

КОМПАС-3D

для студентов и школьников

Черчение, информатика, геометрия


Общие вопросы работы с системой КОМПАС-3D LT

Решение чертежно-графических задач
с помощью 2D- и 3D-редакторов

Применение трехмерного геометрического моделирования
при изучении технологий обработки графической информации
в курсе «Информатика»

Решение планиметрических и стереометрических задач

**ИНФОРМАТИКА И
ИНФОРМАЦИОННО-
КОММУНИКАЦИОННЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ**

+DVD 



УДК 681.3.06(07)
ББК 32.973.26-018.2я7
Б79

Большаков В. П.

Б79 КОМПАС-3D для студентов и школьников. Черчение, информатика, геометрия. — СПб.: БХВ-Петербург, 2010. — 304 с.: ил. + Дистрибутив (на DVD) — (ИиИКТ)

ISBN 978-5-9775-0602-1

Демонстрируется эффективная компьютерная поддержка курсов черчения, информатики и геометрии на базе свободно распространяемой системы КОМПАС-3D LT. Описываются общие сведения и работа с системой, приводятся основные понятия трехмерного моделирования геометрических объектов. Подробно рассматриваются создание трехмерных моделей деталей и их проекций, нанесение размеров, изображение резьбовых соединений, создание сборок. Показаны возможности применения КОМПАС-3D LT в решении задач графической обработки информации и геометрического трехмерного моделирования. Приводятся примеры решения планиметрических задач и создания 3D-моделей элементарных геометрических тел. В приложениях приводятся эскизные и тестовые задания. DVD содержит дистрибутивы рассматриваемых программ и десятки вариантов практических заданий по всем упоминаемым в книге темам.

Для студентов и преподавателей вузов и колледжей, учащихся и учителей общеобразовательных школ, руководителей курсов повышения квалификации

УДК 681.3.06(07)
ББК 32.973.26-018.2я7

Группа подготовки издания:

Главный редактор	<i>Екатерина Кондукова</i>
Зам. главного редактора	<i>Людмила Еремеевская</i>
Зав. редакцией	<i>Григорий Добин</i>
Редактор	<i>Анна Кузьмина</i>
Компьютерная верстка	<i>Натальи Караваевой</i>
Корректор	<i>Виктория Пиотровская</i>
Дизайн серии	<i>Инны Тачиной</i>
Оформление обложки	<i>Елены Беляевой</i>
Зав. производством	<i>Николай Тверских</i>

Лицензия ИД № 02429 от 24.07.00. Подписано в печать 30.06.10.

Формат 70×100^{1/16}. Печать офсетная. Усл. печ. л. 24,51.

Тираж 2000 экз. Заказ №

"БХВ-Петербург", 190005, Санкт-Петербург, Измайловский пр., 29.

Санитарно-эпидемиологическое заключение на продукцию № 77.99.60.953.Д.005770.05.09 от 26.05.2009 г. выдано Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека.

Отпечатано с готовых диапозитивов
в ГУП "Типография "Наука"
199034, Санкт-Петербург, 9 линия, 12

Оглавление

Введение.....	1
Концептуальные особенности книги	1
Для кого предназначена эта книга?.....	2
Структура книги.....	3
Об авторе	4

ЧАСТЬ I. РАБОТА С СИСТЕМОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОМПАС-3D LT

5

Глава 1. Принципы использования двумерных редакторов

7

1.1. Режимы работы в двумерном редакторе чертежей	7
1.2. Создание изображений. Графические примитивы	9
1.3. Редактирование изображений.....	12
1.4. Оформление элементов чертежа	15
1.4.1. Нанесение размеров	15
1.4.2. Штриховка замкнутых областей.....	17
1.4.3. Выполнение чертежных символов	19
1.4.4. Формирование и редактирование текстовой информации	20
1.5. Создание и использование групп графических примитивов	21
1.5.1. Работа с конструкторской библиотекой	22

