

**Валентин Хрящев**  
**Галина Шипова**

**МОДЕЛИРОВАНИЕ  
И СОЗДАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ  
В СИСТЕМЕ  
АУТОСАД**

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	<i>Екатерина Кондукова</i>
Зам. главного редактора	<i>Владимир Шабалин</i>
Зав. редакцией	<i>Григорий Добин</i>
Редактор	<i>Татьяна Темкина</i>
Компьютерная верстка	<i>Натальи Караваевой</i>
Корректор	<i>Виктория Пиотровская</i>
Дизайн обложки	<i>Игоря Цырульниково</i>
Зав. производством	<i>Николай Тверских</i>

Лицензия ИД № 02429 от 24.07.00. Подписано в печать 16.09.03.

Формат 70×100<sup>1/16</sup>. 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.

# Содержание

<b>Предисловие .....</b>	<b>1</b>
Цель и содержание книги.....	2
Условные обозначения.....	4
<b>ЧАСТЬ I. ПОЛИГОНАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБЪЕКТА.....</b>	<b>7</b>
<b>Глава 1. Создание нового чертежа .....</b>	<b>9</b>
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
<b>Глава 2. Последовательность построения объектов .....</b>	<b>30</b>
2.1. Корпус.....	32
2.2. Основание.....	42
2.3. Коническая бобышка .....	46
2.4. Цилиндрическая бобышка.....	50
2.5. Опора.....	52
<b>Глава 3. Сборка крышки подшипника из элементов.....</b>	<b>62</b>
<b>Глава 4. Преобразование изображения в пространство листа.....</b>	<b>66</b>
<b>Глава 5. Печать и предварительный просмотр</b>	<b>72</b>

<b>ЧАСТЬ II. ТВЕРДОТЕЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБЪЕКТА .....</b>	<b>77</b>
<b>Глава 6. Начало работы .....</b>	<b>79</b>
<b>Глава 7. Последовательность построения твердотельной модели объекта ...</b>	<b>80</b>
7.1. Корпус .....	80
7.2. Основание .....	83
7.3. Цилиндрическая бобышка .....	85
7.4. Коническая бобышка .....	86
7.5. Опора .....	87
<b>Глава 8. Сборка крышки подшипника из твердотельных элементов .....</b>	<b>89</b>
<b>Глава 9. Выполнение изометрических разрезов .....</b>	<b>92</b>
<b>ЧАСТЬ III. СОЗДАНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ЧЕРТЕЖЕ .....</b>	<b>99</b>
<b>Глава 10. Автоматизированное создание изображений на чертеже на основе твердотельной модели .....</b>	<b>101</b>
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
<b>Глава 11. Особенности нанесения размеров в пространстве перекрывающихся (плавающих) видовых экранов .....</b>	<b>127</b>
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

<b>ЧАСТЬ IV. СОЗДАНИЕ РЕАЛИСТИЧНОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ.....</b>	<b>157</b>
<b>Глава 12. Тонирование изображений.....</b>	<b>157</b>
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
<b>ПРИЛОЖЕНИЯ .....</b>	<b>195</b>
<b>Приложение 1. Иллюстрации к созданию изображений модели.....</b>	<b>197</b>
<b>Приложение 2. Перечень используемых функций и команд.....</b>	<b>203</b>
<b>Приложение 3. Установка приложений и меню <i>EXPRESS</i>.....</b>	<b>206</b>
<b>Библиографический список.....</b>	<b>211</b>

# 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  $1024 \times 768$  (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 **полуужирным** 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 ( $\Rightarrow$ ). Например: "Ф"  $\Rightarrow$  "С"  $\Rightarrow$  "X"  $\Rightarrow$  "D"  $\Rightarrow$  "Z"  $\Rightarrow$  "P"  $\Rightarrow$  "A".

(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:

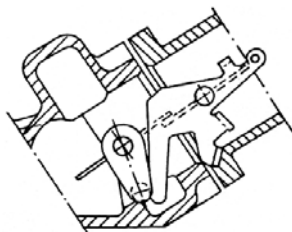
- для увеличения (уменьшения) изображения — *повернуть колесико вперед (назад)*;
- для перемещения изображения по экрану — *перемещать курсор в нужном направлении, удерживая в нажатом состоянии колесико-кнопку*;
- для показа изображения в границах рисунка — *сделать двойной щелчок колесиком-кнопкой*.

