режимах

Выполнение функций **2D Wireframe** (2М каркас) и **3D Wireframe** (3М каркас) приводит к переключению между этими двумя режимами представления объекта.

Последующие пять функций предназначены для непрозрачного (некаркасного) представления объекта в режиме трехмерного каркаса. Выполнение этих функций автоматически включает данный режим.

Функция **Hidden** (Скрытие линий) выполняет отображение объектов по аналогии с функцией **Hidden** (Скрыть линии) в режиме двумерного каркаса *(см. главу 3)*. Для полигональной модели, состоящей из поверхностей, эта функция учитывает не только закрытие линий каркаса и ребер сетевой поверхности, но и непрозрачность отдельных граней поверхности. Такое отображение объекта более реалистично, чем при простом удалении скрытых линий. Для твердотельных объектов эта функция выполняет удаление скрытых линий аналогично режиму двумерного каркаса.

Отметим, что в режиме трехмерного каркаса регенерация изображения не восстанавливает каркасное (прозрачное) изображение модели, как в режиме двумерного каркаса *(см. главу 3)*. Возврат в исходное каркасное (прозрачное) представление изображения модели осуществляют с помощью функций **3D Wireframe** (3М каркас) и **2D Wireframe** (2М каркас). Последняя из них

Последующие четыре функции предназначены для представления объекта с оттенениями. При тонировании поверхностей и твердых тел поверхность объекта окрашивается в его цвет. При этом считается, что источник света расположен сзади от пользователя (над его левым плечом); кроме того присутствует некоторое количество рассеянного света.

Функция **Flat Shaded** (Плоское) дает простое светотеневое представление объекта. Светотеневой переход осуществлен по граням сети без сглаживания перехода (рис. 12.5, 12.9).

Функция **Gouraud Shaded** (По Гуро) дает простое светотеневое представление объекта со сглаживанием перехода между гранями. Следует отметить, что для полигональных моделей сглаживание происходит между всеми поверхностями, поэтому модель приобретает округлую форму (рис. 12.6, 12.10).

Функции **Flat Shaded, Edges On** (Плоское, с кромками) (рис. 12.7, 12.11) и **Gouraud Shaded, Edges On** (По Гуро, с кромками) (рис. 12.8, 12.12) добавляют к предыдущим изображениям отображения линий каркаса и ребер граней сетевой поверхности цветом фона.

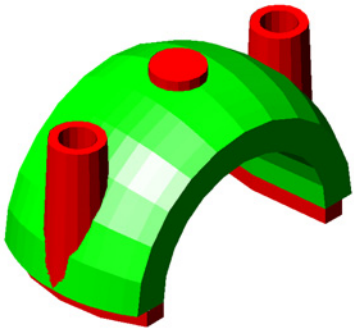


Рис. 12.5. Функция **Flat Shaded**

Рис. 12.6. Функция **Gouraud Shaded**

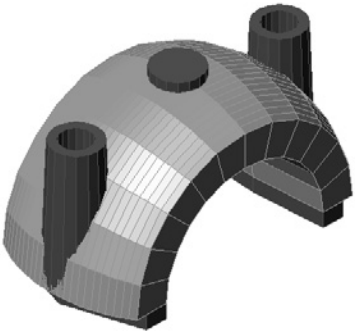


Рис. 12.7. Функция **Flat Shaded,**

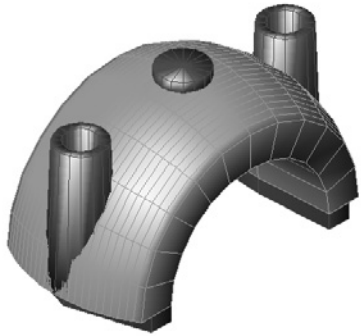


Рис. 12.8. Функция **Gouraud Shaded,**

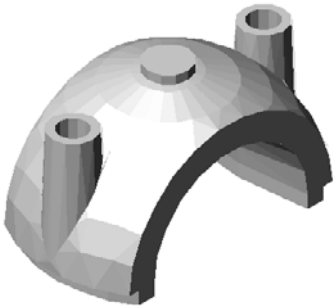


Рис. 12.9. Функция **Flat Shaded**

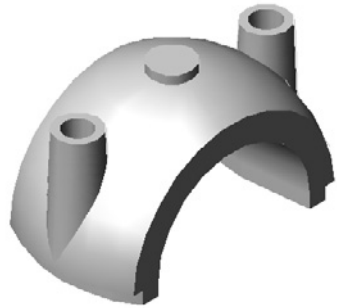


Рис. 12.10. Функция **Gouraud Shaded**

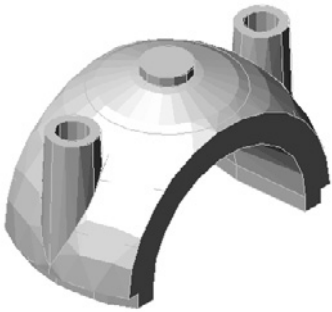


Рис. 12.11. Функция **Flat Shaded, Edges On**

Рис. 12.12. Функция **Gouraud Shaded, Edges On**

Отмечают, что функция **Gouraud Shaded** (По Гуро) (см. рис. 12.6, 12.10) дает наиболее реалистичное представление об объекте, хотя и не учитывает реальную световую обстановку и свойства поверхности объекта.

Следует отметить, что в AutoCAD, начиная с версии 2000, с оттененными объектами можно осуществлять различные действия: их можно перемещать, копировать, увеличивать (уменьшать) и т. д. Поэтому не требуется возвращения к каркасному (прозрачному) изображению.

12.2. Выбор точки зрения в процессе тонирования

Для задания различных направлений взгляда, называемых точками зрения, используют функции подменю **3D Views** (3М виды) меню **View** (Вид) *(см. разд. 1.3)*.

В прежних версиях AutoCAD предлагалась функция **3D Dinamic View**

В версиях AutoCAD от 2000 и выше предложена функция **3D Orbit** (3М Орбита), работающая с оттененными изображениями и с изображениями с удаленными скрытыми линиями. Эта функция обладает большими возможностями в управлении отображением пространственных объектов.

Перед работой с функцией можно объект оттенить, а можно начинать работать с каркасной моделью, т. к. придать оттенки модели можно в процессе работы с функцией. Также можно предварительно выбрать объекты для просмотра. Если этого не сделать, то функция будет работать со всеми объектами.

Вызов функции:

- выбрать пункт **View** (Вид) ⇒ **3D Orbit** (3М Орбита) (можно использовать кнопку **3D Orbit** (3М Орбита) ПИ **Standard** (Стандартная)).

В нашем примере для большей наглядности работы с функцией выполним сначала простое тонирование твердотельной модели (файл **Solid1** (Тело1)) функцией **Gouraud Shaded** (По Гуро).

После ввода функции **3D Orbit** (3М Орбита) автоматически устанавливается режим трехмерного каркаса. На экране появляется орбитальное кольцо, которое служит для динамического задания различных точек зрения на объект (рис. 12.13).

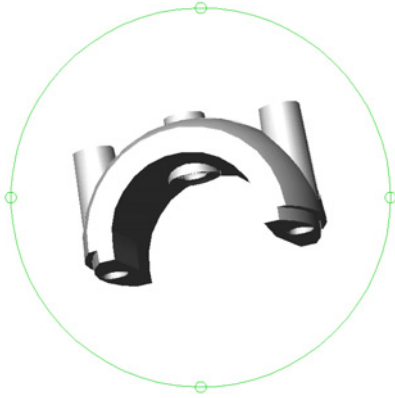


Рис. 12.13. Орбитальное кольцо функции **3D Orbit**

В зависимости от начального положения указателя мыши производятся разные действия с объектами на экране перемещением мыши с нажатой левой кнопкой. Во время перемещения объекты заменяются изображениями их габаритных прямоугольников.

При начальном положении указателя мыши внутри орбитального кольца осуществляют произвольное вращение объекта во всех направлениях с од-

Если указатель мыши находится вне орбитального кольца, осуществляют вращение объекта вокруг линии визирования, т. е. линии, совпадающей с направлением взгляда и перпендикулярной плоскости экрана.

При положении указателя мыши внутри верхнего или нижнего кругового маркера на орбитальном кольце осуществляют вращение объекта вокруг горизонтальной оси, расположенной в плоскости кольца и проходящей через его центр, с одновременным перемещением объекта по вертикали.

При начальном положении указателя мыши внутри левого или правого кругового маркера на орбитальном кольце осуществляют вращение объекта относительно вертикальной оси, расположенной в плоскости кольца и проходящей через его центр, с одновременным его перемещением по горизонтали.

У функции **3D Orbit** (3М Орбита) имеется много режимов работы, выбор и ввод которых осуществляют в КМ рабочей области чертежа. Включенный режим отмечен в меню флажком (галочкой). Рассмотрим эти режимы:

- **Reset View** (Выход) — позволяет после любого количества выполненных действий вернуться к исходному изображению;
- **Pan** (Панорамирование) и **Zoom** (Зумирование) — позволяют перемещать объект и увеличивать (уменьшать) изображение в режиме реального времени *(см. главу 5)*;
- **3D Orbit** (Орбита) — возвращает режим "орбита";
- **Projection** (Проекция) — открывает подменю с режимами отображения объектов в параллельной **Parallel** (Параллельная) или перспективной **Perspective** (Перспективная) проекциях;
- **Shading Modes** (Раскрашивание) — открывает подменю с режимами оттенения объектов аналогичными рассмотренным выше функциям простого тонирования;
- **Visual Aids** (Средства визуализации) — открывает подменю с режимами включения (отключения) отображения на экране знака ПСК **UCS Icon** (Знак ПСК), координатной сетки **Grid** (Сетка), компаса в форме проекций кругов в плоскостях осей координат **Compass** (Компас) (рис. 12.14);
- **Preset Views** (Стандартные виды) — открывает подменю с режимами для установки типовых направлений взгляда на объекты *(см. разд. 1.3)*;
- **Saved Views** (Восстановить вид) — открывает подменю с режимами для установки ранее созданных именованных видов *(см. разд. 10.2)*. Этот пункт может отсутствовать, если именованные виды не создавались;
- **More** (Другие опции) — открывает подменю с дополнительными режимами работы с функцией. Рассмотрим эти режимы:
  - **Adjust Distance** (Регулировка расстояния) — позволяет перемещать объект, удаляя или приближая его;

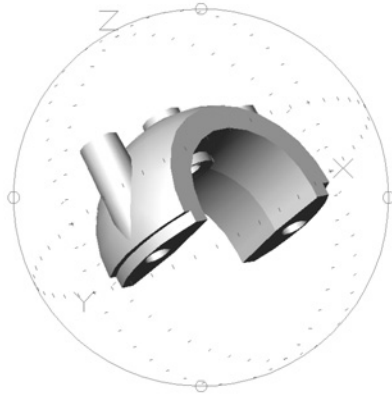


Рис. 12.14. Функция "компас" **Compass** в форме проекций кругов в плоскостях осей координат

- **Swivel Camera** (Повернуть камеру) — позволяет произвольно перемещать объект по фронту с одновременным его поворотом;
- **Continuous Orbit** (Вращение по орбите) — позволяет создать эффект анимации вращения объекта в продолжение к начальному заданному повороту;
- **Zoom Window** (Показать рамкой) — позволяет увеличить изображение в пределах области, задаваемой курсором-рамкой *(см. разд. 2.3)*;
- **Zoom Extents** (Показать в границах) — позволяет увеличить изображение на весь экран всего выделенного объекта или всех объектов;

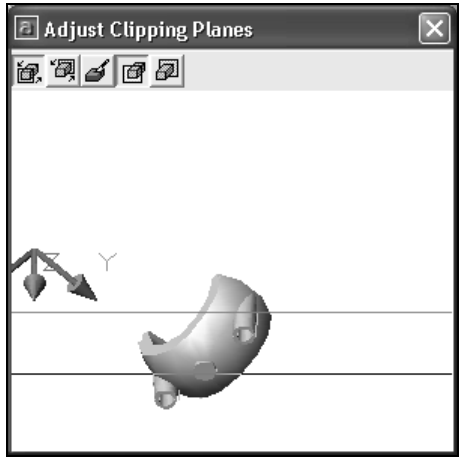


Рис. 12.15. Диалоговое окно **Adjust Clipping Planes**

- **Adjust Clipping Planes** (Регулировка секущих плоскостей) — позволяет выполнить срезы на объекте одной или двумя плоскостями, параллельными плоскости экрана. При этом открывается одноименное окно для управления операцией (рис. 12.15). На ПИ этого окна представлены пять кнопок для задания режимов операции:

  Adjust Front Clipping (Регулировка передней секущей плоскости) — переключает режим на выполнение среза передней секущей плоскостью;

  Adjust Back Clipping (Регулировка задней секущей плоскости) — переключает режим на выполнение среза задней секущей плоскостью;

  Create Slice (Создать срез) — переключает режим на выполнение среза обеими секущими плоскостями;

  Front Clipping On/Off (Вкл/откл переднюю секущую плоскость) — включает/отключает переднюю секущую плоскость;

  Back Clipping On/Off (Вкл/откл заднюю секущую плоскость) — включает/отключает заднюю секущую плоскость.

При отключении секущих плоскостей восстанавливается нерассеченное ими изображение объектов.

В этом окне (см. рис. 12.15) изображен объект. Поперек окна горизонтально проведена линия следа секущей плоскости. При перемещении указателя мыши по этому окну при нажатой левой кнопке мыши горизонтальная линия распадается на две: черная принадлежит следу передней секущей плоскости, а зеленая — следу задней секущей плоскости. В зависимости от включенного на ПИ режима перемещается линия передней, задней или обеих секущих плоскостей.

Результат рассечения сразу отображается на экране, если включены режимы. На рис. 12.16 показано рассечение модели передней секущей плоскостью при включенном режиме **Front Clipping On/Off** (Вкл/откл переднюю секущую плоскость).

- Режимы **Front Clipping On/Off** (Вкл/откл переднюю секущую плоскость) и **Back Clipping On/Off** (Вкл/откл заднюю секущую плоскость) аналогичны одноименным кнопкам ПИ в окне **Adjust Clipping Planes** (Регулировка секущих плоскостей).

Завершают функцию **3D Orbit** (3М Орбита) выбором функции **Exit** (Выход) из КМ.

С помощью функции **3D Orbit** (3М Орбита) из КМ любой из открытых ПИ открывают панель инструментов **3D Orbit** (3М Орбита) (рис. 12.17) и пере-

Рис. 12.16. Результат рассечения модели передней секущей плоскостью

Рис. 12.17. Панель инструментов **3D Orbit**

На этой ПИ кнопками представлены основные режимы из подменю функции **3D Orbit** (3М Орбита).