Глава 2. Общие сведения о системе КОМПАС-3D LT

25

2.1. Основные типы документов	25
2.2. Основные элементы интерфейса	26
2.3. Контекстные меню.....	28
2.4. Управление изображением модели	29
2.5. Управление режимом отображения детали.....	31
2.6. Дерево модели.....	32

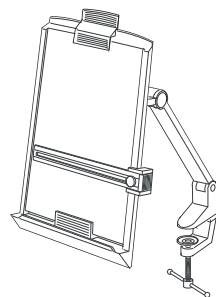
2.7. Геометрический калькулятор	34
2.8. Измерение характеристик плоских и пространственных объектов.....	38
2.8.1. Измерение характеристик плоских объектов	38
2.8.2. Измерение характеристик пространственных объектов	41
Глава 3. Введение в трехмерное моделирование деталей.....	44
3.1. Формирование основания модели детали	44
3.2. Добавление и удаление материала детали	46
3.3. Дополнительные конструктивные элементы	47
3.4. Система координат и плоскости проекций	49
3.5. Настройка параметров и расчет характеристик моделей.....	52
3.5.1. Определение и задание свойств детали	52
3.5.2. Управление свойствами поверхности модели.....	52
3.5.3. Выбор материала.....	53
3.5.4. Расчет массо-центровочных характеристик модели.....	54
3.6. Создание ассоциативных видов	54
3.6.1. Стандартные виды.....	55
3.6.2. Разрез/сечение	56
3.7. Учебное пособие "Азбука КОМПАС"	57
ЧАСТЬ II. ЧЕРЧЕНИЕ С КОМПАС-3D	59
Глава 4. Создание трехмерных моделей и выполнение двумерных графических фрагментов	61
4.1. Изображение плоской детали. Нанесение размеров	61
4.2. Создание трехмерной модели и построение горизонтальной проекции детали.....	64
4.3. Создание трехмерной модели и построение видов сверху и слева детали.....	68
4.4. Расположение видов на чертеже и создание трехмерных моделей деталей.....	72
4.5. Проекционные задачи.....	73
4.6. Выполнение разрезов	75
4.7. Нанесение размеров разных типов.....	78
4.8. Изображение плоской детали с элементами скруглений.....	79
Глава 5. Примеры трехмерного моделирования и создания ассоциативных чертежей.....	81
5.1. Моделирование и выполнение чертежа радиатора	81
5.1.1. Создание трехмерной модели радиатора	82
5.1.2. Ассоциативный чертеж.....	85

5.2. Моделирование и выполнение чертежа втулки	86
5.2.1. Создание трехмерной модели втулки.....	86
5.2.2. Ассоциативный чертеж.....	88
5.3. Моделирование и выполнение чертежа опоры.....	90
5.3.1. Создание трехмерной модели опоры	90
5.3.2. Создание ассоциативного чертежа опоры	92
5.4. Моделирование и выполнение чертежа корпуса	95
Глава 6. Изображение резьбы и резьбовых соединений	98
6.1. Изображение резьбы.....	98
6.2. Изображение резьбовых соединений.....	102
6.3. Изображение резьбовых соединений с крепежными деталями	104
Глава 7. Создание сборок	111
7.1. Использование детали-заготовки для имитации создания сборки	111
7.2. Моделирование резьбового соединения.....	114
ЧАСТЬ III. ИНФОРМАТИКА С КОМПАС-3D.....	117
Глава 8. С КОМПАСом к геометрическому трехмерному моделированию	119
8.1. Место графической обработки информации в курсе информатики и информационных технологий	120
8.2. Решение задач геометрического моделирования в растровом и векторном редакторах	122
8.3. Создание твердотельных моделей по известным изображениям	129
8.4. Векторный редактор, встроенный в Word, или КОМПАС?	133
8.5. Псевдообъем или реальная 3D-графика?	138
Глава 9. Создание и редактирование твердотельных моделей	143
9.1. Многовариантность твердотельного моделирования	143
9.2. От моделей реальных изделий в мир оптических иллюзий	145
9.2.1. Трибар	145
9.2.2. "Бесконечная лестница"	146
9.2.3. "Космическая вилка".....	149
9.2.4. "Сумасшедший ящик".....	150
9.2.5. Задание для самостоятельной работы.....	152
9.3. Твердотельное моделирование сборочных единиц.....	153