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



# **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**

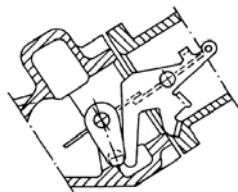
В геометрическом пространственном моделировании объект можно представить в виде каркасной, полигональной (поверхностной) и объемной (твердотельной) моделей. Для каждого из типов существует своя техника создания и редактирования, поэтому не рекомендуется смешивать несколько типов моделирования в одном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

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-

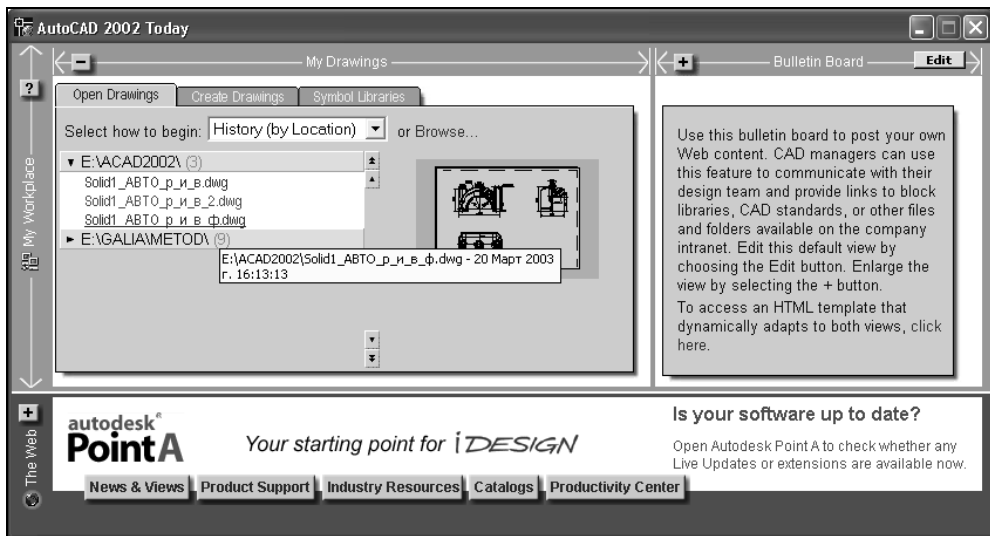


Рис. 1.1. Окно AutoCAD 2002 Today

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.

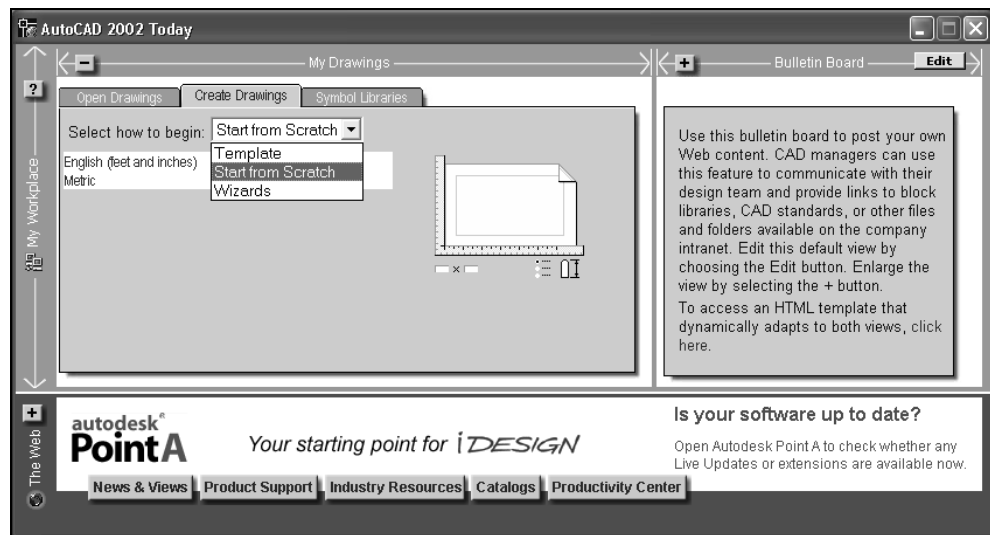


Рис. 1.2. Выбор режима создания рисунка на вкладке **Create Drawings**

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.

