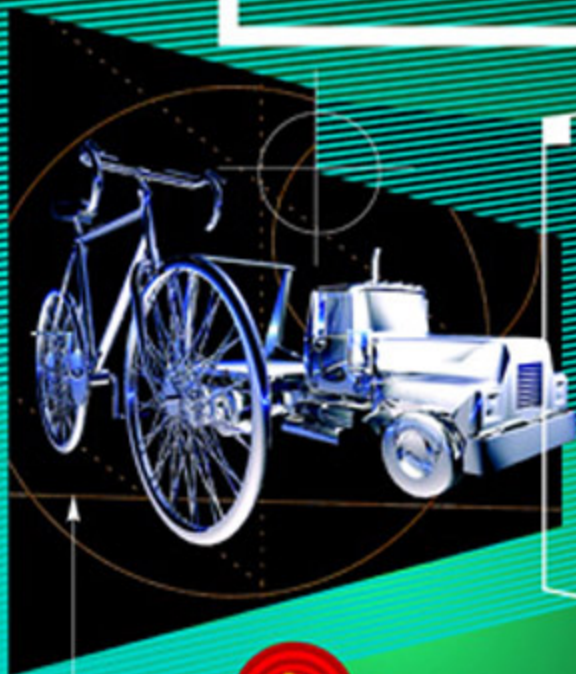


AutoCAD

Трехмерное моделирование и дизайн



Новые возможности
версий 2000 и 2002

Алгоритмы создания
пространственных
моделей

Получение
фотореалистичных
изображений

Подготовка к печати
машиностроительных
чертежей



Виктор Погорелов

AutoCAD

Трехмерное моделирование и дизайн

Санкт-Петербург

«БХВ-Петербург»

2003

УДК 681.3.06
ББК 32.973.26-018.2
П43

Погорелов В. И.

П43 AutoCAD: трехмерное моделирование и дизайн. —
СПб.: БХВ-Петербург, 2003. — 288 с.: ил.

ISBN 5-94157-210-7

Книга предназначена для практического освоения компьютерного моделирования пространственных интерьеров и конструкций в среде широко распространенной программы AutoCAD. В книге используется уникальный способ изложения материала, основанный на конкретных алгоритмах для создания, редактирования и просмотра типовых каркасных, поверхностных и объемных моделей. Материал сопровождается упражнениями, иллюстрирующими практическое применение этих алгоритмов. Подробно излагается технология преобразования объемных тел в плоские виды, используемые при подготовке конструкторской документации для печати. Также большое внимание уделяется алгоритмам создания презентационных материалов путем раскрашивания и тонирования моделей с использованием источников света, сцен, материалов и наложения текстур. В основу книги положены рабочие материалы, использовавшиеся автором в авторизованном учебном центре компании Autodesk при проведении занятий по курсу с аналогичным названием. Книга рассчитана на конструкторов-машинистов различного профиля, архитекторов, картографов и дизайнеров, обладающих начальными навыками двухмерного черчения в AutoCAD или в аналогичных программах.

Для широкого круга пользователей

УДК 681.3.06
ББК 32.973.26-018.2

Группа подготовки издания:

Главный редактор	<i>Екатерина Кондукова</i>
Зав. редакцией	<i>Григорий Добин</i>
Редактор	<i>Нина Седых</i>
Компьютерная верстка	<i>Натальи Караваевой</i>
Корректор	<i>Виктория Пиотровская</i>
Дизайн обложки	<i>Игоря Цырульникова</i>
Зав. производством	<i>Николай Тверских</i>

Лицензия ИД № 02429 от 24.07.00. Подписано в печать 28.02.03.

Формат 70×100^{1/16}. Печать офсетная. Усл. печ. л. 23,22.

Тираж 4000 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

ПРЕДИСЛОВИЕ	1
ВВЕДЕНИЕ	3
Почему следует использовать трехмерное моделирование	3
Пространственные модели	4
Ограничения AutoCAD при работе с пространственными моделями	5
Особенности интерфейса AutoCAD 2000	6
Особенности интерфейса AutoCAD 2002	7
Требования к системе	8
Структура книги	9
Глава 1. Ввод трехмерных координат	9
Глава 2. Каркасные модели	10
Глава 3. Формирование поверхностных моделей	10
Глава 4. Просмотр трехмерных моделей	10
Глава 5. Формирование типовых объемных тел	10
Глава 6. Модифицирование и редактирование тел в пространстве	10
Глава 7. Использование AutoCAD DesignCenter для доступа к компонентам чертежа	11
Глава 8. Создание плоских видов из трехмерных моделей	11
Глава 9. Именованные виды	11
Глава 10. Моделирование освещения и тонирование изображений трехмерных моделей	11
Глава 11. Работа с растровыми изображениями	12
Важные замечания	12
Упражнения	13
Упражнение 1. Создание ярлыка AutoCAD на рабочем столе	13
Упражнение 2. Создание папки UPFRAGN на диске C:	13
Упражнение 3. Автоматическая загрузка AutoCAD после включения компьютера	14

ГЛАВА 1. ВВОД ТРЕХМЕРНЫХ КООРДИНАТ.....	15
1.1. Декартовы координаты.....	15
Абсолютные координаты.....	16
Относительные координаты.....	16
Координатные фильтры	17
1.2. Цилиндрические координаты.....	20
Абсолютные цилиндрические координаты	20
Относительные цилиндрические координаты.....	21
1.3. Сферические координаты	22
1.4. Создание пользовательской системы координат	22
1.5. Пиктограммы ПСК.....	28
1.6. Объектные привязки	29
1.7. Ручки	32
1.8. Работа с уровнем и высотой	33
1.9. Панели инструментов и команды для работы с пользовательскими системами координат.....	34
1.10. Упражнение по работе с различными ПСК	36
ГЛАВА 2. КАРКАСНЫЕ МОДЕЛИ.....	43
2.1. Редактирование плоской полилинии	44
2.2. Построение трехмерных полилиний	46
2.3. Редактирование трехмерных полилиний	47
2.4. Натягивание поверхностей на каркас	47
2.5. Некоторые команды для создания каркасных моделей.....	49
2.6. Упражнение по созданию каркасной модели в пространстве.....	50
2.7. Упражнение по натягиванию поверхности на каркас.....	53
ГЛАВА 3. ФОРМИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ МОДЕЛЕЙ.....	57
3.1. Построение сетей.....	57
Панель инструментов для построения поверхностей	58
3.2. Построение типовых поверхностных фигур.....	67
3.3. Команды создания поверхностей	72
3.4. Упражнение на построение комплексной модели из различных поверхностей.....	73
3.5. Упражнение на использование команды PFACE	79