9.4. Разнесение компонентов сборочных единиц	159
9.5. 3D-моделирование и творчество	162
Глава 10. Тестирование начальных умений по трехмерному моделированию	168
ЧАСТЬ IV. Геометрия с КОМПАС-3D.....	173
Глава 11. Решения планиметрических задач с помощью двумерного редактора	175
11.1. Примеры решения задач на построение	175
11.2. Примеры по разным темам с решениями	179
11.3. Сведение стереометрических задач к планиметрическим.....	181
Глава 12. Создание 3D-моделей элементарных геометрических тел	183
12.1. Гранные поверхности и многогранники.....	183
12.2. Моделирование правильных многогранников.....	186
12.3. Моделирование призматойдов	196
12.4. Моделирование правильных треугольных пирамид	201
12.5. Моделирование многогранников по координатам вершин	206
12.6. Модели тел вращения и касающихся тел	207
12.6.1. Особенности использования операции вращения.....	208
12.6.2. Построение моделей по параметрам сечений	209
12.6.3. Определение параметров касающихся геометрических тел.....	210
ПРИЛОЖЕНИЯ	215
Приложение 1. Варианты учебных заданий.....	217
Задания варианта 1.....	217
Задания варианта 2.....	222
Задания варианта 3.....	227
Задания варианта 4.....	232
Задания варианта 5.....	237
Задания варианта 6.....	242
Задания варианта 7.....	247
Задания варианта 8.....	252
Задания варианта 9.....	257
Задания варианта 10.....	262

Приложение 2. Исходные данные для твердотельного моделирования сборок.....	267
Приложение 3. Исходные данные для моделирования семейств деталей.....	273
Приложение 4. Карты тестирования начальных умений по трехмерному моделированию.....	274
Приложение 5. Описание DVD-диска.....	289
Список литературы.....	291
Предметный указатель.....	294

Глава 1



Принципы использования двумерных редакторов

С помощью двумерных редакторов САД-систем (Computer Aided Design — конструирование, поддержанное компьютером) создается большинство графических конструкторских документов. Учитывая, что базовые двумерные средства черчения позволяют автоматизировать значительную часть конструкторских работ, кратко рассмотрим общие принципы и возможности конструирования и черчения с помощью двумерных графических редакторов.

1.1. Режимы работы в двумерном редакторе чертежей

В редакторе чертежей пользователь получает два вида информации: символичные сообщения системы и синтезируемое графическое изображение. К символическим сообщениям относятся запросы системы, указатели режимов (состояний) системы, отображения текущих координат курсора.

Курсор является многофункциональным инструментом, используемым как для рисования (по аналогии с карандашом, циркулем и линейкой), так и для управления системой путем выбора команд, указания подлежащих той или иной операции чертежных элементов и т. д.

Режимы рисования, реализуемые в двумерных редакторах, могут значительно облегчить и ускорить создание и редактирование изображений, обеспечивая при этом и высокую точность построений.

Режим **Сетка** наиболее эффективен для получения изображений с регулярной структурой. Такими изображениями могут быть, например, чертежи простых валов. Квадратная или прямоугольная сетка получается на экране после ввода соответствующей команды и значений шагов сетки. Любые элементы, которые строятся на этой сетке, будут автоматически "захватывать" ближайшие узлы (рис. 1.1, а).

