

5. Компьютерная графика в САПР

5.1. Понятия и области применения компьютерной графики

Компьютерная (машинная) графика — это совокупность методов и средств для формирования геометрической модели объекта, преобразования ее с помощью ЭВМ в графическое отображение и наоборот. Геометрическая модель объекта может быть описана вручную на проблемно-ориентированном языке или сформирована автоматически путем отслеживания системой команд машинной графики, вводимых пользователем для отображения объекта на экране монитора. Целью геометрического моделирования является формирование образа объекта в виде, удобном для дальнейшего использования в подсистемах отображения, формирования графической документации и технологической подготовки производства.

Внутреннее представление модели объекта выражается определенной структурой данных и/или расчетными процедурами.

Структура данных описывает следующие характеристики геометрического объекта:

- форма каждого элемента (прямая, окружность и т.п.);
- размеры;
- относительное расположение элементов.

Используя такое описание система машинной графики предоставляет средства манипулирования объектом: перенос, изменение масштаба, добавление или исключение элементов, получение разрезов, штриховка, вставка текста и т.д.

- При геометрическом моделировании используют модели:
- каркасные (скелетные или проволочные), которые могут быть двумерными (плоскими) — 2D, рельефными — $2\frac{1}{2}D$ и трехмерными — 3D;
 - поверхностные;
 - объемные (сплошные или монолитные).

Машинная графика, как подсистема в составе САПР (см. схему "Архитектура программного обеспечения САПР"), в зависимости от решаемых ею задач, может быть обслуживающей или проектирующей.

Основными задачами подсистемы машинной графики являются следующие.

1. Графическое отображение результатов проектирования, т.е. расчетных данных, полученных от прикладных программ (вывод на экран, принтер или плоттер графиков, схем, прорисовка траектории инструмента на станках с ЧПУ и т.п.).

2. Техническое черчение — выполнение чертежа в интерактивном диалоге вида “вывод — ввод — вывод ...” между пользователем и системой машинной графики. В ходе диалога создается внутреннее представление чертежа, которое синхронно отображается в графическом виде на экране монитора. Внутреннее представление чертежа при этом скрыто от пользователя. Оно сохраняется системой в файле, содержание которого может быть преобразовано опять в изображение на экране. Бумажную, привычную форму чертежа можно получить с помощью плоттера или принтера.

3. Комбинация задач пп.1,2, т.е. подготовка чертежа (например, режущего инструмента) путем сочетания расчетных процедур, выполняемых прикладной программой и системой машинной графики в интерактивном режиме.

4. Интерактивное проектирование обрабатываемой детали путем геометрического моделирования на экране монитора (трехмерное моделирование на экране образа проектируемых деталей и сборочных единиц на основе построения каркасных, поверхностных или объемных геометрических моделей и т.п.). Получаемая при этом цифровая модель может быть затем использована для проектирования технологии изготовления детали. Например, введена в процессор САП ЧПУ для подготовки управляющей программы для станка с ЧПУ.

Таким образом, компьютерная графика автоматизирует (в подсистеме, называемой на Западе — CAD) этап формирования геометрической модели детали, которая затем передается на этап технологической подготовки производства детали (подсистема САПР) и далее — на этап ее изготовления (подсистема САМ), обеспечивая безбумажный интерфейс компьютерно-интегрированного производства (CIM — computer integrated manufacturing).

5.2. Разнообразие систем компьютерной графики

В настоящее время предлагается множество систем машинной графики, ориентированных на различные приложения, и отличающихся способами работы с изображениями и ведения диалога с пользователями. По способу реализации моделей различают режимы: • пакетной обработки; • диалоговый (задание алфавитно-цифровых параметров) и • интерактивный режим.

Среди отечественных разработок отметим пакет Графор, созданный в ИГМ АН СССР, выделяющийся своей живучестью (использовался на ЕС-, СМ ЭВМ и адаптирован на ПЭВМ) и разнообразием возможностей.

Известны мощные интерактивные системы — типа Apollo, компаний SUN, Silicon Graphics, — функционирующие в виде АРМ на компьютерах со специализированными, графическими, процессорами, мониторами высокого разрешения. Эти дорогие

системы обладают всеми мыслимыми на сегодняшний день возможностями. К более дешевым, но достаточно эффективным системам относятся зарубежные продукты: CATIA, EVCLID, CADIS, AutoCAD и др. Сравнительно недорогая система AutoCAD (разработана в 1982 г. американской фирмой Autodesk) большую часть своих возможностей реализует на обычных ПЭВМ стандарта IBM.