ГЛАВА 4. ПРОСМОТР ТРЕХМЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ	81
4.1. Типовые направления проецирования.....	81
4.2. Дополнительные направления проецирования.....	82
4.3. Работа с трехгранником осей и компасом.....	83
4.4. Быстрый переход к виду в плане	84
4.5. Использование режима 3D Orbit	85
Опции контекстного меню	86
4.6. Перспективные виды.....	91
4.7. Панели инструментов и команды для визуализации объектов.....	92
4.8. Упражнение на создание и динамическую визуализацию 3М-модели	95
ГЛАВА 5. ФОРМИРОВАНИЕ ТИПОВЫХ ОБЪЕМНЫХ ТЕЛ	103
5.1. Управление отображением твердых тел на экране	103
5.1.1. Каркасное изображение тела	103
5.1.2. Сетевое изображение тела.....	104
5.1.3. Контурное представление объемной модели	105
5.2. Построение типовых объемных тел.....	105
5.3. Построение тел вращения	111
5.4. Построение тел выдавливанием.....	111
5.5. Построение сложных тел	112
5.6. Панель инструментов и команды создания твердых тел	116
5.7. Упражнение по созданию стула из параллелепипедов	118
5.8. Упражнение по созданию стола.....	122
5.9. Упражнение по созданию тела вращения.....	124
ГЛАВА 6. МОДИФИЦИРОВАНИЕ И РЕДАКТИРОВАНИЕ ТЕЛ В ПРОСТРАНСТВЕ	127
6.1. Модифицирование объектов в пространстве	128
6.2. Редактирование тел.....	136
6.3. Модифицирование граней	139
6.4. Модифицирование ребер	145
6.5. Панель инструментов и команды модифицирования и редактирования тел.....	146
6.6. Упражнение на редактирование объектов при создании скобы.....	148
6.7. Упражнение на применение команды размножения тел при создании подшипника.....	152
6.8. Упражнение на создание помещения из двух комнат	154

ГЛАВА 7. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ AUTOCAD DESIGNCENTER ДЛЯ ДОСТУПА К КОМПОНЕНТАМ ЧЕРТЕЖА	159
7.1. Вызов и устройство диалогового окна AutoCAD DesignCenter	160
7.1.1. Управление отображением объектов в зоне структуры	162
7.1.2. Загрузка источников в палитру	162
7.2. Поиск источников	165
7.3. Открытие файлов рисунков	168
7.4. Вставка элементов других чертежей в текущий рисунок	168
7.5. Работа с папкой Favorites	174
7.6. Создание библиотек и работа с ними	176
7.7. Упражнение на создание библиотеки из блоков	177
7.8. Упражнение на использование библиотеки блоков	178
ГЛАВА 8. СОЗДАНИЕ ПЛОСКИХ ВИДОВ ИЗ ТРЕХМЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ	181
8.1. Применение команды SOLVIEW для создания плавающих видовых экранов	182
8.2. Формирование плоских видов в видовых экранах	187
8.3. Создание сечений с помощью команды SOLPROF	191
8.4. Упражнение на подготовку чертежа к печати	192
ГЛАВА 9. ИМЕНОВАННЫЕ ВИДЫ	199
9.1. Работа с именованными видами	199
9.2. Упражнение по работе с именованными видами	204
ГЛАВА 10. МОДЕЛИРОВАНИЕ ОСВЕЩЕНИЯ И ТОНИРОВАНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ ТРЕХМЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ	207
10.1. Удаление скрытых линий	207
10.2. Создание раскрашенных изображений	211
10.3. Работа с материалами	213
10.4. Источники света	222
10.5. Тонирование и сцены	230
10.6. Использование ландшафтов	232
10.7. Завершающая стадия тонирования	234
10.8. Запись и чтение тонированных изображений	239
10.9. Печать тонированных изображений	243
10.10. Панель инструментов и команды тонирования изображений	244

10.11. Упражнение на тонирование модели интерьера	247
10.12. Упражнение на присвоение текстуры	249
10.13. Упражнение на получение фотореалистичного изображения модели.....	251
ГЛАВА 11. РАБОТА С РАСТРОВЫМИ ИЗОБРАЖЕНИЯМИ.....	255
11.1. Поддерживаемые AutoCAD типы растровых файлов	256
11.2. Присоединение и выгрузка растровых файлов	257
11.3. Подрезка изображений.....	259
11.4. Настройка параметров отображения растрового изображения.....	261
11.5. Панель инструментов и команды для работы с растровыми изображениями	263
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	267
ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ	269

Предисловие

Начиная с 1982 г., когда она была выпущена под именем MicroCAD, программа AutoCAD широко используется миллионами проектировщиков во всем мире как инструмент для создания плоских чертежей, заменивший обычное черчение на листе бумаги. Не менее часто сегодня используются и такие компьютерные программы, как Mechanical Desktop, Solid Works, Pro/Engineer, Inventor и другие, ориентированные на трехмерное проектирование, идеология которого основана на создании пространственных моделей, которые преобразуются затем в плоские чертежи. Кроме программ компьютерного проектирования на рынке компьютерных услуг широкое распространение находят и специализированные графические пакеты, такие, например, как Photoshop, 3D Studio, CorelDraw, которые позволяют получать презентационные изображения высокого качества. Как программы трехмерного проектирования, так и программы растровой графики предъявляют повышенные требования к ресурсам и вычислительным возможностям компьютера, что ограничивает круг пользователей, которые могли бы их использовать, да и сами эти программы ориентированы на решение конкретного диапазона задач.

Начиная с AutoCAD версии R14 программа перестала быть инструментом наиболее эффективным только при создании плоских чертежей. Теперь ее разработчик, компания Autodesk, предоставил возможность не только создавать плоские чертежи из трехмерных моделей, но и возможность создания презентационных материалов, не уступающих во многих случаях по качеству графическим пакетам. Конечно, возможности AutoCAD в этой части ограничены по сравнению с мощными и универсальными графическими специализированными программами, но при соответствующем навыке вполне достаточны для решения большинства практических задач. Здесь проявляются достоинства AutoCAD в части времени разработки всего проекта, низких требований к вычислительным ресурсам и возможности стыковки его с любыми другими графическими пакетами для получения, например, анимационных или фотореалистичных изображений наивысшего качества.

Множество книг, опубликованных по AutoCAD, в той или иной степени содержат сведения об этих возможностях программы. В то же время отсутствуют

издания, в которых трехмерное проектирование и дизайн излагались бы с единых методологических позиций, важных для практического освоения любой программы. В настоящей книге сделана попытка восполнить этот пробел.