12.3. Полнофункциональное тонирование изображения и вывод его на печать

Полнофункциональное тонирование реализуется с помощью ряда функций подменю **Render** (Тонирование) меню **View** (Вид). Можно использовать ПИ **Render** (Тонирование) (рис. 12.18), которую открывают с помощью функции **Render** (Тонирование) из КМ любой из открытых ПИ. На этой панели кнопками представлены все функции из меню для тонирования, поэтому она рекомендуется для работы.

Рис. 12.18. Панель инструментов **Render**

Перед тем как приступить непосредственно к тонированию, необходимо осуществить настройку его режимов. Для этого нужно выполнить следующие действия.

1. Выбрать пункт **View** (Вид) ⇒ **Render** (Тонирование) ⇒ **Preferences** (Настройка) (можно использовать кнопку **Render Preferences** (Режимы тонирования) из ПИ **Render** (Тонирование)). Откроется ДО **Rendering Preferences** (Режимы тонирования) (рис. 12.19).

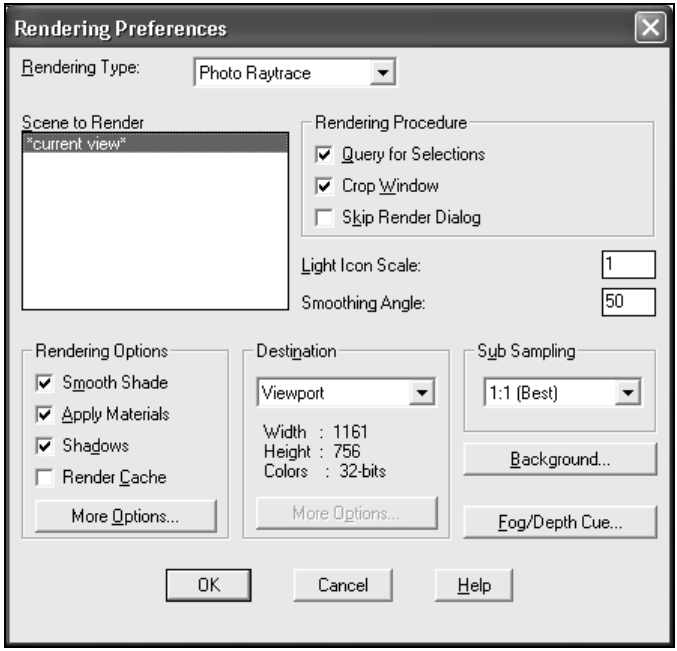


Рис. 12.19. Диалоговое окно **Rendering Preferences**

2. В списке **Rendering Type** (Тип тонирования) щелчком левой кнопки мыши выбрать пункт **Photo Raytrace** (Трассировка луча) — рендеринг с трассировкой лучей для генерации отражений, рефракции и более точных теней. Это наилучший тип тонирования. Пункт **Photo Real** (Фотореалистичное) обеспечивает растровое тонирование с учетом прозрачности материалов, объемности и текстурирования теней. Пункт **Render** (Упрощенное) обеспечивает быстрое растровое тонирование.
3. В области **Rendering Options** (Параметры тонирования) установить флажки режимов тонирования:
   - **Smooth Shade** (Плавное) — для обеспечения плавного перехода свето-

- **Apply Materialls** (С материалами) — для учета настройки отделок поверхностей *(см. следующий раздел)*;
- **Shadows** (С тенями) — только для типов тонирования **Photo Real** (Фотореалистичное) и **Photo Raytrace** (Трассировка луча).

Примечание

При первом тонировании объектов создается временный кэш-файл, в который записывается информация о тонировании. Флажок **Render Cache** (Кэширование) устанавливают в случае использования кэш-файла, что позволяет ускорить процесс повторного тонирования.

4. Щелчком на кнопке **More Options** (Дополнительно) открыть ДО **Photo Raytrace Render Options** (Параметры тонирования методом трассировки луча) (рис. 12.20). Эта кнопка также открывает специальные диалоговые окна для типов тонирования **Photo Real** (Параметры фотореалистичного тонирования) и **Render** (Параметры упрощенного тонирования), в которых задается меньшее количество параметров.

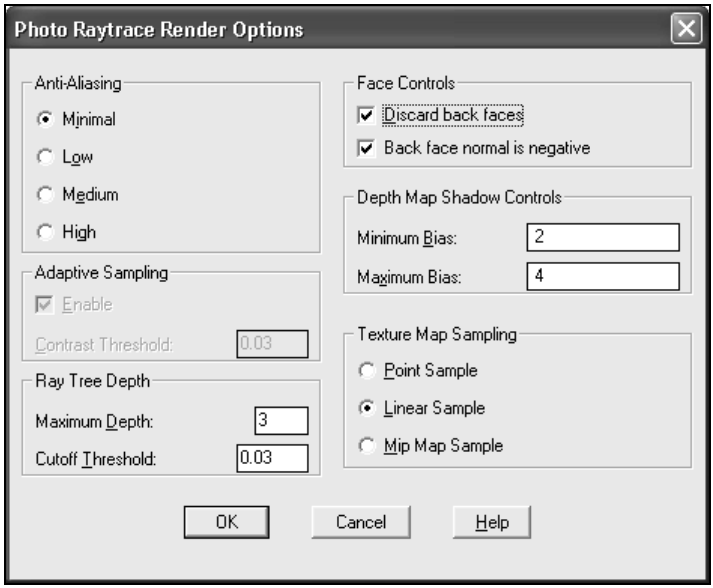


Рис. 12.20. Диалоговое окно **Photo Raytrace Render Options**

5. В области **Face Controls** (Управление гранями) устанавливают флажки:
   - **Back face normal is negative** (Нормаль к задней грани отрицательна) — для учета влияния на тонирование отрицательного наклона задних граней поверхностей;

- **Discard back faces** (Без задних граней) — для удаления с изображения невидимых граней поверхностей с целью сокращения времени тонирования.

6. Нажатием кнопки **OK** возвратиться в ДО **Rendering Preferences** (Режимы тонирования) (см. рис. 12.19).
7. В списке **Sub Sampling** (Проба) оставить вариант коэффициента **1:1 (Best)**. При выполнении пробного тонирования можно уменьшить время на процедуру без потери эффектов освещения, задав коэффициент **3:1**.
8. В поле ввода **Smoothing Angle** (Угол сглаживания:) задать угол, равный, например, **50**. Угол меньше 45° задает разделение границ поверхностей, больше 45° — сглаживание границ.
9. В списке **Destination** (Вывод) выбрать пункт **Viewport** (Видовой экран) для вывода изображения на текущий ВЭ по месту расположения модели. Пункт **Render Window** (Окно) позволяет выводить изображения в отдельном окне **Render** (Тонирование). Пункт **File** (Файл) позволяет записать тонированное изображение в файл. Последние два режима будут рассмотрены в дальнейшем.
10. В ДО **Rendering Preferences** (Режимы тонирования) (см. рис. 12.19) можно при желании задать задний план и цвет фона изображения с помощью кнопок **Background** (Фон) и **Fog/Depth Cue** (Туман / Затемнение).
11. В области **Rendering Procedure** (Процедура тонирования) устанавливают флажки следующих режимов:
    - **Query for Selections** (Выбирать объекты) — для возможности выбора объектов перед тонированием в ответ на запрос в командной строке *Select objects* (Выберите объекты). Тонироваться будут только выбранные объекты;
    - **Crop Window** (Задать область тонирования) — для возможности выбора рамкой части экрана, подлежащей тонированию, в ответ на запрос в командной строке *Pick crop window to render* (Выберите рамкой); выполняется только для тонирования на **Viewport** (Видовой экран);
    - **Skip Render Dialog** (Без диалога) — будет рассмотрен при выполнении тонирования.
12. Нажатием кнопки **OK** закрыть ДО **Rendering Preferences** (Режимы тонирования), завершая настройку режимов.

По завершении настройки режимов запускают сам процесс тонирования. Для этого нужно выполнить следующие действия.

1. Выбрать пункт **View** (Вид) ⇒ **Render** (Тонирование) ⇒ **Render** (Тонировать) (можно использовать кнопку **Render** (Тонировать) из ПИ

По умолчанию открывается диалоговое окно **Render** (Тонирование), полностью идентичное рассмотренному ранее ДО **Rendering Preferences** (Режимы тонирования), только функцию кнопки **OK** выполняет кнопка **Render** (Тонирование), которая запускает процесс тонирования. Однако если в области **Rendering Procedure** (Процедура тонирования) установить режим **Skip Render Dialog** (Без диалога), то процесс тонирования объектов произойдет без открытия диалогового окна.

Устанавливают этот режим и щелкают на кнопке **Render** (Тонирование).

2. На запрос в командной строке *Pick crop window to render* (Выберите рамкой) выбирают рамкой область на экране, подлежащую тонированию.
3. На последующий запрос о выборе объектов указывают прицелом на модель.

   На экране отобразится результат тонирования (рис. 12.21). Возврат к обычному каркасному изображению объекта осуществляют с помощью очистки или регенерации экрана *(см. главу 3)*.

Отметим, что при работе с тонированием автоматически создается слой **ASHADE**.

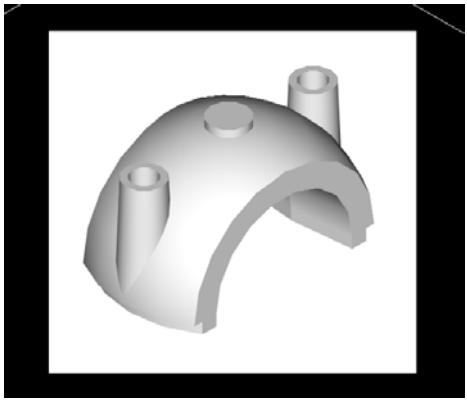


Рис. 12.21. Вывод тонированного изображения на текущий ВЭ

Для сравнения различных вариантов результатов тонирования используют вывод изображения в отдельное окно тонирования. Для этого в ДО **Rendering Preferences** (Режимы тонирования) в области **Destination** (Вывод) в списке выбирают пункт **Render Window** (Окно) (рис. 12.22). Закрывают окно нажатием кнопки **OK**.

Теперь результат тонирования будет отображаться в специальном окне **Render**, которое автоматически открывается при первом выполнении любой из функций тонирования и остается все время открытым. Появление этого окна отображается на Панели задач в виде кнопки открытого приложения

задач на кнопке открытого приложения **AutoCAD**. Переход к окну **Render** осуществляют также с помощью Панели задач. Оставляют окно открытым.

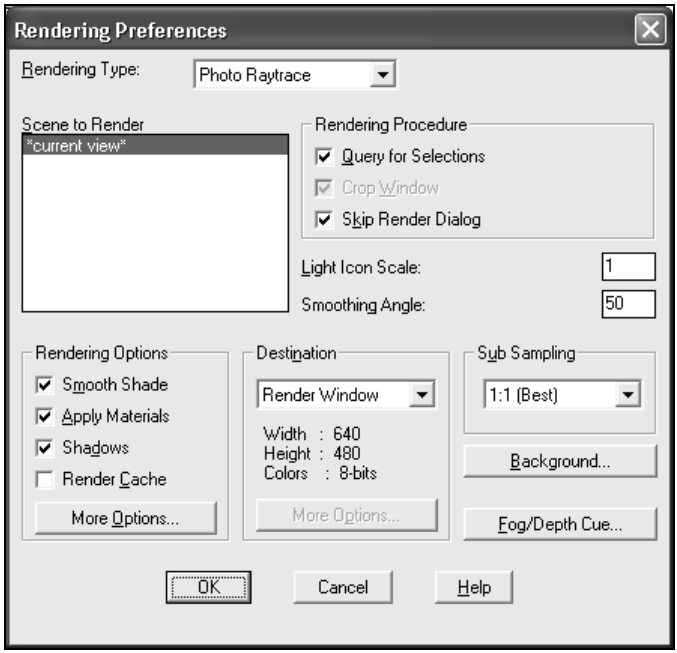


Рис. 12.22. Диалоговое окно **Rendering Preferences**

В окне тонирования можно одновременно открыть несколько внутренних окон с результатами тонирования. Для этого следует в окне **Render** в меню **Window** (Окно) отключить режим **Reuse Window** (Использовать повторно), сняв флажок слева от функции с помощью повторного выбора этой функции. Иначе каждое следующее тонирование будет замещать результаты предыдущего тонирования.

Выполняют первое тонирование в окно **Render**, после чего оно становится активным (текущим) и в нем отображается результат тонирования (рис. 12.23).

Возвращаются в окно ACAD и изменяют один из режимов тонирования. В ДО **Rendering Preferences** (Режимы тонирования) в области **Rendering Options** (Параметры тонирования) снимают флажок **Smooth Shade** (Плавное). Выполняют второе тонирование в окне **Render**. Во втором внутреннем окне отобразится его результат.

Для переключения между двумя внутренними окнами с результатами тонирования нужно выполнить следующие действия:

- выбрать пункт **Window** (Окно) ⇒ **1 Solid1.dwg - 1** — для перехода в первое

- выбрать пункт **Window** (Окно) ⇒ **2 Solid1.dwg - 2** — для перехода во второе окно тонирования.