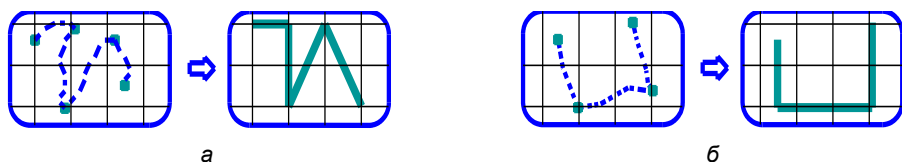


Рис. 1.1. Рисование в режиме **Сетка** (а), в режиме **Орто** (б)

Режим **Орто** обеспечивает построение горизонтальных и вертикальных отрезков (рис. 1.1, б). Если сетка шаговой привязки повернута, направление действия режима **Орто** изменяется на угол ее поворота.

Режим объектной привязки обеспечивает максимальную точность черчения и позволяет "привязываться" к характерным точкам существующих на чертеже объектов. Механизм объектной привязки активизируется всегда, когда запрашивается соответствующая точка.

Режим вспомогательных построений имитирует построения в "тонких линиях" параллельных и перпендикулярных прямых, различных окружностей и дуг с целью получения искомых точек пересечения и касания геометрических элементов. В дальнейшем по полученным отрезкам, дугам и точкам производится "обводка", а "тонкие линии" при завершении чертежа стираются. На твердую копию вспомогательные элементы не выводятся.

Использование *окна* позволяет увидеть изображение в требуемом масштабе. Операция, при которой весь чертеж или некоторую его часть можно увидеть через окно, называется зуммированием. При этом расстояния между точками в условных единицах измерения всегда остаются постоянными. Пользователю, как правило, предоставляется несколько вариантов задания окна, например: указанием двух точек диагонали окна (при этом на экране будет виден "резиновый" прямоугольник образуемого нового окна), а центральной точкой нового окна будет центр прямоугольника; указанием центральной точки и масштаба окна. Кроме того, пользователю предоставляется возможность просмотра любой части чертежа без изменения масштаба, когда окно как бы передвигается по полю чертежа. Такая операция получила название *панорамирования*.

Использование *видов* (так называемой техники вьюпортов) разбивкой поля экрана и, соответственно, поля чертежа на различные, независимые области прямоугольной формы в чертеже не является обязательным. На этапах редактирования чертежа виды можно переименовывать, двигать, поворачивать, масштабировать, копировать (в том числе из других чертежей), удалять.

Использование *слоев* позволяет расположить отдельные части изображения в разных слоях. Чертеж мысленно разделяется на некоторое количество

плоскостей (слоев). За каждой из этих плоскостей могут быть закреплены различные графические элементы. Принцип "расслоения" легко понять, если представить себе несколько чертежей, каждый из которых выполнен на отдельной прозрачной пластине. Можно просматривать либо каждую пластину в отдельности, либо, накладывая несколько пластин друг на друга, получать совместное изображение.

1.2. Создание изображений. Графические примитивы

Команды создания графических примитивов позволяют строить единые и неделимые объекты различными типами линий и разными цветами.

Точка, как правило, является вспомогательным средством для маркировки и последующего нахождения определенной позиции в системе координат. В большинстве систем точку можно изобразить маркерами различных типов и размеров. На твердую копию точечный элемент, как правило, не выводится.

Прямая является наиболее часто используемым графическим примитивом. Исходные элементы, с помощью которых строятся прямые, могут задаваться различными способами (табл. 1.1).