Сопоставим две доступные системы машинной графики: отечественный пакет Графор и систему AutoCAD.

5.3. Пакет Графор

Графор (ГРАфическое расширение ФОРтрана) — это набор более 400 подпрограмм для построения различных графических объектов: от элементарных линий и окружностей (т.н. примитивов) до оформления сложных графиков, гистограмм, моделирования трехмерных фигур.

Наличие богатой библиотеки функциональных и прикладных программ (ПП) является неоспоримым преимуществом этого пакета (заметим, что языки высокого уровня: Си, Паскаль, — поставляются с более скромной графической поддержкой). Библиотека подпрограмм Графора служит интерфейсом (рис.5.1) между ПП пользователя и конкретным графическим устройством. Обращение к любой подпрограмме Графора осуществляется с помощью стандартного оператора языка Фортрана —

CALL <имя>[параметры].

Подробнее язык Графор мы рассмотрим в главе “Лингвистическое обеспечение САПР”.

Для использования Графора необходимо написать ПП, состоящую из двух частей: расчетной, где, например, вычисляются



Рис. 5.17. Создание изображения пакетом Графор

размеры режущего инструмента, и геометрической, где рассчитываются необходимые для построения графического отображения координаты, которые затем передаются в качестве параметров подпрограммам Графора. Ниже, в разделе “Лингвистическое

обеспечение САПР”, приводится фрагмент программы, демонстрирующей возможности Графора.

Обычно подпрограммы Графора, хранящиеся в библиотеке объектных модулей, подключаются на этапе редактирования к прикладной программе и, таким образом, входят в ее состав. Результатом выполнения разработанной программы будет изображение на экране, твердая копия на принтере или плоттере, а также созданный файл изображения на МД. Будучи сформированным одной программой этот файл затем может воспроизводиться другой программой и выводиться на печать.

Отметим, что Графор изначально был ориентирован на пакетный режим. Однако в последних версиях появилась возможность использования мыши в качестве устройства указания, другие средства интерактивной работы.

5.4. Система AutoCAD

AutoCAD (по-русски — Автокад) — сокращение от Automated Computer Aided Drafting and Desing, что означает “Автоматизированное черчение и проектирование с помощью ЭВМ”.

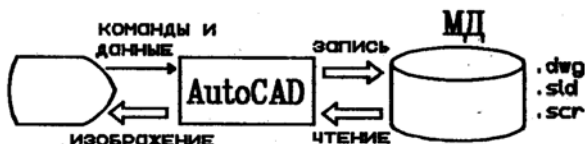


Рис. 5.18. Создание изображения системой AutoCAD

AutoCAD — интерактивная система. Взаимодействие пользователя с ней поддерживается графическим редактором при помощи мыши и нескольких меню: главного, экранного, падающих и т.п. Помимо интерактивного режима работы AutoCAD располагает средой программирования языка AutoLISP. Являясь частью AutoCAD, AutoLISP позволяет:

- осуществлять программный доступ к базе чертежа;
- программно управлять графическим редактором AutoCAD;
- на основе этих возможностей, а также различных арифметических и логических операций разрабатывать прикладные программы в среде AutoCAD (ниже будет показано использование AutoLISP для разработки САПР конструирования осевого режущего инструмента).

С помощью AutoCAD можно разрабатывать:

- библиотеки стандартных элементов чертежей;
- чертежи на базе заранее подготовленного чертежа с непроставленными размерами (параметризация);
- слайды и мультфильмы;
- хранить чертежи в виде комп-

лекта слайдов (файлы с расширением .sld) с возможностью автоматического просмотра; • собственные шрифты и многое другое.

Результатом работы AutoCAD является файл (рис.5.2), описывающий графическое изображение на экране монитора. Независимо от того, что создано на экране пользователем, файл считается чертежом и при записи на МД получает расширение .dwg (сокращение от drawing — чертеж). AutoCAD поддерживает несколько форматов файлов для записи чертежей: .plt — для вывода на графопостроитель; .lst — для вывода на принтер и др.

Созданные файлы типа .dwg можно просматривать специальной программой Auto Manager со скоростью просмотра слайдов.