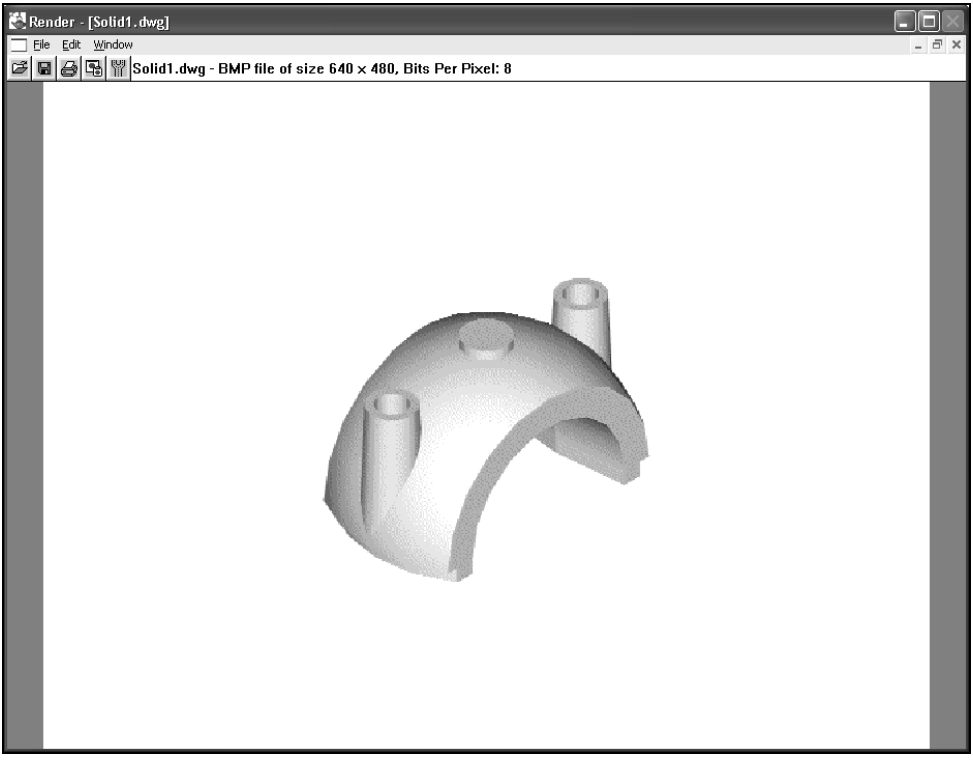


Рис. 12.23. Вывод тонированного изображения в окно **Render**

Для одновременного просмотра результатов тонирования в двух внутренних окнах:

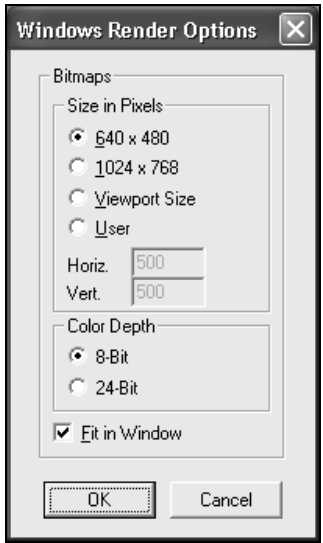
- выбрать пункт **Window** (Окно) ⇒ **Tile** (Мозаика).

В нашем примере (рис. 12.24) наглядно видно отличие плавного и неплавного тонирования.

В окне тонирования **Render** можно задавать параметры качества изображения, для этого нужно выполнить следующие действия.

1. Выбрать пункт **File** (Файл) ⇒ **Options** (Параметры).
2. В открывшемся ДО **Windows Render Options** (Параметры окна тонирования Windows) (рис. 12.25) задать разные режимы разрешения изображения (**640** × **480** или **1024** × **768**) или глубину цветности (**8-Bit; 24-Bit**).

Рис. 12.24. Отображение результатов тонирования в двух внутренних окнах **Render**



Ненужные изображения в окне **Render** удаляют, закрывая внутренние окна щелчком на кнопках **Close** (Закрыть) в их заголовках.

В заголовке самого окна тонирования **Render** нет кнопки **Close** (Закрыть) (она недоступна). Для его закрытия следует выгрузить из AutoCAD программу приложения тонирования. Для этого нужно выполнить следующие действия.

1. Выбрать пункт **Tools** (Сервис) ⇒ **Load Application** (Приложения). Откроется ДО **Load/Unload Applications** (Загрузка/выгрузка приложений).
2. В нижней части ДО, в списке вкладки **Loaded Applications** (Загруженные приложения) (рис. 12.26) выбрать пункт **AcRender.arx**.
3. Нажатием кнопки **Unload** (Выгрузить) выгрузить приложение.
4. Нажатием кнопки **Close** (Закрыть) завершить диалог.

В результате с Панели задач исчезнет кнопка открытого приложения **Render**.

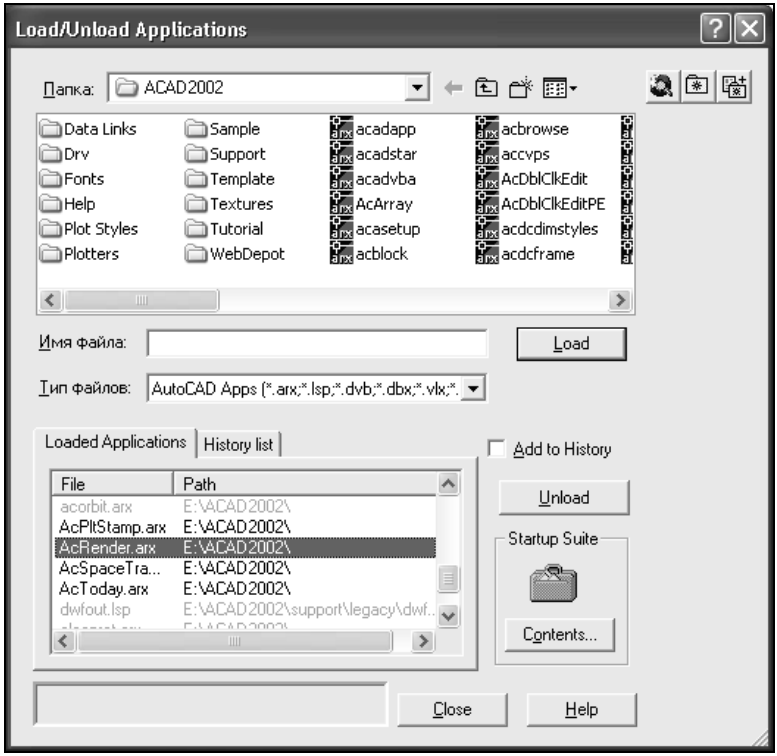


Рис. 12.26. Диалоговое окно **Load/Unload Applications**

Для сохранения тонированного изображения с целью его дальнейшего ис-

Preferences (Режимы тонирования) в области **Destination** (Вывод) в списке выбирают пункт **File** (Файл).

Для настройки параметров записи изображения в файл нужно выполнить следующие действия.

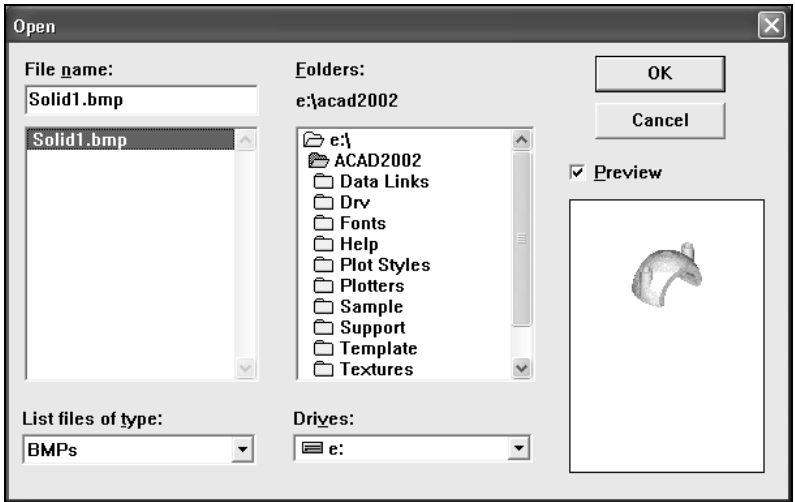
1. В ДО **Rendering Preferences** (Режимы тонирования) щелкнуть на кнопке **More Options** (Дополнительно) в области **Destination** (Вывод).
2. В открывшемся ДО **File Output Configuration** (Параметры вывода в файлы) в раскрывающихся списках **File Type** (Типы файлов) выбрать формат записи, например **BMP**, и разрешающую способность, с которой нужно выполнить тонирование, например **1024** × **768**. В области **Colors** (Цвета) задать глубину цветности, например **8 bits** (**256 Color**) (8 бит (256 цветов)).
3. Нажатием кнопки **OK** завершить диалог.

Нажатием кнопки **OK** закрывают ДО **Rendering Preferences** (Режимы тонирования).

После настройки параметров выполняют функцию тонирования. Открывается ДО **Rendering File** (Файл тонирования) (**Windows BMP 1024** × **768:8**), в котором задают имя файла и папку для его сохранения. После нажатия кнопки **Сохранить** создается файл.

Просмотр изображения и его распечатку осуществляют в окне тонирования **Render**. Для чего щелчком на кнопке открытого приложения в Панели задач переходят к окну **Render**, где нужно выполнить следующие действия.

1. Выбрать пункт **File** (Файл) ⇒ **Open** (Открыть).
2. В открывшемся ДО **Open** (Открытие файла) (рис. 12.27) выбрать папку и файл.
3. Нажатием кнопки **OK** завершить диалог.



Открывается внутреннее окно с изображением тонированного объекта из файла.

Из этого окна можно вывести изображение на печать. Для этого нужно выполнить следующие действия.

1. Выбрать пункт **File** (Файл) ⇒ **Print** (Печать).
2. В открывшемся ДО **Print** (Печать) (рис. 12.28) задать размеры и количество копий изображений.
3. Нажатием кнопки **OK** осуществить печать.

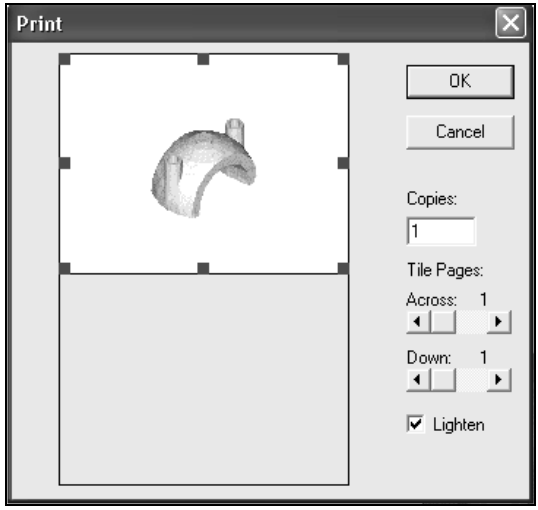


Рис. 12.28. Диалоговое окно **Print**

Сохраненные в виде файлов тонированные изображения можно использовать в других программах, например в редакторе Word, вставляя рисунок в документ.

После выполнения упражнения закрывают все внутренние окна в окне тонирования **Render** и переходят в окно **AutoCAD**.

12.4. Назначение отделки поверхностям модели

При полнофункциональном механизме тонирования можно сначала назначить различные отделки поверхности модели. *Отделка* — набор графических атрибутов, назначенных поверхности, включая цвет, шероховатость, отражательную способность, текстуру и прозрачность. При визуализации модели

Для выбора отделок, которые нужно импортировать в создаваемую модель перед их назначением поверхностям, а также для сохранения группы предварительно выбранных отделок, нужно выполнить следующие действия.

1. Выбрать пункт **View** (Вид) ⇒ **Render** (Тонирование) ⇒ **Materials Library** (Библиотека материалов) (можно использовать кнопку **Materials Library** (Библиотека материалов) из ПИ **Render** (Тонирование)).
2. Открывшееся ДО **Materials Library** (Библиотека материалов) (рис. 12.29) разбито на три основные области: **Current Drawing** (Текущий рисунок), **Preview** (Просмотр), **Current Library** (Текущая библиотека). В качестве текущей библиотеки используется стандартная библиотека AutoCAD — файл **render. mli**, который находится во вложенной папке Support системы AutoCAD. Сначала в этой библиотеке нужно выбрать ряд материалов, пригодных для тонирования деталей крышки подшипника. Для этого:
   - мышью выделяют название материала, например **GRAY MATTE** (Чугун);

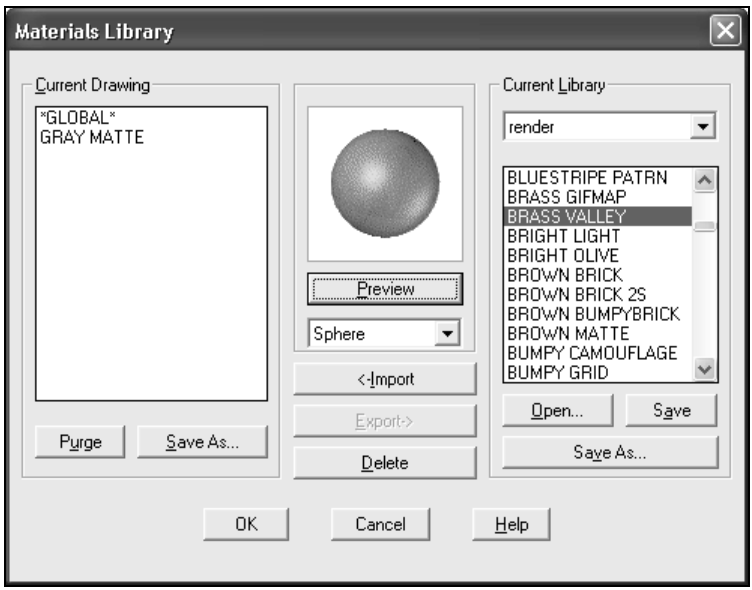


Рис. 12.29. Диалоговое окно **Materials Library** (Библиотека материалов)

   - нажимают кнопку **Preview** (Просмотр). В окне предварительного просмотра появляется изображение выбранного материала. В расположенном ниже списке выбирают для просмотра либо сферу для просмотра криволинейных поверхностей, либо куб для просмотра

- если этот материал устраивает, то нажатием кнопки **<-Import** (<-Импорт) добавляют данный материал в список отделок текущего рисунка **Current Drawing** (Текущий рисунок);
- аналогично выбирают и другие материалы, например **BRASS VALLEY** (Латунь), **COPPER** (Медь). Таким образом, создается собственная библиотека для конкретного рисунка;
- нажатием кнопки **Purge** (Очистить) можно очистить весь выбранный список. При этом открывается окно подтверждения на удаление списка.

Можно сохранить список отделок текущего рисунка в отдельном файле библиотеки материалов, щелкнув на кнопке **Save As** (Сохранить как), расположенной под списком выбранных отделок. При этом на экран выводится стандартное диалоговое окно **Library File** (Файл библиотеки) для выбора папки и имени файла своей библиотеки, например **model.mli** (рис. 12.30). Для сохранения библиотеки нажимают кнопку **Сохранить** и возвращаются в ДО **Materials Library** (Библиотека материалов).

Рис. 12.30. Диалоговое окно **Library File**

В дальнейшем можно использовать этот файл для назначения отделок. Для открытия библиотеки (этого файла) выбирают ее имя в верхнем списке в области **Current Library** (Текущая библиотека) (рис. 12.31).