Содержание книги основано на рабочих материалах, которые автор использовал при проведении занятий со слушателями в авторизованном учебном центре компании Autodesk при Санкт-Петербургской Академии методов и техники управления (ЛИМТУ). Многие идеи этой книги выкристаллизовались в результате плодотворных дискуссий с коллегами по авторизованному центру профессором Сокурено Ю. А. и преподавателем Кошманом А. В., за что автор искренне им признателен. Особую благодарность мне хотелось бы выразить также Пономаренко С. И., который посоветовал мне преобразовать рабочие материалы в отдельное печатное издание.

Автор с благодарностью примет любые замечания и пожелания по содержанию и оформлению книги, которые следует направлять по адресу:

195009, Санкт-Петербург, Бобруйская ул., 4. Издательство "ВНУ-Петербург".

E-mail: kat@bhv.ru

Введение

Во введении сначала остановимся на причинах, по которым мы пользуемся трехмерным моделированием, обсудим виды пространственных моделей, поддерживаемых AutoCAD, и ограничения данной программы. Кроме того, приведем особенности интерфейса AutoCAD 2000 и 2002, основные требования к компьютерной системе, на которой программа может быть установлена, и краткий обзор книги по главам. Введение завершается тремя упражнениями, которые имеют справочный характер, но позволяют создать минимальные комфортные условия для работы в AutoCAD.

Почему следует использовать трехмерное моделирование

Пользователи, освоившие плоское черчение, в большинстве случаев считают, что трехмерное моделирование — это нечто сложное, требующее особых усилий и затрат для изучения, а само черчение в пространстве значительно сложнее, чем черчение на плоскости. На самом же деле все оказывается с точностью наоборот, в чем они убеждаются сразу же после освоения пространственного черчения. Для сомневающихся в необходимости изучения новых методов работы перечислим сначала некоторые основные достоинства пространственного моделирования. Нужно сначала определиться, зачем и в каких случаях это необходимо использовать.

- *Наглядность.* Пространственная модель всегда выглядит более реалистично, чем плоская, даже если она и далека от реального объекта. Пространственную модель можно рассмотреть с любой стороны и из любой точки пространства, можно заставить ее непрерывно поворачиваться вокруг оси вращения с заданной скоростью. Имеется возможность проверить взаимодействие отдельных ее частей между собой и просмотреть модель изнутри, проведя плоские сечения. А чего стоит одна возможность удаления скрытых линий и создания реалистичного вида, если воспользоваться методами раскрашивания и тонирования.
- *Возможность преобразования в 2М.* Пространственное тело всегда можно преобразовать в плоские виды, что хорошо сочетается в себе оба способа черчения.

- ❑ *Одновременное отражение изменений.* Несомненным достоинством пространственного черчения является синхронное отражение изменений на всех видах модели при внесении их на одном из них.
- ❑ *Возможность вывода на устройства для создания объемных тел.* Компьютерные данные о модели в AutoCAD могут быть использованы для создания реальных физических объектов на специальных машинах. Команда STLOUT (ЭКСПОРТСТЛ) преобразует файлы чертежей в данные, имеющие формат, совместимый с стереолитографическими аппаратами, создающими модели из жидкой резины.
- ❑ *Создание презентаций и документов.* Пространственные модели могут быть реалистично раскрашены и тонированы, что используется для проверки правильности созданной модели и при создании презентаций, рекламных материалов и всевозможных отчетов и документов.
- ❑ *Возможность проведения инженерного анализа и извлечения характеристик, таких как площадь, масса и моменты инерции, необходимых для производства.* Особенно полезной представляется возможность получения всех моментов инерции относительно произвольных осей координат. А что уж говорить о калькуляторе, о существовании которого в AutoCAD некоторые даже и не подозревают (хотя это и не имеет особого отношения к пространственному черчению).
- ❑ *Трехмерные координаты.* Имеется полноценная возможность ввода декартовых, цилиндрических и сферических пространственных координат.
- ❑ *Пользовательские системы координат (ПСК).* Для работы в различных точках пространства можно использовать перемещаемую систему координат, к которой можно при необходимости многократно возвращаться, если присвоить ей уникальное имя.
- ❑ *Множество видовых экранов.* Графическая зона экрана может быть разбита на множество видовых экранов, в которых можно просматривать пространственную модель из разных точек и направлений в пространстве.

Пространственные модели

AutoCAD позволяет создавать три типа пространственных моделей:

1. *Каркасные модели,* состоящие из комбинации отрезков, дуг, кругов, эллипсов и других графических объектов, размещенных в пространстве. Эти модели как будто сделаны из кусочков проволоки, соединенных между собой. Недаром в английском языке они называются словом wireframe (проволочные модели). На первый взгляд может показаться полная бесполезность и никчемность таких моделей. Однако и здесь все с точностью наоборот, потому что на каркас можно натянуть поверхность, что очень удобно сделать, так как имеются уже готовые точки для

ее привязки. С полученной поверхностной моделью можно делать все, что угодно. А если еще учесть, что такая модель не требует больших объемов памяти для рисунка, то вот и основные достоинства каркасной модели. Есть, конечно, и недостатки, но связаны они с особенностями построения поверхностей в AutoCAD, а не с самой идеей создания моделей на основе каркаса.

2. *Поверхностные модели.* Это следующий шаг в создании реалистичных объектов, состоящих из комбинации разнообразных поверхностей, которых в программе огромное множество.
3. *Твердотельные модели,* которые подобны реальному объекту и состоят не только из линий и поверхностей, но и из объемных тел. Здесь нужно отметить, что на экране монитора как поверхностная модель, так и твердотельная все равно представляется в виде каркаса (для экономии ресурсов компьютера и увеличения скорости обработки изображений, ведь AutoCAD — программа векторной графики, а не растровой). Чтобы увидеть такие модели в нужном изображении, следует воспользоваться специальными средствами для их просмотра, такими как скрытие линий, раскрашивание или тонирование.

Ограничения AutoCAD при работе с пространственными моделями

Теперь остановимся на основных недостатках программы, которые ощутимы при работе с пространственными моделями, а именно, чего не хватает. Правда, это, скорее всего, привело бы к усложнению программы, и чем бы она тогда отличалась от тяжелых специализированных пакетов? Эти доводы чаще всего приводятся в качестве достоинства программ, в которых такие возможности уже реализованы. Тема настолько избитая и риторическая, что ее даже не хочется серьезно обсуждать. Спрашивается, зачем использовать SolidWorks для задач, которые легко и быстро решаются при помощи AutoCAD, к которому вы так привыкли. Или зачем вам переходить на AutoCAD, если вы прекрасно обходитесь КОМПАСОМ и ваши заказчики не требуют обязательного исполнения чертежей в AutoCAD.