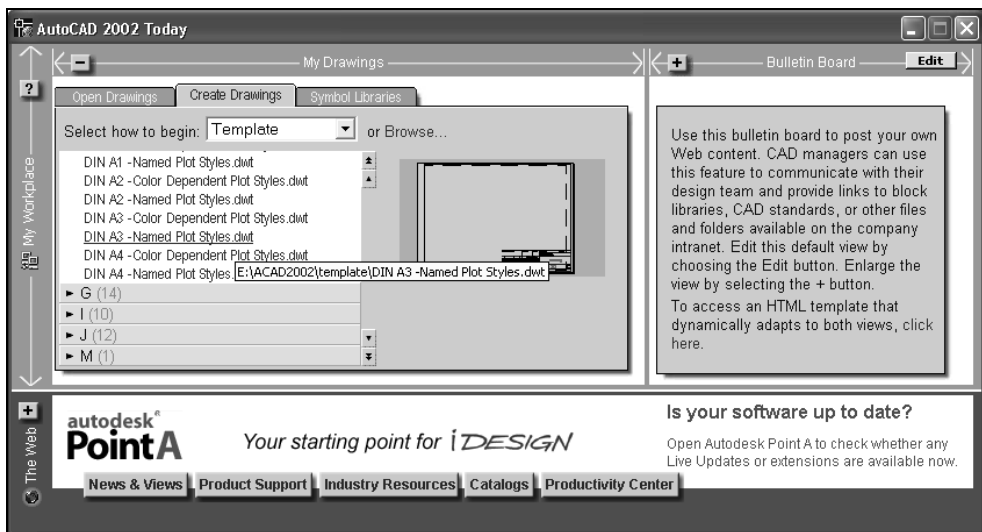


Рис. 1.3. Выбор прототипа чертежа в виде *шаблона* в режиме **Template**

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**

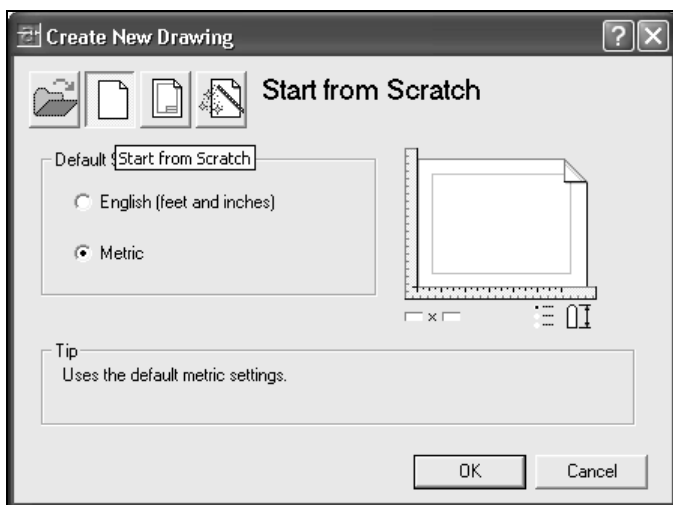
Начальное окно системы AutoCAD 2002 можно настроить таким образом, чтобы вначале работы вместо окна **AutoCAD 2002 Today** (Проектный центр AutoCAD 2002) выводилось привычное диалоговое окно AutoCAD 2000 — **Startup** (Начало работы). Это же окно выводится при первоначальном запуске AutoCAD 2004.

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 **ОК**.