Материалы отделок из созданного списка текущего рисунка в области **Current Drawing** (Текущий рисунок) можно копировать с помощью кнопки **Export->** (Экспорт->) в другую библиотеку в область **Current Library** (Текущая библиотека). Измененную библиотеку сохраняют с помощью кнопок **Save** (Сохранить) или **Save As** (Сохранить как) в области **Current**

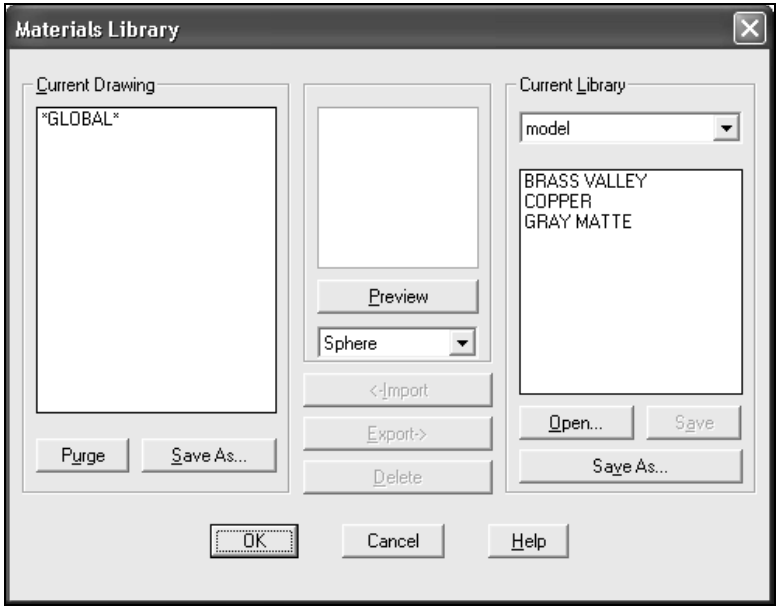


Рис. 12.31. Выбор текущей библиотеки в окне **Materials Library**

Удаляются ненужные материалы отделок из обеих областей с помощью кнопки **Delete** (Удалить). Не рекомендуется удалять стандартную библиотеку **render. mli**.

3. Выбор отделок завершить нажатием кнопки **OK**.

Для назначения, создания или изменения отделки и связанного с ней набора атрибутов нужно выполнить следующие действия.

1. Выбрать пункт **View** (Вид) ⇒ **Render** (Тонирование) ⇒ **Materials** (Материалы) (можно использовать кнопку **Materials** (Материалы) из ПИ **Render** (Тонирование)).
2. Из открывшегося ДО **Materials** (Материалы) щелчком на кнопке **Materials Library** (Библиотека материалов) открыть ДО **Materials Library** (Библиотека материалов):
   - открыть в области **Current Library** (Текущая библиотека) созданный файл для назначения отделок **model.mli**;
   - импортировать выбранные материалы в список отделок текущего рисунка **Current Drawing** (Текущий рисунок);
   - нажатием кнопки **OK** возвратиться в ДО **Materials** (Материалы).
3. В области **Materials** (Материалы) в списке материалов для отделки

4. Для просмотра отделки нажать кнопку **Preview** (Просмотр).
5. Для присвоения выбранной отделки объектам на экране нажать кнопку **Attach<** (Присвоить<). Это приведет к временному закрытию ДО **Materials** (Материалы):
   - на запрос в командной строке *Select objects to attach "GRAY MATTE" to* (Выберите объекты для присвоения материала "GRAY MATTE") прицелом выбрать объекты;
   - завершить выбор и вернуться в ДО **Materials** (Материалы) нажатием клавиши <Enter> или щелчком правой кнопки мыши на рабочей области экрана.
6. Нажатием кнопки **OK** завершить назначение отделок и закрыть ДО **Materials** (Материалы).

Удаляют назначенную отделку в ДО **Materials** (Материалы) аналогично, используя кнопку **Detach<** (Снять<).

Можно присвоить своей модели отделку других объектов. Для этого нажимают кнопку **Select<** (Выбор<). Диалоговое окно **Materials** (Материалы) временно закрывается. На запрос в командной строке *Select objects* (Выберите объекты) прицелом выбирают объект, после чего возвращаются в ДО. Теперь можно выполнить функцию **Attach<** (Присвоить <).

В ДО **Materials** (Материалы) можно также:

- ❒ изменить список материалов отделок щелчком на кнопке **Materials Library** (Библиотека материалов);
- ❒ назначать отделки по слоям или по цвету с помощью кнопок **By Layer** (По слою) и **By ACI** (По ИЦА);
- ❒ вручную создать или изменить отделки, используя кнопки **New** (Новый) и **Modify** (Изменить).

После назначения отделки объекту выполняют его тонирование в окне тонирования **Render** *(см. разд. 12.3)*.

Затем выполняют тонирование объекта с другими отделками **BRASS VALLEY** (Латунь) и **COPPER** (Медь). По окончании тонирования объекта со всеми отделками сравнивают их результаты во внутренних окнах в окне тонирования **Render**.

Закрывают все внутренние окна в окне **Render** и переходят в окно **AutoCAD**. Восстанавливают исходный цвет тонирования без отделок. Для этого в ДО **Materials** (Материалы) нажимают кнопку **Detach<** (Снять<). На запрос в командной строке *Select objects* (Выберите объекты) прицелом выбирают объект. Завершают выбор и возвращаются в ДО нажатием клавиши <Enter> или щелчком правой кнопки мыши на рабочей области экрана, после чего нажатием кнопки **OK** завершают диалог.

Выполняют для контроля тонирование без отделок в окне **Render**. Оставляют результат в окне **Solid1.dwg - 1** для сравнения результатов тонирования в дальнейшем.

12.5. Создание и установка осветителей

Следующим шагом после создания и применения отделок к объектам модели должно стать добавление источников освещения (осветителей). *Осветители* — одна из наиболее важных составных частей при создании привлекательного тонированного вида. Без соответствующего освещения поверхности и отделки выполненной модели будут выглядеть плоскими. Осветители позволяют также добавить к модели реалистичные тени. Для создания, настройки и управления источниками света используют функцию **Lights** (Свет), при этом нужно выполнить следующие действия.

1. Выбрать пункт **View** (Вид) ⇒ **Render** (Тонирование) ⇒ **Light** (Свет) (можно использовать кнопку **Lights** (Свет) из ПИ **Render** (Тонирование)). В открывшемся ДО **Lights** (Источники света) (рис. 12.32) в области **Ambient Light** (Рассеянный свет) представлены средства управления рассеянным освещением.

Примечание

Рассеянный свет — это общая освещенность сцены за счет рассеивания атмосферой и предметами. Более высокие значения отраженного света подходят для имитации дневного освещения, а более низкие — для внутренних сцен. Обычно значения интенсивности света в диапазоне 0.3–0.7 (по умолчанию — 0.3) позволяют получить достаточно реалистическое изображение. Рассеянный свет не имеет источника и поэтому не приводит к образованию отбрасываемых теней.

2. Установить в поле ввода **Intensity** (Интенсивность) или с помощью специальной полосы прокрутки новое значение рассеянного света, например **0.6**.
3. В области **Color** (Цвет) установить цветовой режим рассеянного света. По умолчанию предложен белый цвет цветовой схемы **RGB** (красный, зеленый, синий) с коэффициентами смешения цветов, равными **1**. Оставить эти значения без изменений.
4. В раскрывающемся списке (см. рис. 12.32), расположенном справа от кнопки **New** (Новый), выбрать тип источника света, например **Distant Light** (Удаленный). AutoCAD поддерживает три типа осветителей: **Point Light** (Точечный) — для источника в виде лампочки или светильника; **Distant Light** (Удаленный) — для источника, испускающего параллельные световые лучи в одном направлении (такие источники часто используются для имитации солнечного света); **Spotlight** (Прожектор) — для источ-

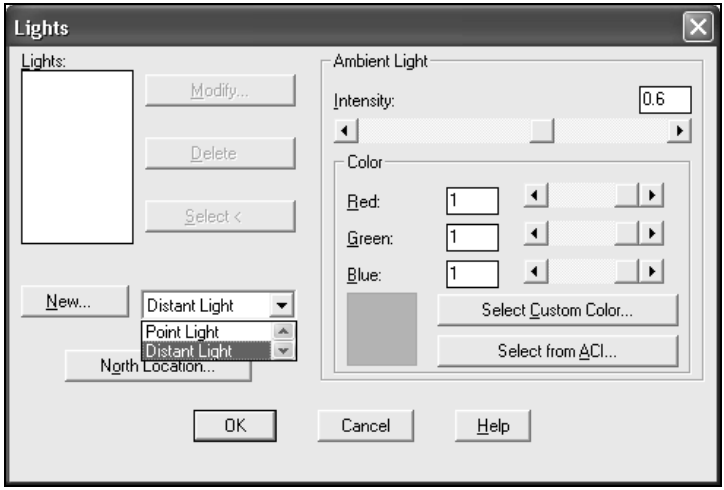


Рис. 12.32. Диалоговое окно **Lights**

5. Для настройки параметров источника и сохранения его под оригинальным именем нажать кнопку **New** (Новый):

   - в открывшемся ДО **New Distant Light** (Новый удаленный источник света) в поле ввода **Light Name** (Имя источника) ввести легко распознаваемое имя, например **УД_ИСХ** для удаленного источника света с параметрами, предложенными по умолчанию. Для этого источника света все параметры соответствуют простому удаленному источнику с направлением света от наблюдателя. Сохранить этот источник света для обеспечения возможности вернуться к исходному состоянию освещения объекта;
   - нажатием кнопки **OK** закрыть ДО **New Distant Light** (Новый удаленный источник света) и возвратиться в ДО **Lights** (Источники света), где в списке **Lights** (Источники света) будет отображено имя созданного источника света **УД_ИСХ**;
   - создать еще один удаленный источник света, имитирующий солнечный свет, для чего снова щелкнуть на кнопке **New** (Новый);
   - в открывшемся ДО **New Distant Light** (Новый удаленный источник света) (рис. 12.33) в поле ввода **Light Name** (Имя источника) ввести имя, например **УД_СОЛ**.

   Выполнить настройки параметров для этого источника:

   - в поле ввода **Intensity** (Интенсивность), задающем интенсивность освещения этим источником, оставить значение, равное **1**;
   - в области **Shadows** (Тени) установить флажок **Shadow On** (Включить) для включения влияния теневых эффектов от отдельных элементов

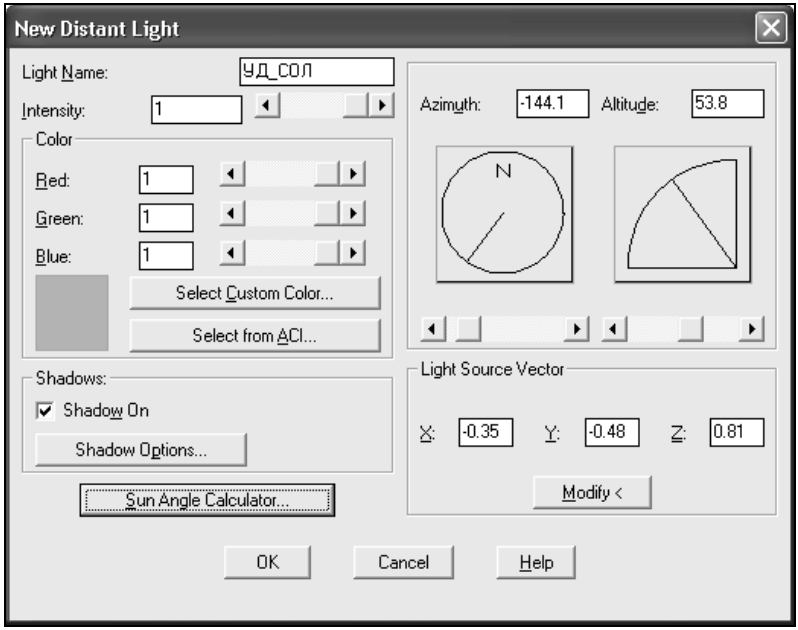


Рис. 12.33. Диалоговое окно **New Distant Light**

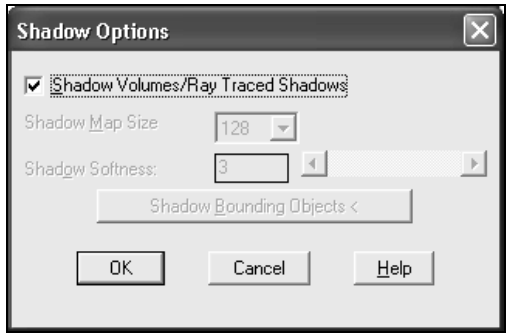


Рис. 12.34. Диалоговое окно **Shadow Options**

- нажатием кнопки **Shadow Options** (Параметры теней) открыть ДО **Shadow Options** (Параметры теней) (рис. 12.34):
  - ◊ установить флажок **Shadow Volumes/Ray Traced Shadows** (Объемные тени/Тени трассировки луча), чтобы включить этот режим для повышения качества учета тени;
  - ◊ нажатием кнопки **OK** закрыть ДО **Shadow Options** (Параметры теней) и вернуться в ДО **New Distant Light** (Новый удаленный источ-

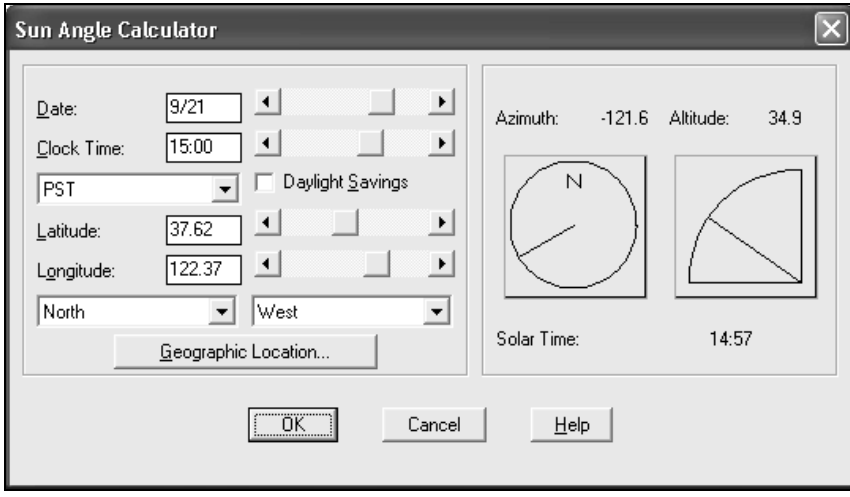
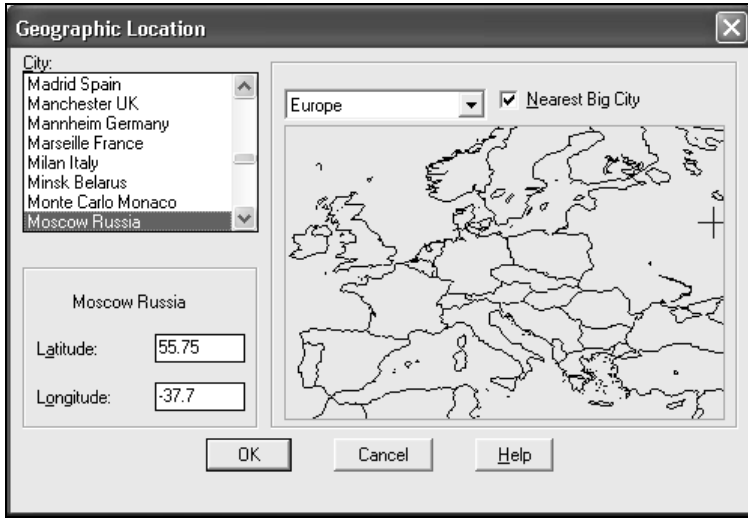