Таблица 1.1. Способы задания прямой

Исходные элементы	Результат	Исходные элементы (для построения касательной)	Результат
Точки T_1 , T_2		Окружность O и точка T	
Точка T и угол α к положительному направлению оси x		Окружности O , O_1	
Точка T на гипотенузе и катеты (dX , dY)		Окружность O и угол α к положительному направлению оси x	
Прямая P и расстояние S или S_1 до параллельной прямой		Окружность O и прямая P , параллельная касательной	

Таблица 1.1 (окончание)

Исходные элементы	Результат	Исходные элементы (для построения касательной)	Результат
Прямая P и точка T на параллельной прямой		Окружность O и прямая P , перпендикулярная касательной	
Прямая P и точка T на перпендикулярной прямой		Окружность O и точка T на окружности	


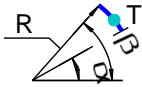

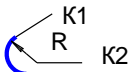

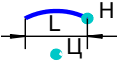

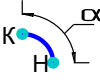
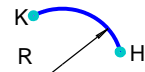
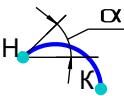
Окружность может быть построена по различным исходным данным, например, как это показано в табл. 1.2.

Таблица 1.2. Способы задания окружности

Исходные элементы	Результат	Исходные элементы	Результат
Три точки (T_1 , T_2 , T_3) на окружности		Радиус (R) и две точки (T_1 , T_2)	
Центр (ζ) и точка T на окружности		Точки (T_1 , T_2) и элемент касания (Θ)	
Центр (ζ) и радиус (R)		Точка (T), радиус (R) и элемент касания (K)	
Центр (ζ) и элемент касания (K)		Точка (T) два элемента касания (K_1 , K_2)	
Точки (T_1 , T_2) и элемент (Θ), на котором расположен центр		Радиус (R) и два элемента касания (K_1 , K_2)	
Точка (T), радиус (R) и элемент (Θ), на котором расположен центр		Три элемента касания (K_1 , K_2 , K_3)	

Дуга окружности также может строиться по-разному, в зависимости от способа задания ее параметров (табл. 1.3).

Таблица 1.3. Способы задания дуги

Исходные элементы	Результат	Исходные элементы	Результат
Три точки (T_1 , T_2 , T_3) на окружности		Точка (T), радиус (R) и два угла (α , β)	
Центр (ζ), начальная (H) и конечная (K) точки		Радиус (R) и два элемента касания (K_1 , K_2)	
Центр (ζ), два угла (α , β) и радиус (R)		Начало (H), центр (ζ), длина хорды (L)	
Центр (ζ), точка (T) и угол (α)		Начальная (H) и конечная (K) точки, центральный угол (α)	
Начальная (H) и конечная (K) точки, радиус (R)		Начальная (H) и конечная (K) точки, начальное направление (α)	

Прочие графические примитивы, такие как многоугольник, эллипс, лекальные кривые (сплайны), достаточно часто являются фрагментами изображений на чертежах, поэтому большинство САД-систем обеспечивает их построение по вводимым параметрам.

Команда **Многоугольник** позволяет строить правильные многоугольники с количеством сторон, например, до 1024, вписанные или описанные вокруг окружности с заданным центром.

Команда **Эллипс** позволяет строить эллипс несколькими способами. В системе КОМПАС-3D LT V10 ввод эллипса осуществляется следующими командами:

- Эллипс по центру и полуосям;
- Эллипс по диагонали габаритного прямоугольника.

Ввод кривых рассмотрим также на примере системы КОМПАС-3D LT V10.

Команда **NURBS-кривая** позволяет начертить нерегулярный рациональный В-сплайн (Non-Uniform Rational B-Spline). При вводе этой кривой последовательно указываются опорные точки, возможно обращение к кнопке **Замкнутый** и построение соответствующих кривых (рис. 1.2). Можно задавать характеристики кривой — вес характерной точки и порядок кривой.

Команда **Кривая Безье** позволяет построить кривую, которая является частным случаем NURBS-кривой. Порядок построения аналогичен рассмотренному ранее (рис. 1.2, б).