Возможности последних версий 11, 12 этой системы значительно шире и выходят далеко за пределы скромных потребностей оформления чертежей. Так, AutoCAD с расширением по объемному конструированию (РОК) включает каркасное и твердотельное моделирование с широким набором возможностей для 2- и 3-мерного проектирования. В этой версии Автокада, помимо языка Автолиспа, представляется еще одна среда программирования — система разработки приложений (СРП). СРП — интерфейс с языком Си, обеспечивающий включение в среду Автокада мощных прикладных программ на этом языке. Рассмотрим основные возможности англоязычной версии (в скобках дается соответствующий эквивалент для русифицированной версии системы).

Вход в систему

Система загружается вводом имени загрузки
acad

После вызова системы на экране сначала
Меню (Главное Меню):

0. Exit AutoCAD (Выйти из Автокада)
1. Begin a NEW drawing (Начать НОВЫЙ рисунок)
2. Edit an EXISTING drawing (Отредактировать СУЩЕСТВУЮЩИЙ рисунок)
3. Plot a drawing (Вычертить рисунок на плоттере)
4. Printer Plot a drawing (Распечатать рисунок на принтере)
5. Configure AutoCAD (Настроить Автокад)
6. File Utilities (Работа с файлами)
7. Compile shape/font description file (Компиляция файлов форм и шрифтов)
8. Convert old drawing file (Обновление рисунка, созданного старой версией Автокада)

Enter selection (Ваш выбор):

Меню обеспечивает доступ к различным возможностям AutoCAD:



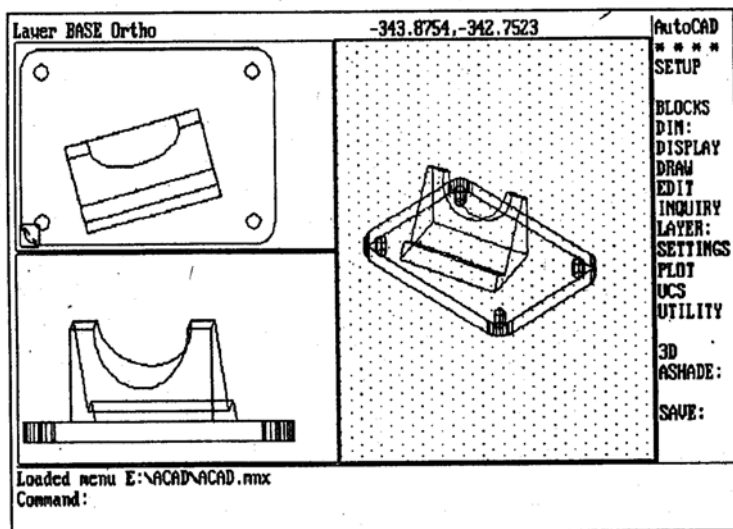


Рис. 5.19. Пример экрана системы AutoCAD

0 — приводит к завершению работы с этой системой и возвращает управление Norton Commander или операционной системе;
 1 — означает создание файла нового чертежа;
 2 — используется для загрузки в AutoCAD файла созданного ранее чертежа.

После выбора пункта 1 или 2 пользователь должен ввести имя файла чертежа. Имя может содержать букву логического диска и путь к каталогу, в котором записан (или предполагается записать) файл. Например, если файл следует сохранить в рабочем каталоге E:\TMS под именем ivan46, то пользователь может реализовать два варианта ответа на запрос системы:

Enter name drawing (Введите имя чертежа):

Если текущий каталог — каталог, скажем, D:\>, то имя следует указать с путем, т.е. E:\TMS\ivan46; если текущий каталог — E:\TMS >, то достаточно ввести только имя, т.е. ivan46

Создавая новый чертеж, можно использовать изображение, хранящееся в ранее созданном файле. Допустим, в файле gamka.dwg записана рамка и штамп для формата A4. Тогда перенос содержания файла gamka в новый файл ivan46 можно выполнить, указав его имя так

ivan46=gamka.

Выход из системы

Окончание работы с AutoCAD возможно двумя путями.

1. Если только что созданный рисунок или изменения в существовавшем ранее, не следует сохранять (записывать в файл), надо ввести команду QUIT (ПОКИНЬ). После этого последует запрос:

"Действительно хотите отменить все внесенные в чертеж изменения?".

Надо ответить Y (Да) или N (Нет). Введя Y, пользователь возвращается в Главное Меню.

2. Для сохранения файла чертежа вводится команда END (КОНЕЦ), после чего на экране появляется Главное Меню.

Для предохранения результатов от сбоев питания, нехватки места на диске и т.д. следует периодически записывать текущее состояние чертежа в файл командой SAVE (СОХРАНИ).