Итак, ниже перечислены основные недостатки AutoCAD.

- ❑ **Плоский интерфейс.** Интерфейс с пространственными моделями осуществляется через двумерные устройства ввода, такие как мышь или дигитайзер. Но ведь так работает и большинство других графических программ.
- ❑ **Вывод изображений.** Используется плоский экран монитора или принтер (плоттер) компьютера, поэтому изображение пространственной модели фактически плоское.

- ❑ Переход от пространственных тел к плоским видам не завершен. Этот недостаток, правда, легко устраняется, если тщательно продумать порядок создания плоских видов. Однако все равно неудобно, когда ошибочно созданные слои не удается удалить, хотя они в общем-то и не мешают дальнейшей работе.
- ❑ Поверхности создаются в виде комбинации плоских многоугольных сетей, грани которых плоские (например, в Mechanical Desktop имеется возможность создания настоящих поверхностей), поэтому возникают проблемы с их визуализацией, а следовательно, и с выбором объектов. Трудно также передавать такие поверхности в другие приложения для последующего использования.
- ❑ Ограничены возможности редактирования поверхностей. AutoCAD имеет бедный набор инструментов для редактирования поверхностных объектов (например, невозможно создать круглые или прямоугольные отверстия в уже построенной поверхности. Команды TRIM (ОБРЕЗАТЬ), EXTEND (УДЛИНИТЬ), BREAK (РАЗОРВАТЬ), CHAMFER (ФАСКА) и FILLET (СОПРЯЖЕНИЕ) в этих случаях не работают. Приходится удалять поверхность, создавать отверстие, а затем плоскую поверхность вокруг него.
- ❑ AutoCAD не может создавать твердотельные модели, основанные на:
 - спиральных кривых;
 - скруглении граней объектов с переменным радиусом;
 - параметрическом моделировании (редактировании путем изменения размеров);
 - анимации тонированных изображений.

Эти возможности отсутствуют не случайно, т. к. в противном случае программа станет более требовательной к ресурсам компьютера.

Особенности интерфейса AutoCAD 2000

По сравнению с предыдущей версией AutoCAD R14, эта версия AutoCAD имеет 400 новых функций и усовершенствований. Ниже приведены основные из них.

- ❑ Многозадачная среда проектирования (Multiple Document Environment, MDE) — обработка нескольких рисунков в одном сеансе.
- ❑ Центр управления AutoCAD (AutoCAD DesignCenter) — просмотр и перетаскивание компонентов из любых рисунков, открытых или закрытых, а также расположенных на удаленных дисках, в текущий рисунок AutoCAD.

- ❑ Новая команда QDIM (ВРАЗМЕР) — быстрое автоматическое нанесение размеров для выбранного объекта.
- ❑ Привязка (AutoSnap) / автоотслеживание (AutoTrack) — проектирование и редактирование без необходимости выполнять вспомогательные геометрические построения.
- ❑ Частичное открытие файлов (Partial Open) — открытие и редактирование рисунка и внешних ссылок пофрагментно.
- ❑ Частичная подгрузка файлов (Partial Load) — динамическая загрузка отдельных частей рисунка и внешних ссылок в процессе работы.
- ❑ Динамическая визуализация объектов (3M Orbit) — вращение и изменение масштаба тонированных и каркасных моделей в реальном времени.
- ❑ Множество активных рабочих плоскостей в видовых экранах — возможность присвоения каждому видовому экрану своей пользовательской системы координат.
- ❑ Редактирование внешних ссылок по месту их вставки.
- ❑ Менеджер свойств объектов (Property Manager) — просмотр и изменение практически всех свойств объекта в диалоговом окне.
- ❑ Расширенные возможности адаптации — создание приложений с помощью ObjectARX API, ActiveX Automation API и на языке AutoLISP в интегрированной среде разработок Visual LISP.
- ❑ Расширенный доступ к удаленным ресурсам. Доступ к Web-страницам с помощью простого браузера из диалоговых окон для сохранения, открытия и вызова рисунков.
- ❑ Новое диалоговое окно просмотра.
- ❑ Глобальный поиск и замена по тексту.
- ❑ Редактирование объектов в различных режимах визуализации, включая каркасные модели и тонирование по Гуро.
- ❑ Значительное увеличение скорости сохранения рисунков, создания блоков и редактирования объектов.
- ❑ Расширенные возможности для вывода рисунков на печать.

Особенности интерфейса AutoCAD 2002

По сравнению с AutoCAD 2000 новая версия не претерпела существенных изменений с точки зрения пространственного моделирования. Отметим некоторые полезные изменения, которые в какой-то мере используются при работе в пространстве.

- ❑ Ассоциативность размеров. Вслед за изменением геометрии объекта после его редактирования автоматически изменяются и его размеры. Выноски также ассоциативны.

- ❑ Простановка ассоциативных размеров в пространстве листа. Можно предоставлять размеры в пространстве модели на компоновке без последующей корректировки масштаба размеров и создания специального слоя для размерного текста.
- ❑ Новые возможности для использования и редактирования атрибутов. Добавлен Менеджер атрибутов блоков и Мастер извлечения атрибутов блоков, которые значительно упрощают работу с атрибутами.
- ❑ Расширение возможностей хранения данных в электронных файлах с расширением DWF. Эта технология позволяет автоматически включать в рисунок шрифты, файлы внешних ссылок и растровых изображений, связанных с ним.
- ❑ Изменение диалогов команд создания полярных и прямоугольных массивов. Команды имеют диалоговые окна, облегчающие настройку создания объектов в виде массивов.
- ❑ Возможность автоматического генерирования Web-страниц в формате HTML с использованием форматов сжатых растровых изображений непосредственно из AutoCAD.
- ❑ Возможность переноса документов из Web-сайта в текущий чертеж AutoCAD. Документ перетаскивается в чертеж по обычной технологии, используемой в Windows.
- ❑ Улучшен порядок выполнения команд построения радиусов сопряжения и создания фасок.

Требования к системе

Трехмерное моделирование требует максимального использования существующих ресурсов компьютера, поэтому в табл. В1 приводятся необходимые сведения, позволяющие подобрать компьютер с подходящими характеристиками, обеспечивающими оптимальную работу с пространственными моделями.