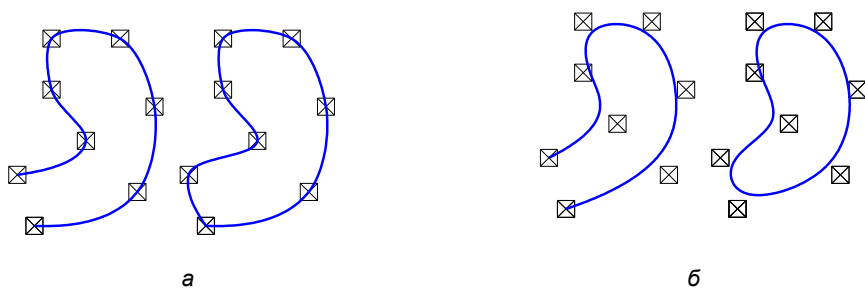


Рис. 1.2. Разомкнутая и замкнутая NURBS-кривая (а), кривая Безье (б)

Команда **Ломаная** позволяет начертить линию, состоящую из отрезков прямых.

При вводе графических примитивов выбирается их определенный стиль. Под стилем понимают набор свойств объекта, влияющих на его отображение, таких как тип линии и цвет.

1.3. Редактирование изображений

Не менее важными, чем команды ввода геометрических примитивов, являются команды редактирования, которые можно разделить на три группы:

- преобразования объектов;
- удаление выбранных объектов;
- коррекции параметров и свойств объектов.

При использовании команд редактирования система запрашивает выбор одного или нескольких объектов для обработки. Этот комплект объектов называется набором выбора. Можно интерактивно добавлять объекты в комплект или убирать их из комплекта. Выбранные объекты система высвечивает

на экране. Самым простым и эффективным является выбор (выделение) с помощью мыши. Выбор объектов осуществляется следующими наиболее распространенными способами:

- поочередное указывание курсором на графические примитивы, подлежащие редактированию;
- обрамление объектов рамкой, которая определяется указанием ее диагональных вершин, при этом выбранными будут объекты, которые полностью находятся внутри рамки;
- обрамление объектов секущей рамкой, при котором выбранными являются не только целиком попавшие в рамку объекты, но и те, которые ею пересекаются.

Возможно выделение **По типу** определенных групп, таких как точки, отрезки, окружности, дуги, штриховки, текст, линейные размеры и т. д.




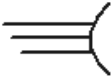
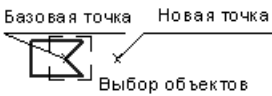


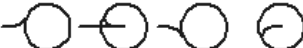
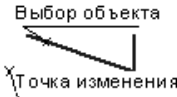

Команда **По стилю кривой** позволяет выделить кривые в соответствии с их стилем.

Команды преобразования объектов (табл. 1.4) включают в свой состав группы: аффинных преобразований, безразрывных деформаций и изменения формы фрагментов).

Таблица 1.4. Команды преобразования объектов

Команда	Изображение	
	исходное	преобразованное
Сдвиг Копия		
Масштабирование		
Поворот, Вращение		
Подобие		
Зеркало, Симметрия		

Таблица 1.4 (окончание)

Команда	Изображение	
	исходное	преобразованное
Фаска		
Выравнивание		
Растягивание, деформация		
Сопряжение, Скругление		
Замена точки		

Команды удаления объектов в системе КОМПАС-3D LT V10 объединены в одном разделе меню. Удаляются следующие объекты:

- выделенные объекты;
- вспомогательные кривые и точки;
- часть кривой;
- часть кривой между двумя точками;
- область;
- фаска/скругление;
- содержание основной надписи;
- все.

Команды коррекции параметров и свойств объектов. Двумерные редакторы предоставляют пользователю широкие возможности управления стилями объектов. В системе КОМПАС-3D LT V10 командой **Изменить стиль** можно изменить стиль кривых и штриховок.

1.4. Оформление элементов чертежа

Чертеж, как правило, состоит из изображения изделия, выполненного в ортогональных проекциях, которое дополняется вспомогательной графической и текстовой информацией. Форма представления этой информации должна отвечать требованиям действующих стандартов ЕСКД.