## 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.

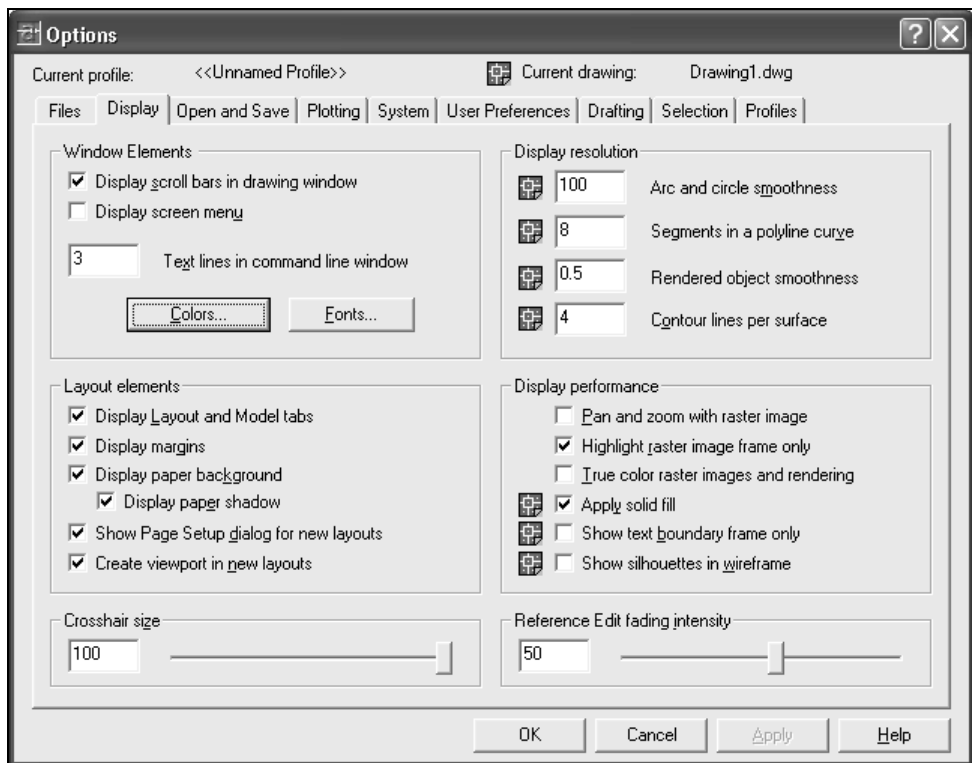


Рис. 1.5. Вкладка **Display** диалогового окна **Options**

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)  $\Rightarrow$  **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  $\langle F7 \rangle$ .

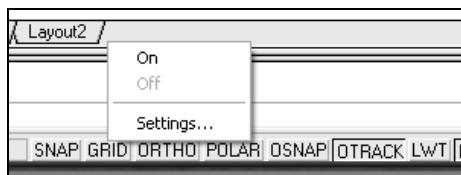
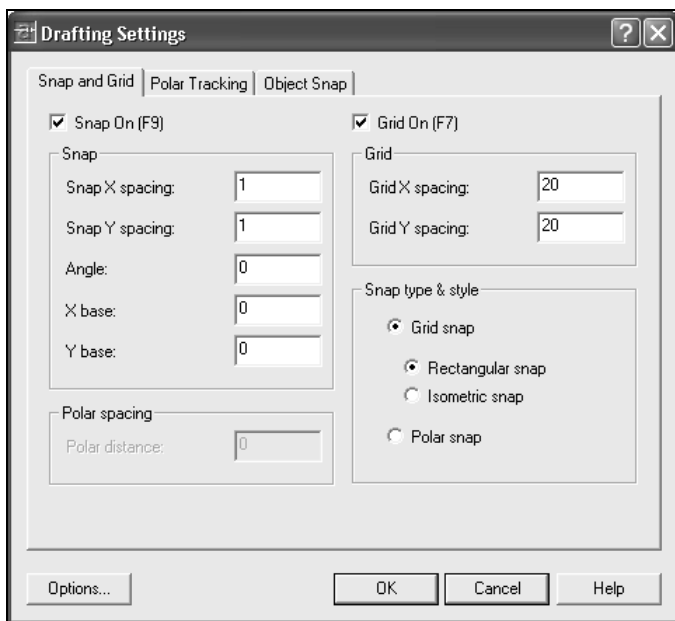


Рис. 1.6. Выбор функции **Settings** в контекстном меню




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 **ОК**.