Таблица В1. Минимальные требования к аппаратному и программному обеспечению

№	Оборудование/ Программы	AutoCAD 2000	AutoCAD 2002
1	Операционная система	Windows 95, NT	Windows 98, NT
2	Процессор	Pentium 233	Pentium 233
3	ОЗУ	32 Мбайта	32 Мбайта
4	Видео	800 × 600 VGA, 256 цветов	800 × 600 VGA, 256 цветов

Таблица В1 (окончание)

№	Оборудование/ Программы	AutoCAD 2000	AutoCAD 2002
5	Жесткий диск	<ul style="list-style-type: none"> • 130 Мбайт для установки • 64 Мбайта для файлов подкачки • 50 Мбайт свободного пространства на системном диске 	<ul style="list-style-type: none"> • 130 Мбайт для установки • 64 Мбайта для файлов подкачки • 60 Мбайт свободного пространства на системном диске
6	Устройство для работы	Мышь, трекбол или другое устройство	Мышь, трекбол или другое устройство
7	CD-ROM	С любой скоростью, требуется для установки программы	С любой скоростью, требуется для установки программы
8	Дополнительное оборудование	<ul style="list-style-type: none"> • Видеоадаптер, поддерживаемый Windows • Принтер или плоттер • Доступ к Интернету 	<ul style="list-style-type: none"> • Видеокарта, совместимая с 3D Open GL • Принтер или плоттер • Доступ к Интернету
9	Web-браузер	Internet Explorer 3 или Netscape Navigator 3	Internet Explorer 5 или Netscape Navigator 4.5

Структура книги

Книга состоит из 11 тематических глав, предисловия, введения и списка использованных источников. Каждая глава завершается упражнениями, выполнение которых позволяет освоить изложенные в главе алгоритмы.

Глава 1. Ввод трехмерных координат

В этой главе описываются способы задания декартовых, цилиндрических и сферических координат, используемых при построении трехмерных моделей. Излагаются приемы работы с уровнем, высотой и пользовательской системой координат.

Глава 2. Каркасные модели

Описываются способы построения двухмерных объектов, помещенных в трехмерное пространство и состоящих из плоских линий, кривых и трехмерных полилиний. Объекты не имеют ни поверхности, ни объема, но позволяют создавать пространственные изображения после натягивания на них поверхностей.

Глава 3. Формирование поверхностных моделей

Построение сетей из четырехугольных ячеек по заданному массиву координат вершин, из плоских граней с тремя или четырьмя ребрами, из плоских граней с произвольным числом ребер. Построение поверхности соединения, сдвига, поверхности тела вращения и поверхности, заданной четырьмя кромками (поверхность Кунса). Построение типовых поверхностных фигур.

Глава 4. Просмотр трехмерных моделей

Изложены способы просмотра трехмерных моделей в AutoCAD: типовые и дополнительные направления проецирования (команда `VPOINT` (ТЗРЕНИЯ)), работа с трехгранником осей и компасом (команда `VPOINT` (ТЗРЕНИЯ)), быстрый переход к полному виду в плане (команда `PLAN` (ПЛАН)), использование инструмента **3D Orbit** (3М орбита) (новинка AutoCAD 2000), создание перспективных видов (команда `DVIEW` (ДВИД)).

Глава 5. Формирование типовых объемных тел

Твердые тела хранят информацию о своих объемных свойствах, таких как объем, момент инерции и центр масс. Их легче строить и редактировать, чем каркасные модели и сети. До операции подавления скрытых линий, раскрашивания или тонирования они имеют внешний вид, аналогичный каркасным, поэтому сначала рассматриваются способы управления отображением твердых тел на экране. Рассматриваются алгоритмы построения типовых объемных тел, тел вращения и создания тел при помощи выдавливания. Рассматриваются команды, позволяющие строить сложные тела.

Глава 6. Модифицирование и редактирование тел в пространстве

Модифицирование объектов в пространстве. Редактирование трехмерных тел. Модифицирование граней и ребер.

Глава 7. Использование AutoCAD DesignCenter для доступа к компонентам чертежа

Вызов AutoCAD DesignCenter (Центр управления AutoCAD) и назначение его инструментов. Работа с зоной структуры и палитрой. Открытие рисунков. Поиск содержимого. Вставка блоков, растровых изображений и внешних ссылок. Копирование блоков из рисунка в рисунок. Вставка элементов сторонних приложений. Копирование слоев из рисунка в рисунок. Работа с папкой Favorites (Избранное). Упрощение поиска рисунков и блоков.

Глава 8. Создание плоских видов из трехмерных моделей

В базовый комплект AutoCAD включены программы Solview, Soldraw и Solprof, которые помогают скомпоновать в пространстве листа чертежи трехмерной модели. Рассматриваются алгоритмы применения команды SOLVIEW (Т-ВИД) для размещения на бумаге видовых экранов, команды SOLDRAW (Т-РИСОВАНИЕ) для нанесения штриховки и формирования скрытых линий, команды SOLPROF (Т-ПРОФИЛЬ) для создания сечений. Описывается команда MVSETUP (ФОРМАТЛ), которая служит для согласованной настройки нескольких видовых экранов, расположенных в одном пространстве листа.

Глава 9. Именованные виды

Излагаются алгоритмы сохранения текущего и стандартного видов, восстановления именованного вида и удаления ненужного именованного вида. Рассматривается порядок загрузки именованного вида при открытии чертежа, а также порядок выбора именованного вида при создании сцены для тонирования.

Глава 10. Моделирование освещения и тонирование изображений трехмерных моделей

Способы представления трехмерных моделей. Удаление скрытых линий. Построение раскрашенных и тонированных изображений. Подготовка моделей для тонирования. Техника тонирования. Задание условий тонирования. Тонирование на фоне картинки. Тонирование и источники света. Тонирование с тенями. Основные принципы освещения. Установка источников света. Тонирование и материалы. Определение материалов. Работа с материалами, блоками и слоями. Наложение текстур. Импорт и экспорт материалов. Тонирование и сцены. Запись и чтение тонированных изображений. Печать тонированных изображений.

Глава 11. Работа с растровыми изображениями

Для черчения AutoCAD использует векторный формат. Рисунки присоединяются к чертежу, а не становятся его частью, AutoCAD запоминает путь к файлу рисунка. Поддерживаемые форматы файлов. Настройка скорости обработки изображений. Подрезка изображений. Присоединение рисунка. Вставка и масштабирование изображения. Менеджер рисунков. Изменение путей к изображениям. Присвоение имен изображениям. Редактирование изображений и их границ. Изменение положения изображений. Изменение масштабов, углов поворота и размеров изображений. Изменение цвета и прозрачности монохромных изображений. Регулировка яркости, контрастности и слияния с фоном.