Рис. 12.35. Диалоговое окно **Sun Angle Calculator**

- нажатием кнопки **Sun Angle Calculator** (Положение солнца) открыть ДО **Sun Angle Calculator** (Положение солнца) (рис. 12.35) для настройки географических и временных параметров при задании солнца в качестве источника света:
  - ◊ нажатием кнопки **Geographic Location** (Географическое положение) открыть ДО **Geographic Location** (Географическое положение) (рис. 12.36) для настройки географических параметров:



◊ в списке (над картой) выбрать географическое положение — строку **Europe** (Европа);

◊ в списке **City** (Город) выбрать строку **Moskow Russia** (Москва Россия);

◊ нажатием кнопки **OK** закрыть ДО **Geographic Location** (Географическое положение) и вернуться в ДО **Sun Angle Calculator** (Положение солнца) (рис. 12.37), где в полях ввода **Latitude** (Широта) и **Longitude** (Долгота) автоматически отображаются вычисленные значения этих параметров;

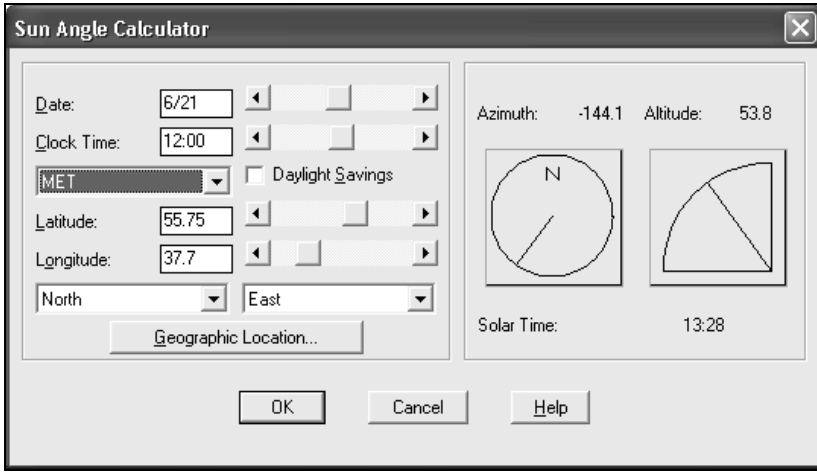


Рис. 12.37. Отображение значений параметров **Latitude** и **Longitude** в окне **Sun Angle Calculator**

◊ в полях ввода **Date** (Дата) и **Clock Time** (Время) установить необходимые значения этих параметров, например **6/21** (21 июня) и **12:00**. В расположенном ниже списке **Time Zone** (Временная зона) выбрать, например, **MET**. В правой области ДО автоматически отображаются вычисленные значения азимута **Azimuth** (Азимут) и возвышения **Altitude** (Высота) для заданых параметров, для нашего примера они равны **−144,1** и **53,8** градуса;

◊ нажатием кнопки **OK** закрыть ДО **Sun Angle Calculator** (Положение солнца) и вернуться в ДО **New Distant Light** (Новый удаленный источник света) (см. рис. 12.33), где в полях ввода **Azimuth** (Азимут) и **Altitude** (Высота) автоматически отображаются приведенные выше значения этих параметров. При необходимости в данных полях ввода можно задать другие значения.

- В области **Color** (Цвет) можно установить значения параметров, харак-

цвет цветовой схемы **RGB** (красный, зеленый, синий) с коэффициентами смешения цветов, равными **1**.

- Нажатием кнопки **OK** закрыть ДО **New Distant Light** (Новый удаленный источник света) и вернуться в ДО **Lights** (Свет), где в списке **Lights** (Свет) будет отображено еще одно имя созданного источника света **УД_СОЛ** (рис. 12.38).

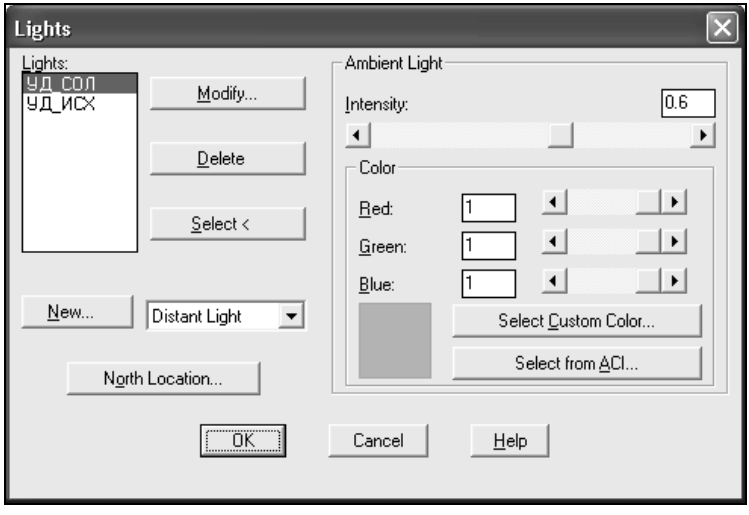


Рис. 12.38. Отображение созданного удаленного источника света в окне **Lights**

6. При необходимости можно задать другие значения параметров для созданного источника света, используя кнопку **Modify** (Изменить), открывающую ДО **Modify Distant Light** (Изменить удаленный источник света), аналогичное ДО **New Distant Light** (Новый удаленный источник света).
7. Можно удалить ненужный источник света, выделив его в списке **Lights** (Источники) и щелкнув на кнопке **Delete** (Удалить).
8. Закрыть ДО **Lights** (Свет) нажатием кнопки **OK**.

В верхней части экрана в виде красных значков отображаются удаленные осветители (рис. 12.39). Если значки не видны, следует воспользоваться функцией **Zoom All** (Показать все) *(см. разд. 2.3)*.

Размеры значка можно увеличить в ДО **Rendering Preferences** (Режимы тонирования) *(см. разд. 12.3)*. Для этого в поле ввода **Light Icon Scale** (Масштаб символа источника) задают значение больше **1**, например **25**.

Один значок, принадлежащий источнику **УД_ИСХ**, отображен в виде горизонтальной черточки. Плоскость значка занимает проецирующее положе-

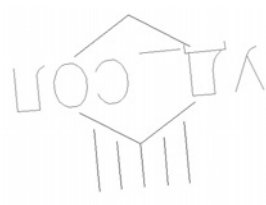


Рис. 12.39. Отображение удаленных осветителей на видовом экране

Второй значок относится к источнику **УД_СОЛ**. Внутри него расположены символы **УД_СОЛ**, означающие имя источника, снаружи параллельными черточками показано направление света для данного источника света.

Выполняют тонирование в окно тонирования **Render**. Открывается внутреннее окно **Solid1.dwg - 2**. Сравнивают тонирование объекта с использованием двух созданных удаленных осветителей в окне **Solid1.dwg - 2** с оставленным результатом тонирования с освещением по умолчанию в окне **Solid1.dwg - 1** (см. рис. 12.43). Очевидно, что во втором окне объект дополнительно освещается с противоположной наблюдателю стороны. Это происходит потому, что солнце (источник **УД_СОЛ**) освещает объект с юга, а наблюдение объекта в изометрии было назначено с северо-востока (**NE Isometric**) *(см. разд. 1.3)*.

Сравнив результаты, закрывают внутреннее окно тонирования без осветителя **Solid1.dwg - 1**. Оставляют открытым внутреннее окно тонирования с удаленными осветителями **Solid1.dwg - 2**.

В качестве упражнения рассмотрим создание точечного источника света. Для этого нужно выполнить следующие действия.

1. В ДО **Lights** (Свет) в списке (см. на рис. 12.32, справа от кнопки **New** (Новый)) выбрать тип источника света **Point Light** (Точечный).
2. Щелкнуть на кнопке **New** (Новый).
3. В открывшемся ДО **New Point Light** (Новый точечный источник света) (рис. 12.40) в поле ввода **Light Name** (Имя источника) ввести имя, например **ТОЧ**.
4. Выполнить настройки параметров для этого источника:
   - в области **Attenuation** (Спад) выбрать переключатель **Inverse Linear** (Линейная инверсия) — так задается пропорциональное расстоянию уменьшение освещенности объектов. Другие режимы обеспечивают либо режим уменьшения освещенности объектов источником света пропорционально квадрату расстояния между ними (**Inverse Square** (Квадратичная инверсия)), либо отсутствие уменьшения освещенности от расстояния (**None** (Нет));
   - в поле ввода **Intensity** (Интенсивность) задать значение, определяющее

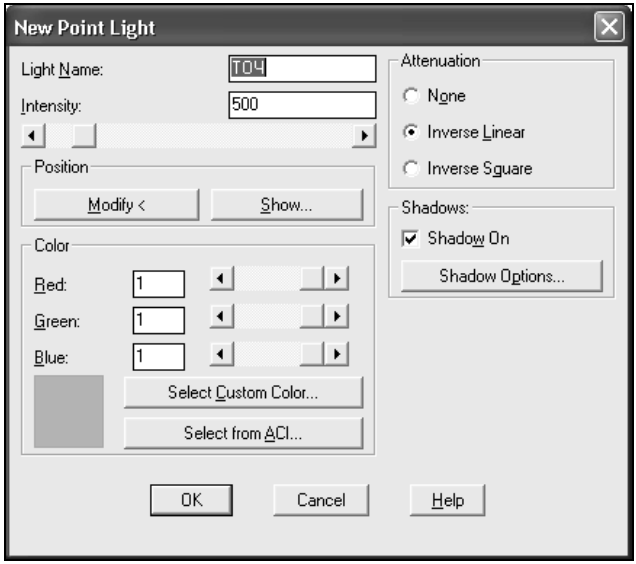


Рис. 12.40. Диалоговое окно **New Point Light**

- в области **Shadows** (Тени) установить флажок мыши **Shadow On** (Включить) для включения влияния теневых эффектов от отдельных элементов объекта;
- нажатием кнопки **Shadow Options** (Параметры теней) открыть ДО **Shadow Options** (Параметры теней):
  - ◊ установить флажок **Shadow Volume/Ray Traced Shadows** (Объемные тени/Тени трассировки луча), чтобы включить режим для повышения качества учета тени;
  - ◊ нажатием кнопки **OK** закрыть ДО **Shadow Options** (Параметры теней) и вернуться в ДО **New Distant Light** (Новый точечный источник света);
- в области **Color** (Цвет) установить значения параметров, характеризующих цвет световых лучей. По умолчанию предложен белый цвет цветовой схемы **RGB** (красный, зеленый, синий) с коэффициентами смешения цветов, равными **1**;
- в области **Position** (Положение) нажатием кнопки **Modify<** (Изменить<) временно закрыть ДО для ввода положения осветителя. На экране от точки, предложенной по умолчанию, тянется "резиновая нить";
- на запрос в командной строке *Enter light location* (Положение источника света) либо указав щелчком мыши, либо с клавиатуры вводят коор-

- нажатием кнопки **Show** (Показать) открыть ДО **Show Light Position** (Положение источника света) (рис. 12.41), в котором отображены координаты источника света в списке **Location** (Источник) и координаты цели **Target** (Цель) для проверки правильности установки;

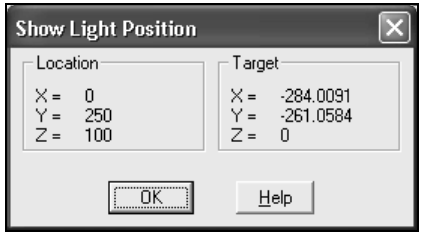


Рис. 12.41. Диалоговое окно **Show Light Position**

- нажатием кнопки **OK** закрыть ДО **Show Light Position** (Положение источника света). Можно при необходимости изменить заданное положение источника света.

5. Нажатием кнопки **OK** закрыть ДО **New Point Light** (Новый точечный источник света) и вернуться в ДО **Lights** (Свет), где в списке **Lights** (Свет) будет отображено еще одно имя созданного источника света — **ТОЧ**.
6. Можно при необходимости, как и для удаленного источника света, задать другие значения параметров для созданного источника света, используя кнопку **Modify** (Изменить), или удалить ненужный источник света, используя кнопку **Delete** (Удалить).
7. Нажатием кнопки **OK** закрыть ДО **Lights** (Свет).

На экране в точке с координатами (**0,250,100**) в виде красного значка отображается точечный осветитель (рис. 12.42). Внутри него расположены символы **ТОЧ**, означающие имя источника, снаружи черточками показано направление света во все стороны для источника точечного типа.

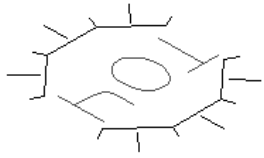


Рис. 12.42. Отображение значка точечного осветителя на экране

Выполняют тонирование в окне тонирования **Render**. Открывается внутреннее окно **Solid1.dwg - 3**. Сравнивают полученный результат тонирования

УД_СОЛ и один точечный **ТОЧ**) в окне **Solid1.dwg - 3** с оставленным результатом тонирования с двумя удаленными осветителями в окне **Solid1.dwg - 2** (рис. 12.43). Видно, что при новом тонировании объект дополнительно ярко освещается с правой стороны точечным источником света.