1.4.1. Нанесение размеров

Размеры выражают основные геометрические характеристики объектов. Размеры бывают четырех основные типы: линейные, угловые, диаметральные, радиальные. Линейные размеры делятся на горизонтальные, вертикальные, параллельные, повернутые. Различают способы нанесения размеров от одной или нескольких общих баз.

Двумерные редакторы предоставляют средства нанесения размеров, которые существенно упрощают этот трудоемкий процесс. Наиболее распространенным является режим полуавтоматического нанесения размеров. В этом режиме пользователю необходимо указать нужный элемент и установить размерное число в требуемую точку. На основе этих данных система автоматически формирует выносные и размерные линии и рассчитывает размерное число. Вид размеров и способов их ввода в базу данных определяется набором размерных переменных. Размерными переменными можно управлять. В большинстве систем предусматривается возможность создания ассоциативных размеров, которые автоматически пересчитываются и перерисовываются при редактировании соответствующих фрагментов изображений.

Размеры линейные. В табл. 1.5 перечислены типы линейных размеров, полуавтоматическое нанесение которых обеспечивается в двумерных редакторах. При вводе обычного (одионого) горизонтального или вертикального размера необходимо указать точки 1 и 2 выхода выносных линий и точку 3 пересечения размерной линии со второй выносной линией. Система автоматически располагает выносные линии параллельно друг другу, а размерную линию — перпендикулярно им. Если длина размерной линии меньше суммарной длины двух стрелок, стрелки автоматически будут сформированы снаружи выносных линий.

Если нужно, чтобы размерная надпись сформировалась автоматически с постановкой квалитета и значений допусков, то пользователю следует выбрать из меню параметров задание квалитета.

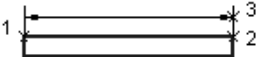
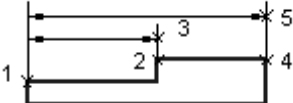
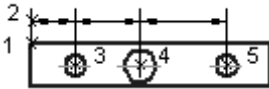
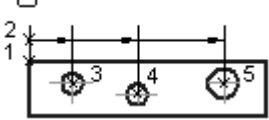
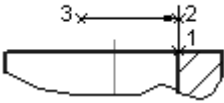
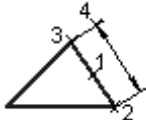
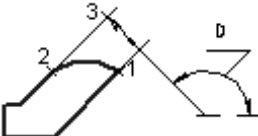
Если отсутствует необходимость автоматического формирования размерной надписи, то текст надписи вводит пользователь, при этом по умолчанию

предлагается надпись, содержащая только точное значение размера, измеренное по координатам выносных линий.

Система автоматически определяет длину введенной размерной надписи, исходя из параметров текста. Если надпись помещается между выносными линиями, запрашивается подтверждение на такое ее размещение. В противном случае или при отказе пользователю предлагаются следующие варианты:

- указать положение надписи (по умолчанию);
- разместить надпись на полке;
- ручное размещение надписи.

Таблица 1.5. Задание точек для нанесения линейных размеров

Тип линейного размера	Пример нанесения размера
Обычный	
Несколько размеров от общей базы	
Цепь размеров	
С общей размерной базой	
С обрывом размерной линии	
Параллельный (размерная линия, параллельная отрезку 12)	
Повернутый (размерная линия повернута на заданный угол)	

Размеры угловые. На рис. 1.3 схематично показаны пять типов угловых размеров, полуавтоматическое нанесение которых поддерживается в двумерных редакторах.



Рис. 1.3. Типы угловых размеров

При вводе обычного (одионого) углового размера отмечаются два непараллельных отрезка, между которыми нужно нанести размер, затем точка на размерной дуге, положение которой определяют радиус и сектор размерной линии. "Резиновые" окружности и радиус указывают текущее положение размера на чертеже. Режим установки параметров размера аналогичен рассмотренному ранее случаю нанесения линейных размеров. При автоматическом вводе размерной надписи в ней будут проставлены знаки градуса и минуты, а в случае ручного ввода текста эти символы должен вводить пользователь.