Важные замечания

- ❑ Для сокращения объема книги основные операции черчения в пространстве представлены в виде алгоритмов с необходимыми пояснениями.
- ❑ Большинство команд AutoCAD могут вызываться по крайней мере пятью способами: из командной строки, с помощью меню, с помощью контекстного меню (активизируемого правой кнопкой мыши), с помощью кнопки на панели инструментов и из экранного меню. При записи алгоритмов в книге вызов команд описывается в основном с помощью меню для англоязычной и русифицированной версий программы.
- ❑ Следует иметь в виду, что в русифицированной версии при вызове команд из командной строки можно пользоваться их англоязычными оригиналами, но в этом случае перед первым символом команды ставится символ подчеркивания.
- ❑ Все команды, опции, запросы и ответы в командной строке в книге выделены моноширинным шрифтом, системные переменные — **полужирным**.
- ❑ Материал книги основывается на последней версии программы AutoCAD 2002. Нужно отметить, что она не претерпела существенных изменений с точки зрения черчения в пространстве по сравнению с предыдущими версиями AutoCAD 2000 и 2000i. Книга может применяться пользователями обеих версий. Эта особенность программы и нашла отражение в ее заголовке.
- ❑ Пользователям других версий программы рекомендуется ознакомиться с особенностями интерфейса программ AutoCAD 2000 и 2002, приведенными выше. В конце концов, для вызова команд в нашем распоряжении всегда имеется командная строка и экранное меню. Алгоритмы построения пространственных объектов так и останутся алгоритмами в любой

версии. В наилучшем положении окажутся пользователи AutoCAD версии R14, для которых корректировка алгоритмов и вызова команд пройдет вообще безболезненно. Кроме того, можно для себя создать нужные панели инструментов и работать с ними. Те, кто работает с AutoCAD, знают, насколько он универсален и легко адаптируем к любым требованиям вне зависимости от версии.

- Дизайнерам, а также тем, кто собирается создавать рекламные и презентационные материалы, рекомендуется пользоваться AutoCAD не ниже версии R14, а еще лучше — не ниже AutoCAD 2000.

Теперь мне остается только пожелать вам успешной работы, и, если приведенные ниже упражнения не заинтересуют вас, сразу же переходите к освоению очень важного для работы в пространстве материала *главы 1*.

Упражнения

Упражнение 1. Создание ярлыка AutoCAD на рабочем столе

Для создания ярлыка программы на рабочем столе вашего компьютера необходимо выполнить следующую последовательность действий:

1. Щелкнуть правой кнопкой мыши на свободном поле рабочего стола Windows.
2. В контекстном меню выбрать: **New | Shortcut** (Создать | Ярлык).
3. В диалоговом окне **Create Shortcut** (Создание ярлыка) нажать кнопку **Browse** (Обзор).
4. В диалоговом окне **Browse** (Обзор) выбрать папку, в которую был установлен AutoCAD, например, Program Files\ AutoCAD2002, и нажать кнопку **ОК**.
5. Выбрать файл acad.exe и нажать кнопку **Open** (Открыть).
6. Вернуться на рабочий стол, где появится новый ярлык.

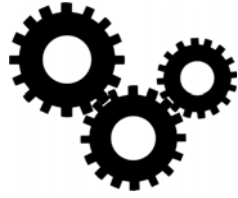
Упражнение 2. Создание папки UPRAGN на диске C:

1. Открыть окно с папками на диске C: **My Computer** (Мой компьютер | C:).
2. Щелкнуть правой кнопкой мыши на свободном поле окна (C:).

3. Из курсорного меню выбрать: **New | Folder** (Создать | Папку).
4. Заменить имя папки **New Folder** (Новая папка) на **UPRAGN** и вернуться на рабочий стол.

Упражнение 3. Автоматическая загрузка AutoCAD после включения компьютера

1. Войти в папку **Start Up** (Автозагрузка), для этого надо щелкнуть правой кнопкой мыши на кнопке **Start** (Пуск) панели Windows и в контекстном меню выбрать **Open** (Открыть), далее выбрать **Programs | Start Up** (Программы | Автозагрузка).
2. В папке **Start Up** (Автозагрузка) создать ярлык AutoCAD2002 или перетащить его копию с рабочего стола Windows.



Глава 1

Ввод трехмерных координат

В этой главе описываются способы задания декартовых, цилиндрических и сферических координат, используемых при построении трехмерных моделей. Излагаются приемы работы с уровнем, высотой и пользовательской системой координат. Для ввода координат точек объектов используется клавиатура, дигитайзер или мышь. Однако дигитайзер и мышь позволяют вводить координаты на плоскости, поэтому для ввода третьей координаты (по оси Z) обычно используются объектные привязки. Наиболее часто точки объектов определяются при помощи декартовой системы координат.

1.1. Декартовые координаты

При работе в пространстве используется правая декартовая система координат, а направление осей координат определяется по правилу правой руки (рис. 1.1).

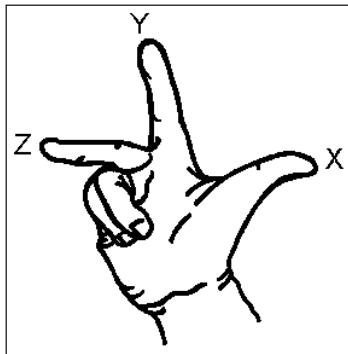


Рис. 1.1. Правило правой руки

Значения координат точек указываются в мировой системе координат WCS (МСК) (рис. 1.2) или в пользовательской системе координат UCS (ПСК). При создании нового рисунка по умолчанию текущей системой координат

всегда является МСК: ось X направлена горизонтально вправо вдоль поверхности экрана монитора, ось Y вертикально вверх, а ось Z перпендикулярно плоскости XY (перпендикулярно плоскости экрана монитора по направлению к пользователю). Декартовы координаты точек могут быть абсолютными и относительными.

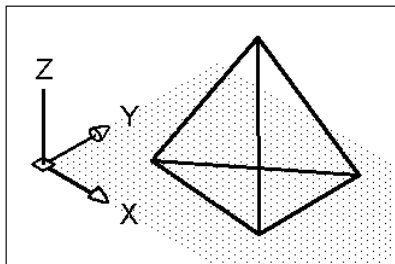


Рис. 1.2. Мировая система координат

Абсолютные координаты

Абсолютные координаты отсчитываются от начала текущей системы координат и указывают, на сколько единиц задаваемая точка отстоит от него по оси X , по оси Y и по оси Z . Значения проекций печатаются в командной строке через запятую.

Замечание

Повторное нажатие клавиши <Enter> позволяет ввести последние координаты, заданные в предыдущей команде.