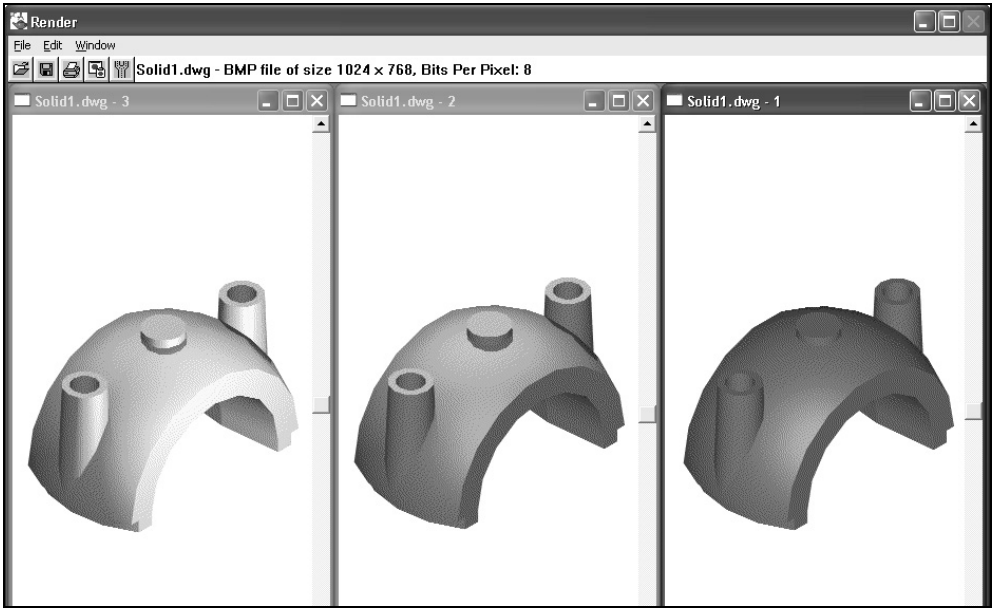


Рис. 12.43. Отображение результатов тонирования модели с использованием различных источников освещения в трех внутренних окнах **Render**

Закончив упражнение, закрывают все внутренние окна тонирования.

12.6. Создание сцен

Рассмотренные выше примеры тонирования выполнялись при воздействии на объект сразу всех созданных источников света. При изменении направления взгляда (точки зрения) на объект результат тонирования будет соответствовать этому положению объекта. Если потребуется получить тонированный результат для прежнего положения объекта относительно наблюдателя, то придется вернуться к прежнему направлению взгляда.

Все это является серьезным недостатком в работе с созданием реалистических изображений объектов. Для обеспечения возможности тонирования объектов в сочетании с разными осветителями и различными точками зре-

Сцена — это именованное состояние для наблюдения объектов. В него включаются:

- положение объекта относительно наблюдателя, заданное точкой зрения и сохраненное как именованный вид;
- конкретный набор осветителей из числа всех ранее созданных.

Именованные сцены хранятся в файле. В любой момент можно получить результат тонирования объектов для любой из сохраненных сцен.

Перед созданием сцены рекомендуется сначала сохранить текущее положение объектов относительно наблюдателя как именованный вид *(см. разд. 10.2)*. Для нашего примера назовем его **СВ**, исходя из направления взгляда для изометрии с северо-восточной стороны. Для создания сцены нужно выполнить следующие действия.

1. Выбрать пункт **View** (Вид) ⇒ **Render** (Тонирование) ⇒ **Scene** (Сцена) (можно использовать кнопку **Scenes** (Сцены) из ПИ **Render** (Тонирование)). Откроется ДО **Scenes** (Сцены).
2. Нажатием кнопки **New** (Новый) открыть ДО **New Scene** (Новая сцена) (рис. 12.44).

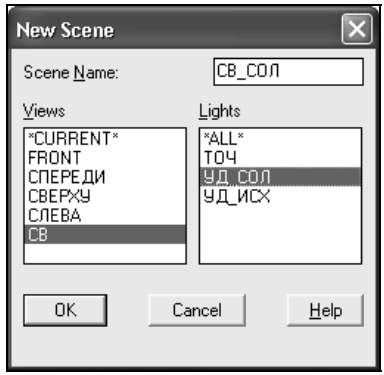


Рис. 12.44. Диалоговое окно **New Scene**

3. В поле ввода **Scene Name** (Имя сцены) ввести оригинальное имя, например **СВ_СОЛ**.
4. В списке **Views** (Виды) выбрать именованный вид, например **СВ**.
5. В списке **Lights** (Источники) выбрать требуемые источники света. Для выбора нескольких источников их выделяют с нажатой клавишей <Shift>. Для упражнения нужно выбрать удаленный источник **УД_СОЛ**.
6. Нажатием кнопки **OK** закрыть ДО **New Scene** (Новая сцена) и вернуться

ной сцены **СВ_СОЛ**. В этом списке в дальнейшем выбирают и назначают текущую сцену для тонирования.

7. Не выходя из этого ДО, создают еще две сцены:
   - **СВ_С_Т** — для вида **СВ** и двух источников света **УД_СОЛ** и **ТОЧ**;
   - **СВ_Т** — для вида **СВ** и одного точечного источника света **ТОЧ**.

   В списке **Scenes** (Сцены:) (рис. 12.45) отобразятся имена трех созданных сцен: **СВ_СОЛ**, **СВ_С_Т** и **СВ_Т**.

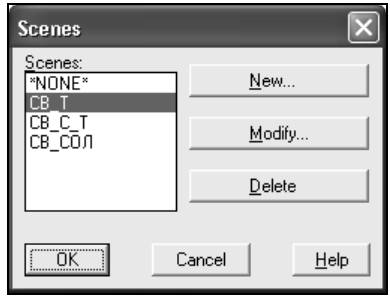


Рис. 12.45. Диалоговое окно **Scenes**

   С помощью кнопки **Modify** (Изменить) и **Delete** (Удалить) можно в дальнейшем редактировать или удалять созданные сцены.

8. Нажатием кнопки **OK** закрыть ДО **Scenes** (Сцены), завершая их создание.

Для создания еще одной сцены с другим положением объекта относительно наблюдателя установим новую точку зрения на объект со стороны **NW Isometric** (СЗ Изометрия) *(см. разд. 1.3)*.

Сохраним текущее положение объектов относительно наблюдателя как именованный вид. Для нашего примера назовем его **СЗ**, исходя из направления взгляда для изометрии с северо-западной стороны.

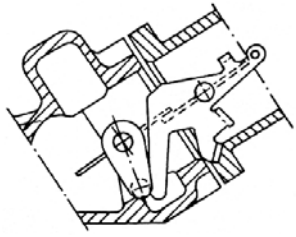
Установим прежнюю точку зрения на объект со стороны **NE Isometric** (СВ Изометрия). Создадим сцену с северо-западным направлением взгляда на объект с именем **СЗ_СОЛ** для вида **СЗ** и одного удаленного источника света **УД_СОЛ**. В списке **Scenes** (Сцены) в ДО **Scenes** (Сцены) отобразятся уже четыре имени созданных сцен: **СВ_СОЛ**, **СВ_С_Т**, **СВ_Т** и **СЗ_СОЛ**.

Для выполнения тонирования каждой сцены следует сначала установить ее текущей. Для этого в ДО **Scenes** (Сцены) выбирают в списке **Scenes** (Сцены) нужную сцену и нажатием кнопки **OK** закрывают ДО. Установку нужной сцены проще выполнить непосредственно в ДО **Rendering Preferences** (Режимы тонирования) перед тонированием. В списке **Scene to Render** (Сцена для тонирования) выбирают нужную сцену и нажатием кнопки **OK** закры-

Выполняют последовательно тонирование всех сцен: **СВ_СОЛ**, **СВ_С_Т**, **СВ_Т** и **СЗ_СОЛ**. При сравнении результатов можно убедиться в возможности с помощью сцен выполнять тонирование независимо от текущего вида и количества источников света (см. рис. П1.9).

После этого закрывают окно тонирования **Render**.

Для решения вопроса о типе создаваемого изображения следует руководствоваться такими факторами, как требуемое качество изображения и затрачиваемое время. Если требуется проверить созданную модель на правильность, вполне достаточно просто скрыть невидимые линии или применить раскрашивание. Если же нужно представить наглядное изображение объекта, например для рекламы, необходимо применить тонирование, подсветку. В качестве примера создания реалистичной модели на рис. П1.10 даны изображения крышки подшипника, выполненной из латуни и освещенной двумя источниками света — удаленным и точечным. Чем выше требования к реалистичности изображения, тем по более сложному алгоритму оно формируется: с освещением из одного или нескольких источников света, со светотенью, с использованием материалов. В результате тонирования получаются высококачественные изображения, сравнимые с рисунками, полученными традиционными способами. В проектах с использованием трехмерного моделирования тонирование является отдельной серьезной задачей, на которую часто тратится большая часть компьютерного времени.



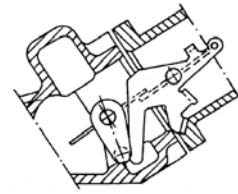
Приложения

Приложение 1. Иллюстрации к созданию изображений модели

Приложение 2. Перечень используемых функций и команд

Приложение 3. Установка приложений и меню EXPRESS

Приложение 1



Иллюстрации к созданию изображений модели

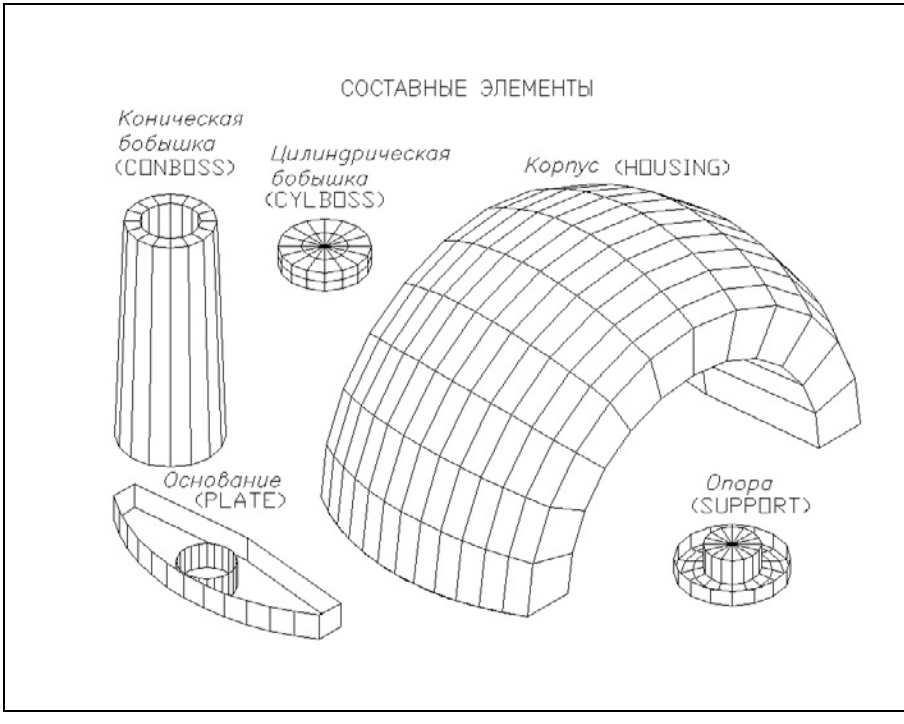


Рис. П1.1. Составные элементы моделируемой детали "крышка подшипника"