Размеры диаметральные можно проставлять только на окружности или дуге. Для ввода диаметрального размера необходимо указать точку на элементе. Размерная линия пройдет через центр дуги или окружности и указанную точку. Последовательность выбора параметров размера такая же, как и при простановке линейных размеров. Знак диаметра подставляется в текст размерной надписи автоматически. При необходимости размерная надпись может быть полностью введена с клавиатуры.

Размеры радиальные сопровождаются прописной буквой *R*, размещаемой перед размерным числом, при этом стрелка на размерной линии должна упираться в дугу. Способ нанесения размера при различных положениях размерных линий (стрелок) определяется наибольшим удобством чтения. Для ввода нужного типа размера выбирают соответствующий вариант из меню.

1.4.2. Штриховка замкнутых областей

Штриховка замкнутых областей на чертежах в двумерных редакторах выполняется автоматически после задания границ и параметров штриховки. Границы штриховки, как правило, можно задавать вручную и (или) автоматически. Автоматический способ задания применяется, когда на чертеже имеется замкнутый контур из уже введенных элементов, ограничивающий штрихуемую область. В этом случае достаточно лишь указать точку внутри штрихуемого контура. Если такого контура нет, то можно вручную указать

уже имеющиеся элементы, обозначающие границу области штриховки, а недостающие для ее замыкания части дорисовать дополнительно. Можно использовать интерактивный выбор границы "по стрелке", когда после указания первого элемента будут последовательно анализироваться дальнейшие, возможные направления обхода контура штриховки и пользователю достаточно выбрать нужные. Штриховка производится от границ штрихуемой области внутрь. Если внутри штрихуемого объекта нет других объектов, то штриховка выполняется элементарно. Если же имеются замкнутые вложенные области, то при штриховании в отдельных системах может быть задан один из трех стилей (рис. 1.4).



Рис. 1.4. Стили штриховок

После указания контура штриховки система запрашивает ее параметры (тип, угол наклона и шаг). Можно задавать различные цвета штриховок. В табл. 1.6 представлены 7 основных типов штриховок (ГОСТ 2.308-68), которые могут быть выполнены наряду с другими типами.

Таблица 1.6. Типы штриховок

Материал	Обозначение
Металл	
Неметаллические материалы, за исключением указанных ниже	
Древесина	
Камень	
Керамика	
Бетон	
Стекло	

В некоторых системах, при автоматическом задании области штриховки, она должна ограничиваться линиями определенных типов.

1.4.3. Выполнение чертежных символов

При выполнении конструкторской документации чертежные символы применяются в описаниях изделий, изготовление которых не определяется однозначно их формой и размерами. Такие символы, как правило, состоят из комбинации графических и текстовых элементов.

Линии-выноски выполняют по правилам ГОСТа 2.316-68. САД-система с помощью пиктографического меню может предложить на первом этапе выбор необходимого типа линии-выноски, например, из набора, показанного на рис. 1.5. На втором этапе может быть реализован выбор необходимого типа начала выноски, в частности, для обозначения сварки, пайки, клейки и т. д. (рис. 1.6).



Рис. 1.5. Тип линии-выноски



Рис. 1.6. Тип начала линии выноски

При необходимости можно задать несколько дополнительных выносок от одной полки. На завершающем этапе, в зависимости от типа линии-выноски, оформляются надписи, которые могут быть расположены:

- над/под полкой;
- над/под первой выносной линией;
- в треугольнике;
- в окружности.

Линии разреза или сечения по ГОСТу 2.303-68 выполняют толщиной от s до $1,5s$ (s — толщина основной линии, находящаяся в пределах от 0,5 до 1,4 мм) с длинами отдельных сегментов (рис. 1.7) от 8 до 20 мм. В диалоге пользова-