Графический редактор

После выбора пунктов 1 или 2 Главного Меню и ввода имени файла появляется экран Графического редактора (рис.5.3). Графический редактор — это программа, отображающая на экране графическую информацию и исполняющая команды по созданию и изменению чертежа.

Графический редактор поддерживает четыре функциональные зоны на экране (рис.5.4):

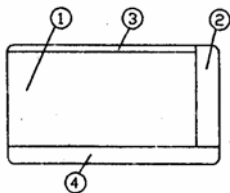


Рис. 5.4. Основные зоны экрана графического редактора

- 1 — графическую для отображения чертежа;
- 2 — экранного меню;
- 3 — строку состояния (где показывается номер текущего слоя и координаты перекрестия, а также отображается "падающее" меню);
- 4 — командную строку.

Варианты ввода команд

Команды вводятся различными способами в зависимости от квалификации пользователя и наличия устройств указания.

В зоне командной строки команда вводится непосредственным набором с клавиатуры после подсказки "Command:" с последующим нажатием клавиши ENTER* или SPACE.

*) Внимание! В документации AutoCAD клавиша ENTER называется RETURN.

Таблица 5.1. Соответствие английских и русских команд

APERTURE	АПЕРТУРА	HATCH	ШТРИХ	SCALE	МАСШТАБ
ARC	ДУГА	'HELP'/?	ПОМОЩЬ/?	SCRIPT	ПАКЕТ
AREA	ПЛОЩАДЬ	HIDE	СКРОЙ	SELECT	ВЫБЕРИ
ARRAY	МАССИВ	ID	КООРД	'SETVAR	УСТПЕРЕМ
ATTDEF	АТОПР	IGESIN/IGE	УТ	SHAPE	ФОРМА
ATTDISP	АТЭКР	INSERT	ВСТАВЬ	SHELL/SH	ДОС/ДОС1
ATTEDIT	АТРЕД	ISOPLANE	ИЗОМЕТР	SKETCH	ЭСКИЗ
ATTEXT	АТЭКСП	LAYER	СЛОЙ	SNAP	ШАГ
AXIS	ОСИ	LIMITS	ЛИМИТЫ	SOLID	ФИГУРА
BASE	БАЗА	LINE	ОТРЕЗОК	STATUS	СТАТУС
BLIPMODE	МАРКЕР	LINETYPE	ТИПЛИН	STRETCH	РАСТЯНИ
BLOCK	БЛОК	LIST	СПИСОК	STYLE	СТИЛЬ
BREAK	РАЗОРВИ	LOAD	ЗАГРУЗИ	TABLET	ПЛАНШЕТ
CHAMFER	ФАСКА	LTSCALE	ЛМАСШТАБ	TEXT	ТЕКСТ
CHANGE	ИЗМЕНИ	MEASURE	РАЗМЕТЬ	'TEXTSCR	ТЕКСТЭКР
CHPROP	СВОЙСТВА	MENU	МЕНЮ	TIME	ВРЕМЯ
CIRCLE	КРУГ	MINSERT	МВСТАВЬ	TRACE	ПОЛОСА
COLOR	ЦВЕТ	MIRROR	ЗЕРКАЛО	TRIM	ОБРЕЖЬ
COPY	КОПИРУЙ	MOVE	ПЕРЕНЕСИ	UCS	ПСК
DBLIST	БДСПИСОК	MSLIDE	ДСЛАЙД	UCSICON	ЗНАКПСК
DDATTE	ДИАЛАТР	MULTIPLE	МНОГОРАЗ	U	О/ОТМЕН
'DDEMODES	ДИАЛПРИМ	OFFSET	ПОДОБИЕ	UNDEFINE	НЕТКОМ
'DDLMODES	ДИАЛСЛОЙ	OOPS	ОЙ	UNDO/U	ОТМЕНИ
'DDRMODES	ДИАЛСРЕД	ORTHO	ОРТО	UNITS	ЕДИНИЦЫ
DDUCS	ДИАЛПСК	OSNAP	ПРИВЯЖИ	'VIEW	ВИД
DELAY	ЗАДЕРЖИ	'PAN	ПАН	VIEWRES	НАСТРВИД
DIM/DIM1	РАЗМЕР	PEDIT	ПОЛРЕД	VPOINT	ТЗРЕНИЯ
DIST	ДИСТ	PLAN	ПЛАН	VPORTS	ВЭКРАН
DIVIDE	ПОДЕЛИ	PLINE	ПЛИНИЯ	VSLIDE	СЛАЙД
DONUT	КОЛЬЦО	PLOT	ЧЕРТИ	VBLOCK	ПБЛОК
DRAGMODE	СЛЕДИ	POINT	ТОЧКА	'ZOOM	ПОКАЖИ
DVIEW	ДВИД	POLYGON	МН-УГОЛ	3DFACE	3-ГРАНЬ
DTEXT	ДТЕКСТ	PRPLOT	ПЕЧАТАЙ	3DMESH	3-СЕТЬ
DXBIN	ИМПОТД	PURGE	УДАЛИ	3DPOLY	3-ПОЛИ
DXF	ИМПОРТА	QTEXT	КТЕКСТ		
DXFOU	ЭКСПОРТА	QUIT	ПОКИНЬ		
ELEV	УРОВЕНЬ	REDEFINE	ДАКОМ		
ELLIPSE	ЭЛЛИПС	REDO	ВЕРНИ		
END	КОНЕЦ	'REDRAW	ОСВЕЖИ		
ERASE	СОТРИ	REGEN	РЕГЕН		
EXPLODE	РАСЧЛЕНИ	REGENAUTO	РЕГЕНАВТО		
EXTEND	УДЛИНИ	RENAME	НОВОЕИМЯ		
FILES	ФАЙЛЫ	'RESUME	ПРОДОЛЖИ		
FILL	ЗАКРАСЬ	REVSURF	П-ВРАЩ		
FILLET	СОПРЯГИ	ROTATE	ПОВЕРНИ		
FILMROLL	ФИЛЬМ	RSCRIPT	ВПАКЕТ		
GRAPHSCR	ГРАФЭКР	RULESURF	П-СОЕД		
GRID	СЕТКА	SAVE	СОХРАНИ		