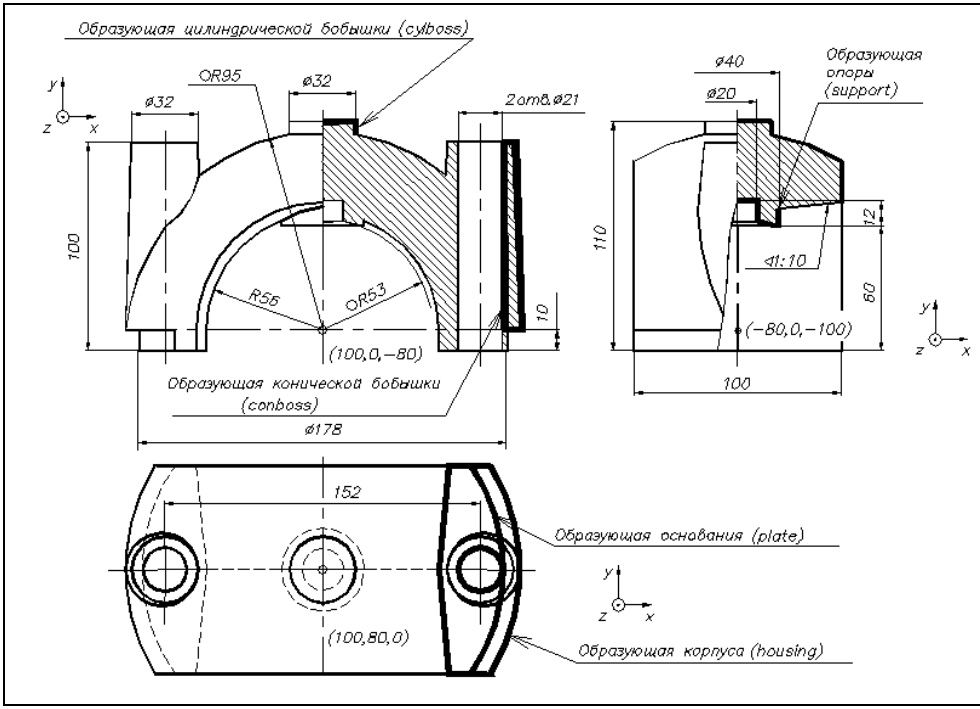


Рис. П1.2. Рабочий чертеж детали

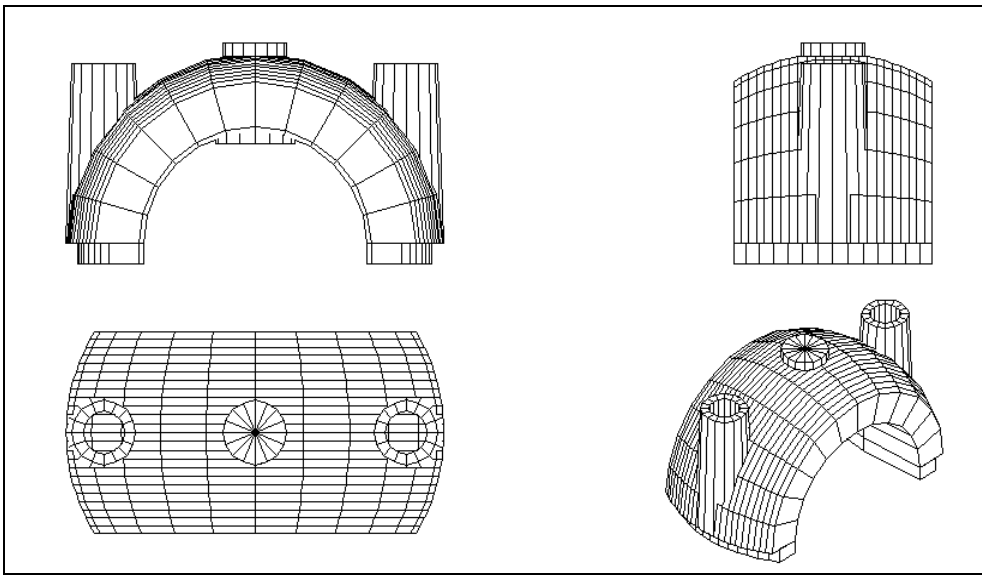


Рис. П1.4. Твердотельная модель детали с удаленными скрытыми линиями

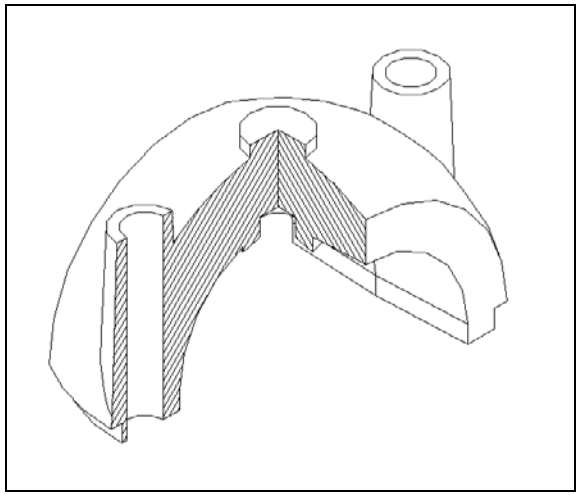


Рис. П1.5. Изометрическое изображение детали с разрезами

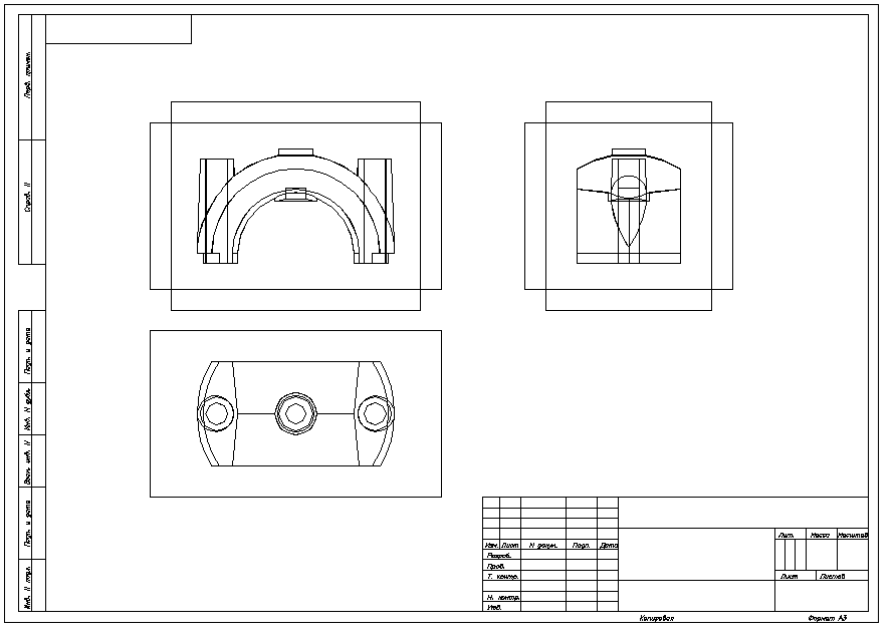


Рис. П1.6. Результат создания видовых экранов для видов и разрезов детали

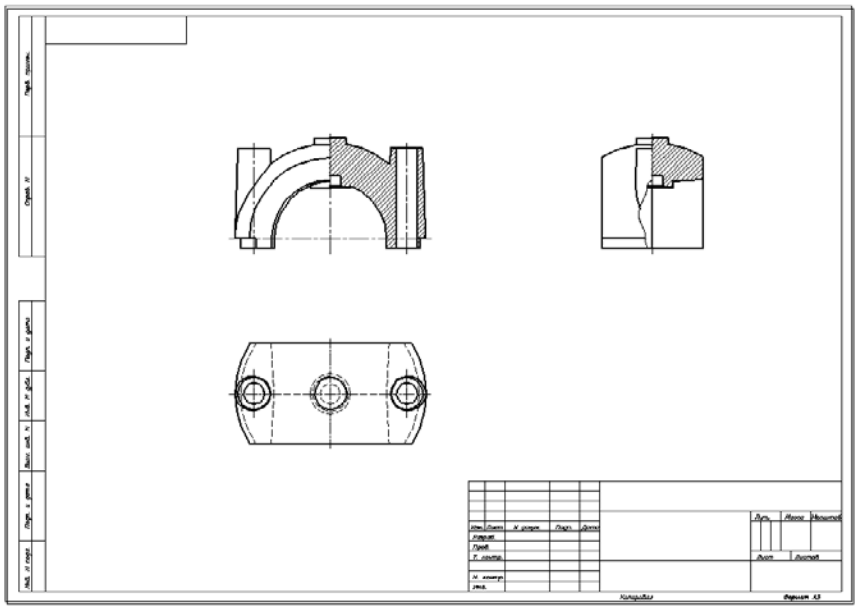


Рис. П1.7. Результат автоматизированного создания

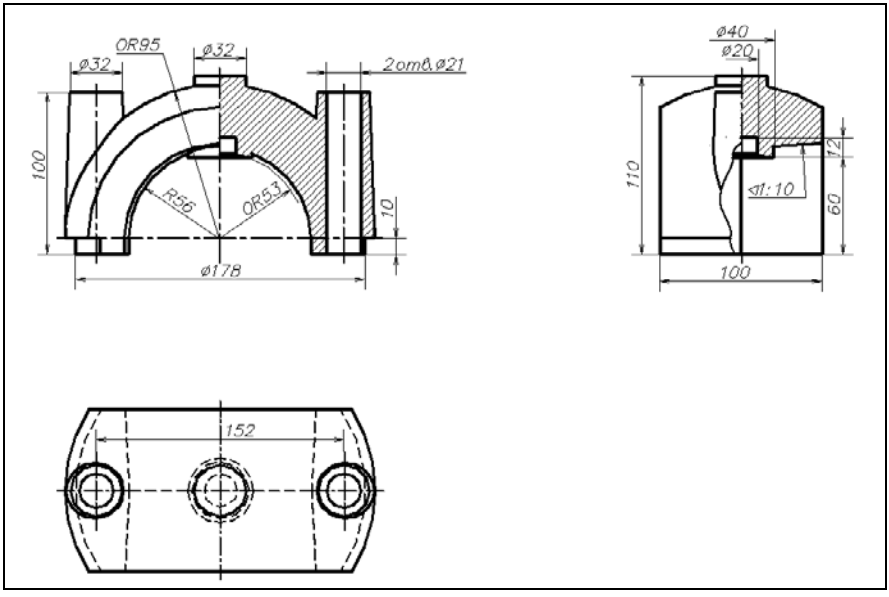
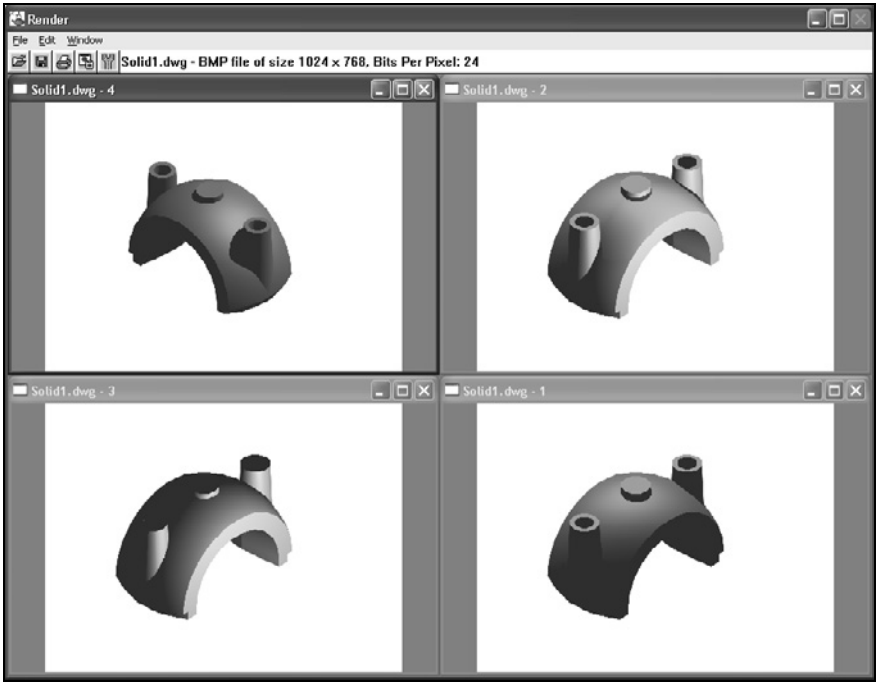


Рис. П1.8. Чертеж детали с нанесенными размерами



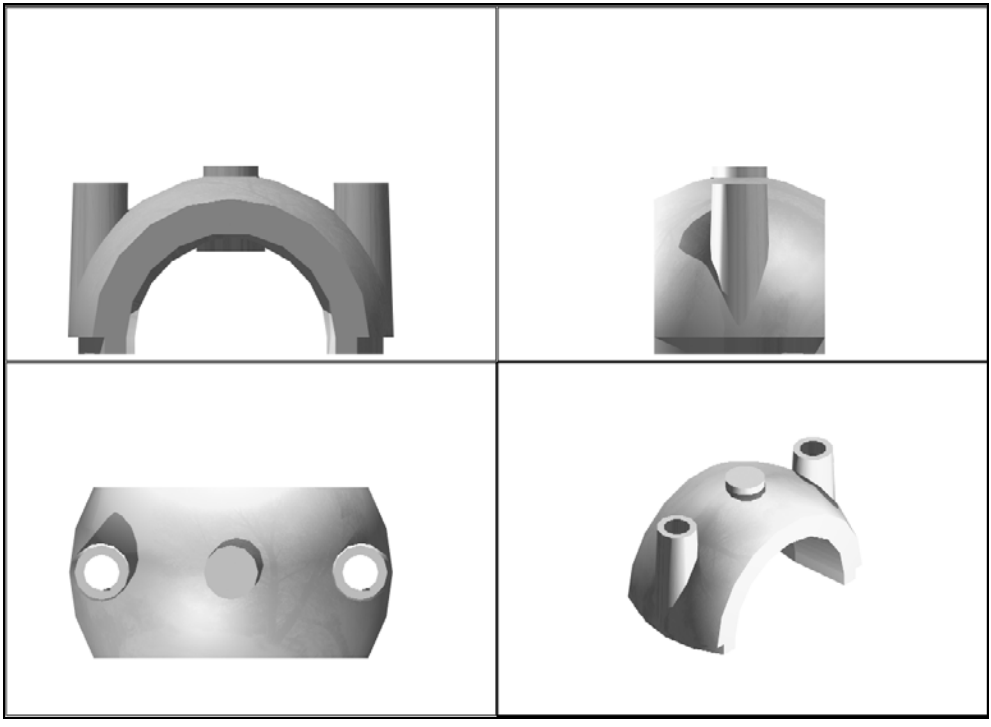
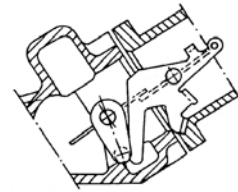


Рис. П1.10. Реалистичное изображение модели "крышка подшипника"

Приложение 2



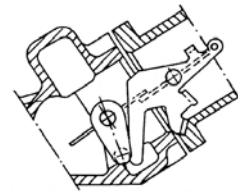
Перечень используемых команд и пунктов меню

Блок (Block)
  Создать (Make) 41
Вид (View)
  Именованные виды (Named Views) 109
  Именованные виды-Текущий вид (Named Views-Current View) 111
Видовые экраны (Viewports)
  1 Вэкран (1 Vport) 63
  4 Вэкрана (4 Vports) 21
  Вкл (On) 117
  Именованные ВЭкраны (Named Vports) 64
  Новые ВЭкраны (New Vports) 22
  Откл (Off) 115
  Скрой (Hideplot) 73
Вращение (Orbit) 163
Вставить (Insert)
  Блок (Block) 46
  Файл (File) 101
ДСЛАЙД (MSLIDE) 64
Дуга (Arc)
  Центр,Начало,Angle (Center,Start,Угол) 54
  Центр,Начало,Конец
Зеркало (Mirror) 34
КАЛЬК (CAL) 86
Контур (Boundary) 36
Круг (Circle) 43
Макет листа/Лист/ (Layout) 66
Модель/Лист (Model/Paper) 70
Обрезать (Trim) 116
Опции (options)
  Элементы окна (window elements) 14
  Автопривязки (AutoSnap Settings) 56
  Отображать экранное меню (Display screen menu) 37, 38
  Экранное разрешение/Производительность отображения (Display resolution (perfomance)) 79
  Элементы макета (Layout elements) 66
Освежить (Redraw) 65
Отрезок (Line) 20
Панорамировать (Pan)
  В реальном времени (Real Time) 109
Поверхность вращения (Revolved Surface) 39

В реальном времени (Real Time) 75
Все (All) 50
Предыдущий (Previous) 49
Рамка (Window) 47
Увеличение до границ (Extents) 165
Полилиния (Poliline) 47
ПСК (UCS)
Вид (View) 27
Знак ПСК (UCS Icon) 24
Именованные ПСК (Named UCSs) 27
Мир (World) 28
Начало (Origin) 31
Объект (Object) 95
Ортографические ПСК (Orthographic UCS) 27
Предыдущая ПСК (UCS Previous) 97
Размеры (Dimension)
Выноска (Leader) 143
Диаметр (Diameter) 139
Линейный размер (Dimension Linear) 138
Обновить (Update) 151
Размерная цепь (Dimension Continue) 141
Размерные стили (Dimension Stile) 130
Редактирование размеров (Dimension Edit) 150
Редактировать текст (Dimension Text Edit) 149
Разорвать (Break) 121
Расчленить (Explode) 118
Регенерировать (Regen) 63
Регенерировать все (Regen all) 63
Редакт (Modify)
Полилиния (Polyline) 121
Редактирование тела (Solid Editing)
Вычитание (Subtract) 84
Объединение (Union) 90
Режимы (Settings)
Орто (Ortho) 20
Поляр (Polar) 20
Шаг (Snap) 21
Режимы рисования (Drafting Settings)
Шаг и сетка (Snap and Grid) 16
Объектные привязки (Object Snap) 55
Свойства (Properties)
Размеры (Dimension) 152
Толщина (Thickness) 44
Скрыть (Hide) 63
СЛАЙД (VSLIDE) 65
Слой (Layer)
Вкл (On) 42
Заморозить (Freeze) 81
Заморозить на текущем ВЭ (Active VP Freez) 119
Именованные фильтры слоев (Named layer filters) 110
Новый (New) 17, 18
Откл (Off) 36
Текущий (Current) 33
Стереть (Erase) 61
Текстовые стили (Text Stile) 129
Тела (Solids) 94
Вращать (Revolve) 81
Выдавить (Extrude) 83
Подготовка (Setup) Drawing (Построение) 112
Подготовка (Setup) Вид (View) 102
Разрез (Slice) 92
Сечение (Section) 94
Цилиндр (Cylinder) 85