В AutoCAD в качестве десятичного разделителя в записи вещественного числа всегда используется точка.

Пример 1.1

Запись $3.28, 6.41, 8.0$ соответствует координатам $X = 3.28$; $Y = 6.41$; $Z = 8.0$.

Относительные координаты

Этот способ ввода координат точек применяется в том случае, когда известно смещение точки относительно предыдущей. При этом сначала вводится символ @, а за ним — значения смещений. Если нужно задать точку с нулевым смещением по оси Z , то координата Z может быть опущена при вводе с клавиатуры, и в командной строке достаточно ввести только смещения по осям X и Y , а затем нажать клавишу <Enter>. Так, если ввести @6,8, а затем нажать клавишу <Enter>, то новая точка будет смещена относительно

предыдущей на $\Delta X = 6$, $\Delta Y = 8$, $\Delta Z = 0$. Для задания смещения только по оси Z следует ввести $\Delta X = 0$, $\Delta Y = 0$, т. е., например, @0,0,7.

Пример 1.2

Запись @-2.3,4.2,8.61 соответствует смещениям по осям координат от последней точки на $\Delta X = -2.3$, $\Delta Y = 4.2$, $\Delta Z = 8.61$.

Замечание

Ввод символа @ и нажатие клавиши <Enter> после запроса команды на ввод новой точки позволяет ввести координаты, заданные в предыдущей точке.

Координатные фильтры

Координатные фильтры позволяют сформировать координаты новой точки по координатам точек, уже построенных на рисунке. Обычно фильтры используются с объектными привязками (см. раздел 1.6). Координатные фильтры активизируются из командной строки или из контекстного меню (рис. 1.3), вызываемого правой кнопкой мыши при нажатой клавише <Shift>.

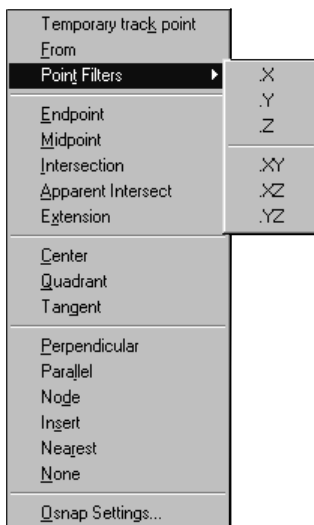


Рис. 1.3. Контекстное меню для вызова координатных фильтров

Фильтры используются во время выполнения команды, когда запрашиваются координаты новой точки. Координаты новой точки берутся как одна или две координаты уже построенной точки, и затем задаются недостающие координаты.

Так, например, запись `.x` в командной строке фильтрует координату X. AutoCAD запросит указать координату X точки, которая задает фильтруемую координату. Обычно она указывается объектной привязкой. Затем будут запрошены недостающие координаты Y и Z. Допустимые значения фильтров в AutoCAD: `.x`, `.y`, `.z`, `.xy`, `.xz`, `.yz`. Освоение особенностей использования координатных фильтров удобнее рассмотреть на конкретных примерах.

Пример 1.3

Построение пирамиды из отрезков (рис. 1.4).

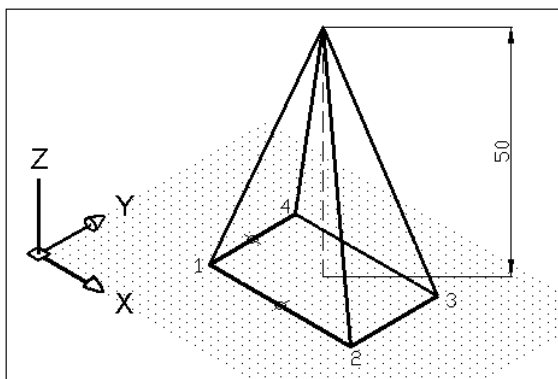


Рис. 1.4. Построение пирамиды из отрезков

Сначала нарисуем основание пирамиды 1-2-3-4 в плоскости XY с использованием команды `LINE` (ОТРЕЗОК).

Для построения ребра, соединяющего угол основания и вершину пирамиды на высоте $Z = 50$ от ее основания, воспользуемся следующей последовательностью исполнения команд программы:

1. Выбрать в меню **Draw | Line** (Рисование | Отрезок).
2. На запрос `Specify first point` (Первая точка): в командной строке ввести с клавиатуры `.x` и нажать клавишу `<Enter>`.
3. На запрос в командной строке `of` указать привязкой середину отрезка 1-4 (информацию о работе с привязками см. в *алгоритме 1.13* и *1.14*) (рис. 1.4).
4. Далее на запрос в командной строке `of (need YZ)` (требуется YZ) ввести `.y` и нажать клавишу `<Enter>`.
5. Затем в командной строке `of` указать привязкой середину отрезка 1-2.
6. И, наконец, на запрос в командной строке `of (need Z)` (требуется Z) ввести высоту 50 и нажать клавишу `<Enter>`.

В командной строке последует запрос на ввод следующей точки `Specify next point` (Следующая точка), на что следует указать привязкой любую точку на вершине основания.

7. Запрос `Specify next point` (Следующая точка) повторяется до нажатия клавиши `<Enter>`, чем завершается ввод точек.

Остальные ребра строятся командой `LINE` (ОТРЕЗОК) с помощью объектных привязок. AutoCAD использует слово `of` для запроса фильтруемой координаты, а после ее ввода для подсказки о необходимости ввода оставшихся координат.

Рассмотрим еще пример, в котором координаты точки необходимо определить в процессе выполнения команды.

Пример 1.4

Определение центра сферы, расположенного в центре параллелепипеда (рис. 1.5).

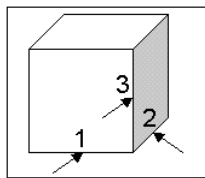


Рис. 1.5. Определение центра сферы в середине параллелепипеда

1. В меню выбрать **Draw | Solids | Sphere** (Рисование | Тела | Шар).
2. На запрос в командной строке `Specify center of sphere <0,0,0>` (Центр шара $<0, 0, 0>$) ввести `.X` и нажать клавишу `<Enter>`.
3. На запрос в командной строке `of` указать привязкой середину отрезка в точке 1.
4. Далее на запрос в командной строке `of (need YZ)` (требуется YZ) ввести `.Y` и нажать клавишу `<Enter>`.
5. На запрос в командной строке `of` указать привязкой середину отрезка в точке 2.
6. Далее на запрос в командной строке `of (need Z)` (требуется Z) ввести `.Z` и нажать клавишу `<Enter>`.
7. На запрос в командной строке `of` указать привязкой середину отрезка в точке 3.
8. На последний запрос в командной строке `Specify radius of sphere or [Diameter]` (Радиус шара или [Диаметр]) ввести нужное значение радиуса (или диаметра по опции команды `D` (Д)) и нажать клавишу `<Enter>`.