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** (Слой) (можно использовать кнопку  **Layers** (Слой) 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 **ОК**

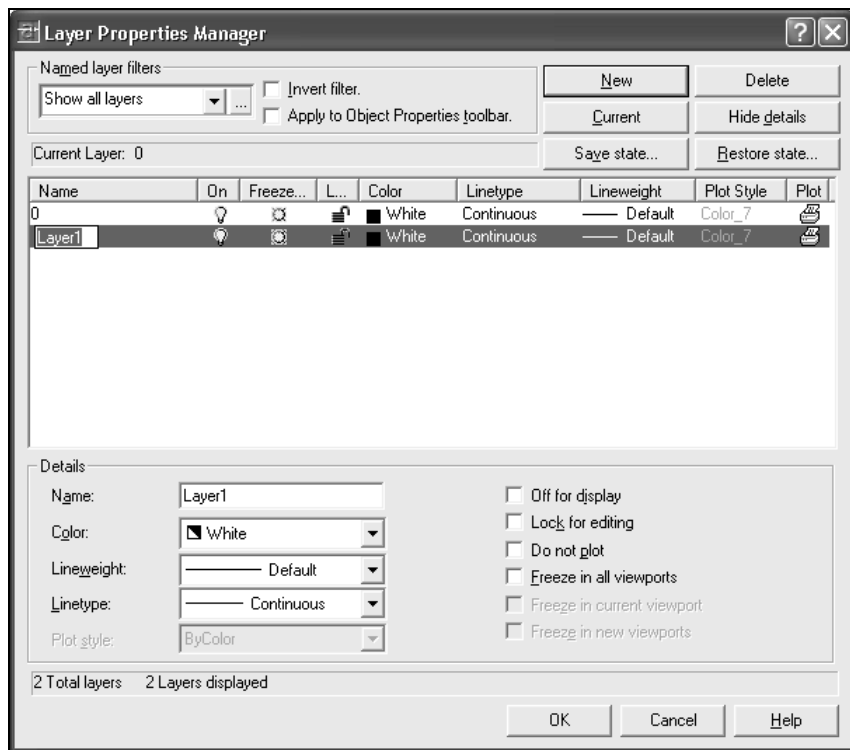


Рис. 1.8. Диалоговое окно **Layer Properties Manager**

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 **White** (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**.

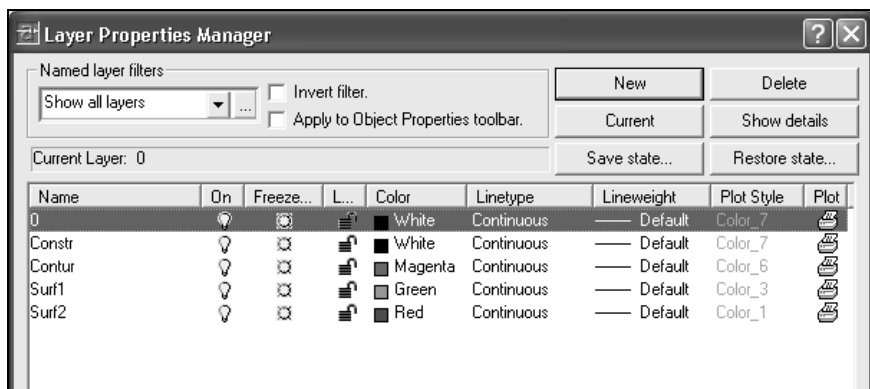


Рис. 1.9. Создание новых слоев

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

## 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)  $\Rightarrow$  **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)  $\Rightarrow$  **3D Views** (3М Виды)  $\Rightarrow$  **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)  $\Rightarrow$  **Viewports** (Видовые экраны)  $\Rightarrow$  **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 **ОК**.