Тень (Shade)
  2М/3М каркас (2D/3D Wireframe) 159
ТЗРЕНИЯ (VPOINT) 21
Тип линии (Linetype)
  Загрузить (Load) 110
  Текущий масштаб (Current object scale) 115
Тонирование (Render)
  Библиотека материалов (Materials Library) 178
  Свет (Lights) 182
  Сцены (Scenes) 192
  Тонирование (Render) 170
Файл (File)
  Создать (New) 13
  Создать по шаблону (Use a Template) 31
  Сохранить (Save) 42
  Сохранить как (Save As) 32
  Сохранить как шаблон (Save As Template File) 28
Формат (Format)
  Лимиты (Limits) 15
Штриховка (Hatch) 96
Экспресс (Express)
  Обрезка расширенная (Cookie Cutter Trim) 117

Приложение 3



Установка приложений и меню *EXPRESS*

В AutoCAD 2002, 2004 отсутствует меню для работы с сервисными приложениями, предлагаемое в версиях R14 и 2000. В версии R14 меню называется **Bonus**, в версии 2000 — **Express**. Эти приложения содержат ряд новых макрокоманд, облегчающих и ускоряющих работу с программой. Одна из макрокоманд предложена при выполнении операции обрезки части изображений на чертеже *(см. разд. 10.4)*.

Для установки сервисных приложений в AutoCAD 2002 или 2004 выполняют следующие действия.

1. Копируют из AutoCAD 2000 папку **Express** в папку AutoCAD 2002 или 2004. В этой папке содержатся файлы приложений с описанием новых функций для AutoCAD и файлы меню **Express**.
2. Устанавливают автозагрузку файлов приложений для новых макрокоманд при открытии программы AutoCAD. Для этого выполняют следующие действия:
   - выбирают пункт **Tools** (Сервис) ⇒ **Load Application** (Приложения);
   - в открывшемся ДО **Load/Unload Applications** (Загрузка/выгрузка приложений) в области **Startup Suite** (Автозагрузка) нажимают кнопку **Contents** (Приложения);
   - в открывшемся ДО **Startup Suite** (Автозагрузка) нажимают кнопку **Add** (Добавить);
   - в открывшемся ДО **Add File to Startup Suite** (Добавление файла в список автозагрузки) открывают папку **Express**, выделяют в ней все файлы (рис. П3.1). Нажатием кнопок **Add** (Добавить) и **Close** (Закрыть) возвращаются в предыдущее ДО;
   - в ДО **Startup Suite** (Автозагрузка) в списке **List of applications** (Список приложений) отображаются имена файлов добавленных приложений (рис. П3.2). Нажатием кнопки **Close** (Закрыть) возвращаются в преды-

- в ДО **Load/Unload Applications** (Загрузка/выгрузка приложений) в списке на вкладке **Loaded Applications** (Загруженные приложения) также отображаются имена файлов добавленных приложений. Нажатием кнопки **Close** (Закрыть) завершают диалог установки автозагрузки новых приложений и загружают эти приложения.

3. Устанавливают дополнительное меню **Express**. Оно реализуется в виде дополнительного пункта главного меню, расположенного между пунктами **Window** (Окно) и **Help** (Справка).

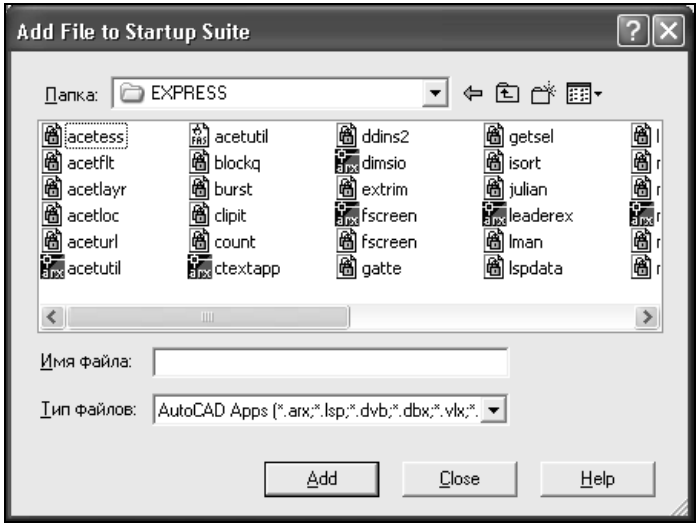
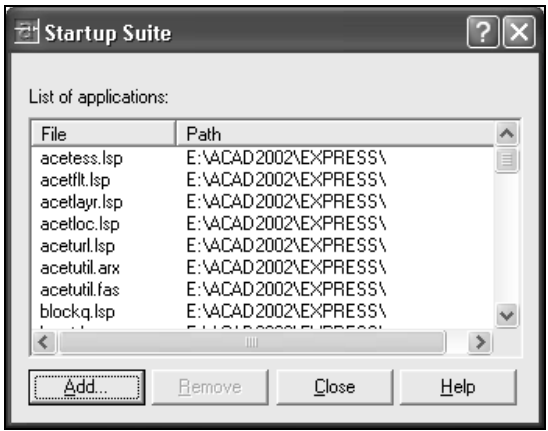


Рис. П3.1. Диалоговое окно **Add File to Startup Suite**



Для установки меню выполняют следующие действия.

1. Выбирают пункт **Tools** (Сервис) ⇒ **Customize** (Адаптация) ⇒ **Menus** (Меню).
2. В открывшемся ДО **Menu Customization** (Адаптация меню) на вкладке **Menu Groups** (Группы меню) нажимают кнопку **Browse** (Обзор).
3. В ДО **Select Menu File** (Выбор файла меню) в списке **Files of type** (Тип файла) выбирают строку **Menu Template (*.mnu)** (Меню шаблона (*.mnu)), открывают папку **Express**, выделяют в ней файл **acetmain** (рис. П3.3). Нажатием кнопки **Open** (Открыть) возвращаются в предыдущее ДО.

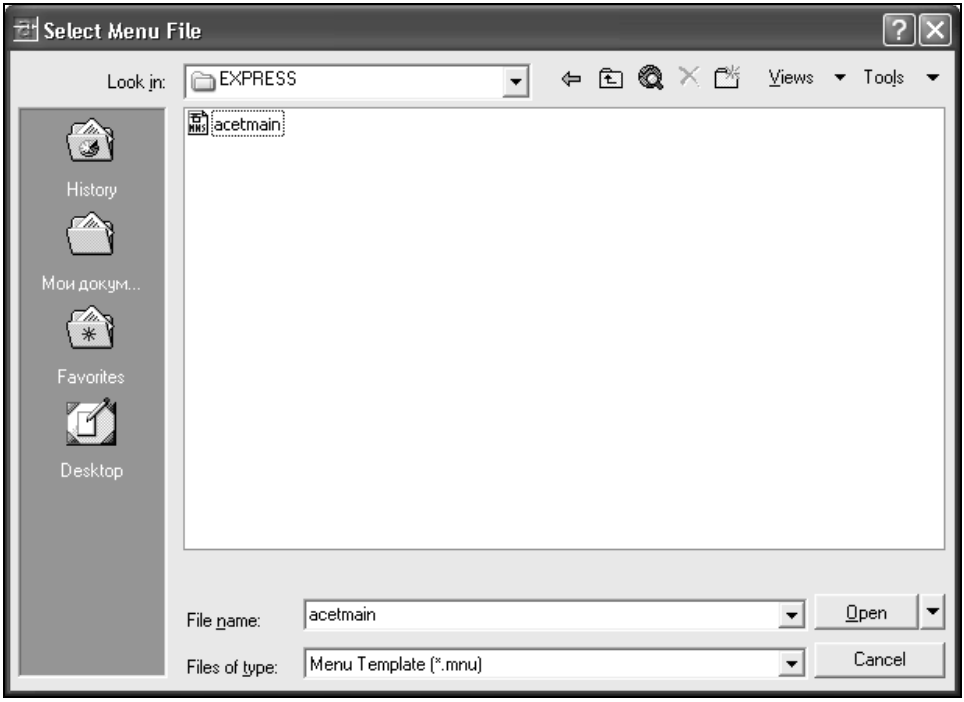


Рис. П3.3. Диалоговое окно **Select Menu File**

4. В ДО **Menu Customization** (Адаптация меню) в поле ввода **File Name** (Имя файла) отображается имя выбранного файла. Нажатием кнопки **Load** (Загрузить) загружают файл меню в AutoCAD. В списке **Menu Groups** (Группы меню) отображается имя загруженного меню **Express** (рис. П3.4).
5. Переходят на вкладку **Menu Bar** (Строка меню).
6. В списке **Menu Groups** (Группа меню) выбирают пункт **Express**. Его имя отображается в списке **Menus** (Меню).

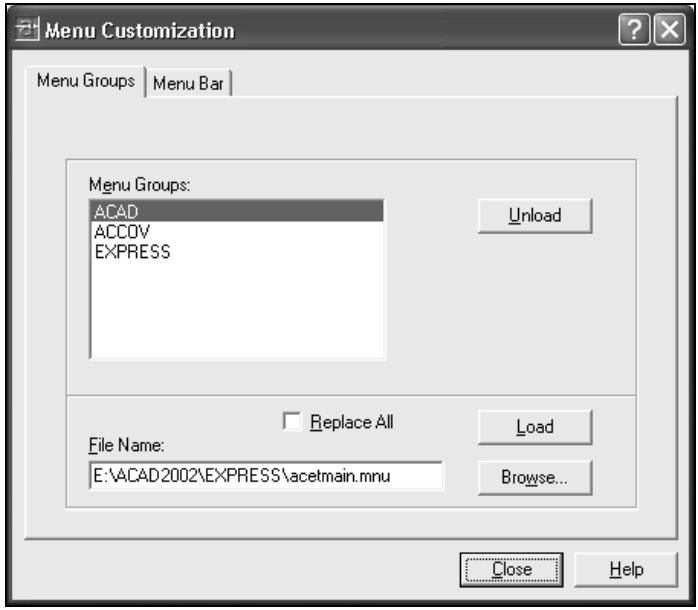


Рис. П3.4. Диалоговое окно **Menu Customization**

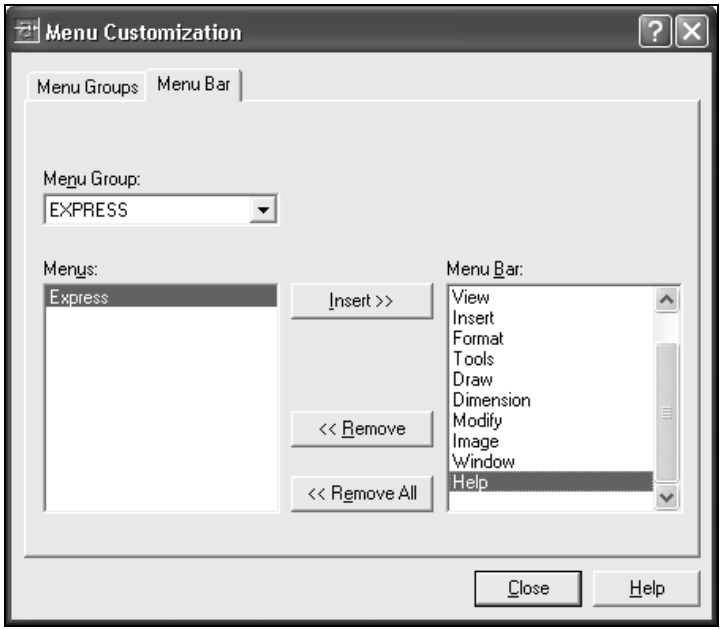


Рис. П3.5. Добавление в активное меню пункта **Express**

7. В списке **Menu Bar** (Активные меню) выбирают пункт **Help**, т. к. новый пункт меню устанавливают перед этим пунктом (рис. П3.5). Нажатием кнопки **Insert>>** (Добавить>>) добавляют в меню пункт **Express**. Он отображается в списке **Menu Bar** (Активные меню).
8. Нажатием кнопки **Close** (Закрыть) завершают диалог установки меню.

Новый пункт меню **Express** отображается среди пунктов главного меню. Им можно пользоваться сразу.

После закрытия программы AutoCAD выполненные установки сохраняются. При новом открытии программы новые установленные меню и приложения автоматически загружаются в программу.

Библиографический список

1. *Барчард Б.* Внутренний мир AutoCAD 2000: Пер. с англ. / Б. Барчард, Д. Питцер. Киев: Изд-во "ДиаСофт", 2000. 688 с.
2. *Омура Дж.* AutoCAD 3D: трехмерное моделирование: Пер. с англ. М.: ЛОРИ, 1997. 546 с.
3. *Полещук Н. Н.* Самоучитель AutoCAD 2002. СПб.: БХВ-Петербург, 2002. 608 с.
4. *Хрящев В. Г.* Введение в систему AutoCAD для Windows: Учеб.-метод. пособие / В. Г. Хрящев, В. И. Серегин, Н. В. Морозова. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2000. 72 с.
5. *Хрящев В. Г.* Моделирование трехмерного объекта с использованием системы AutoCAD: Учеб. пособие / В. Г. Хрящев, Г. М. Шипова; Под ред. В. Г. Хрящева. Саранск: Изд-во Мордов. ун-та; М.: Изд-во АСВ, 2001. 92 с.
6. *Шипова Г. М.* Поверхности в инженерной и компьютерной графике: Учеб. пособие / Г. М. Шипова, Л. А. Мартынова, В. Г. Хрящев. Саранск: Ковылк. тип., 2002. 72 с.