1.2. Цилиндрические координаты

Цилиндрические координаты имеют формат: $D < \varphi, Z$. Фактически это полярные координаты, к которым добавлена координата Z . Координаты определяют расстояние D от начала координат до проекции точки на плоскость XY , угол φ — угол между осью X и радиус-вектором проекции точки на плоскость XY , расстояние Z от точки до плоскости XY . Между координатами D и φ ставится знак меньше ($<$). По умолчанию в AutoCAD положительное направление углов отсчитывается против часовой стрелки. Для задания направления по часовой стрелке от нулевого следует указывать отрицательные значения угла. Изменить направление отсчета углов для текущего рисунка можно при помощи диалогового окна **Drawing units** (Единицы рисунка) (рис. 1.6), выбрав пункт меню **Format | Units** (Формат | Единицы), в котором нужно установить флажок **Clockwise** (По часовой стрелке).

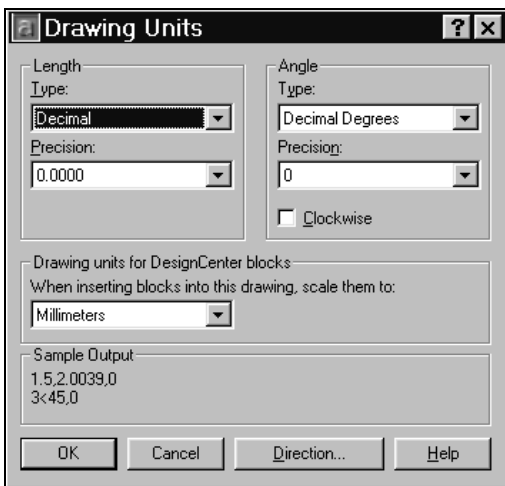


Рис. 1.6. Диалоговое окно **Drawing units**

Абсолютные цилиндрические координаты

При вводе абсолютных цилиндрических координат расстояние D измеряется в плоскости XY и отсчитывается от начала текущей системы координат до проекции точки, а угол отсчитывается от оси X против часовой стрелки в правой системе координат (рис. 1.7).

Пример 1.5

Запись $80 < 60, 6$ соответствует $D = 80$, $\varphi = 60^\circ$, $Z = 6$.

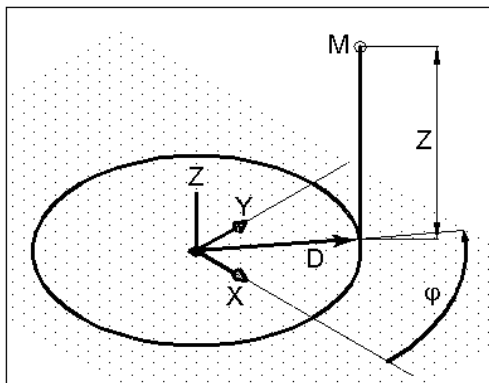


Рис. 1.7. Абсолютные цилиндрические координаты

Относительные цилиндрические координаты

В случае относительных цилиндрических координат координаты точки задаются через смещения по осям X и Z относительно предыдущей точки, а угол отсчитывается, как и в случае абсолютных координат, в плоскости XY между осью X и проекцией отрезка, соединяющего новую и предыдущую точки на плоскости XY (рис. 1.8).

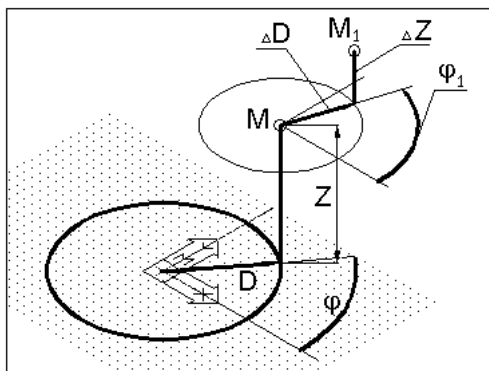


Рис. 1.8. Относительные цилиндрические координаты

Пример 1.6

Запись $@8<60,5$ определяет точку, находящуюся на расстоянии от начала координат до проекции на плоскость XY на 8 единиц больше, чем последняя указанная точка (а не от начала UCS (ПСК)), под углом 60° к оси X и смещением по оси Z , равным 5.

1.3. Сферические координаты

Абсолютные сферические координаты точки определяются ее расстоянием от начала текущей UCS (ПСК), углом к оси X в плоскости XY и углом к плоскости XY . Все координаты разделяются знаком меньше ($<$). Таким образом, сферические координаты имеют формат: $R < \varphi < \psi$ (рис. 1.9). Для абсолютных координат расстояние — это длина вектора, соединяющего начало координат и рассматриваемую точку. В случае относительных координат это длина отрезка, соединяющего новую и предыдущую точки. Сферические координаты могут быть абсолютными и относительными. Для относительных координат добавляется символ $@$.

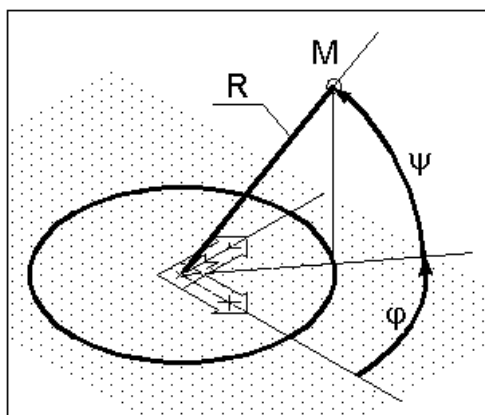


Рис. 1.9. Абсолютные сферические координаты

1.4. Создание пользовательской системы координат

Все координаты точек объектов при вводе и выводе определяются от начала текущей UCS (User Coordinat System или ПСК — Пользовательской системы координат). Плоские рисунки выполняются в плоскости, параллельной или совпадающей с плоскостью XY текущей системы координат. Расстояние по оси Z от начала координат до плоскости, в которой выполняется черчение, называется уровнем. Значение текущего уровня, установленного командой `ELEV` (УРОВЕНЬ), не изменяется при переходе к другой пользовательской системе координат.

Пользовательскую систему координат можно создать, воспользовавшись одним из следующих пунктов меню **Tools** | **New UCS** (Сервис | Новая ПСК) (рис. 1.10):

World (Мировая СК) — совмещение ПСК с мировой системой координат;