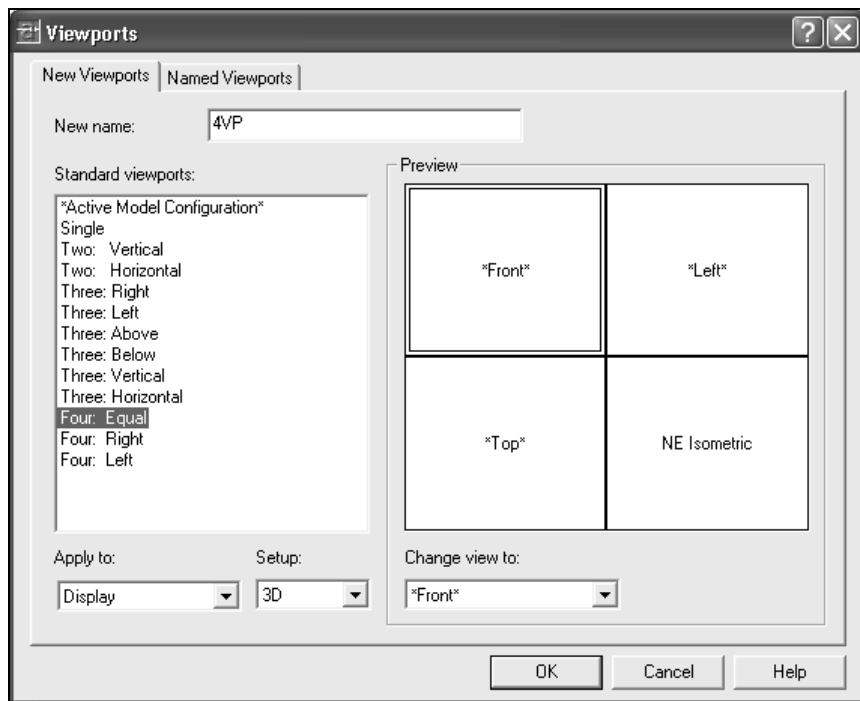
Второй способ более удобен — автоматизированное создание ВЭ. Для этого нужно выполнить следующие действия.

1. Выбрать пункт **View** (Вид)  $\Rightarrow$  **Viewports** (Видовые экраны)  $\Rightarrow$  **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 **Apply 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 **ОК**.
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.

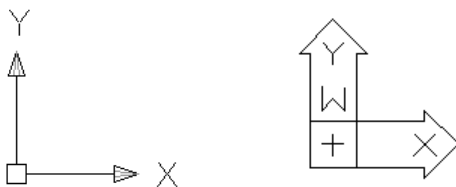


Рис. 1.11. Знак UCS в AutoCAD 2002, 2004 (слева) и в более ранних версиях системы (справа)

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)  $\Rightarrow$  **Display** (Отображение)  $\Rightarrow$  **UCS Icon** (Знак ПСК)  $\Rightarrow$  **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-

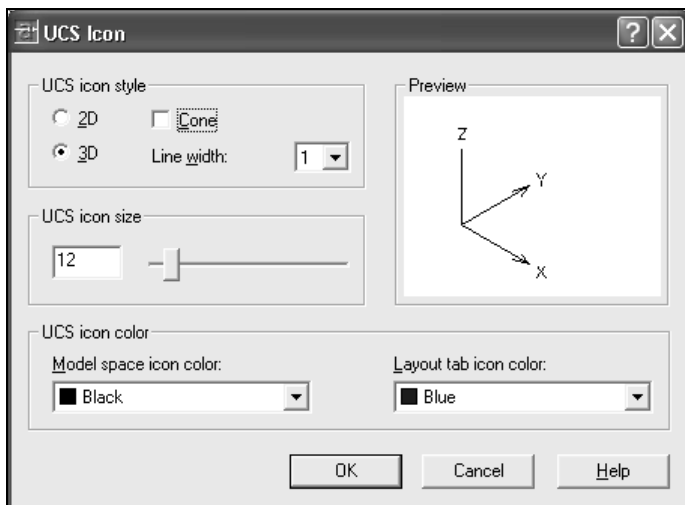


Рис. 1.12. Выбор стиля знака ПСК в диалоговом окне **UCS Icon**

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);