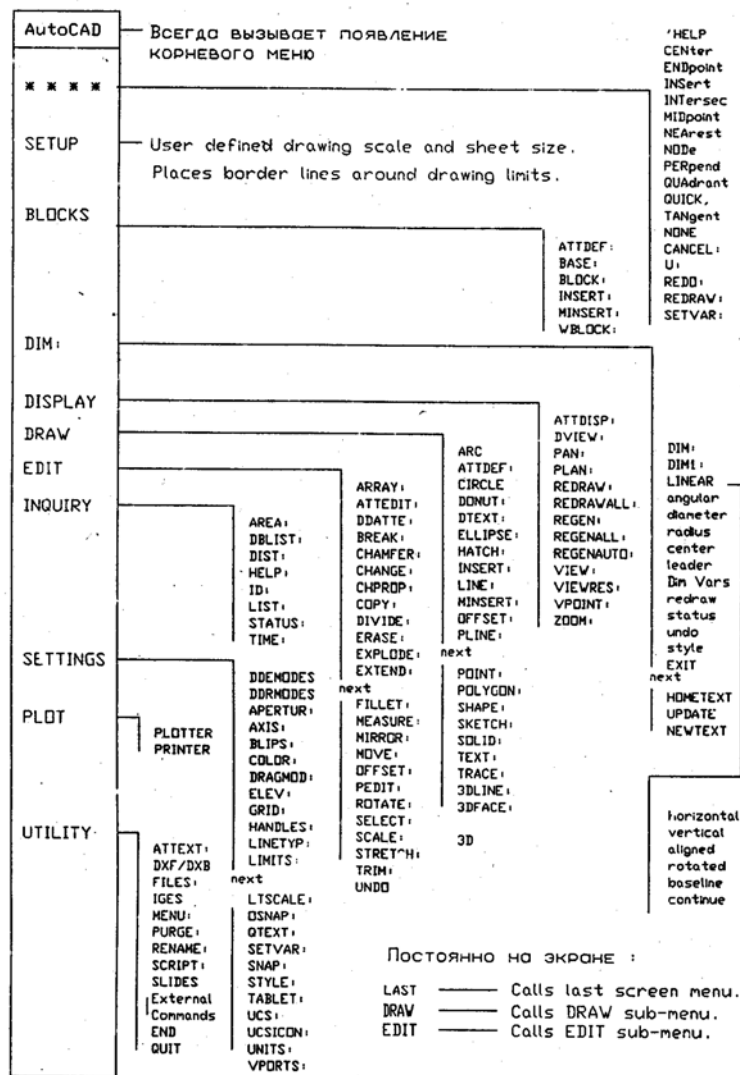


Рис. 5.5. Содержание иерархического экранного меню

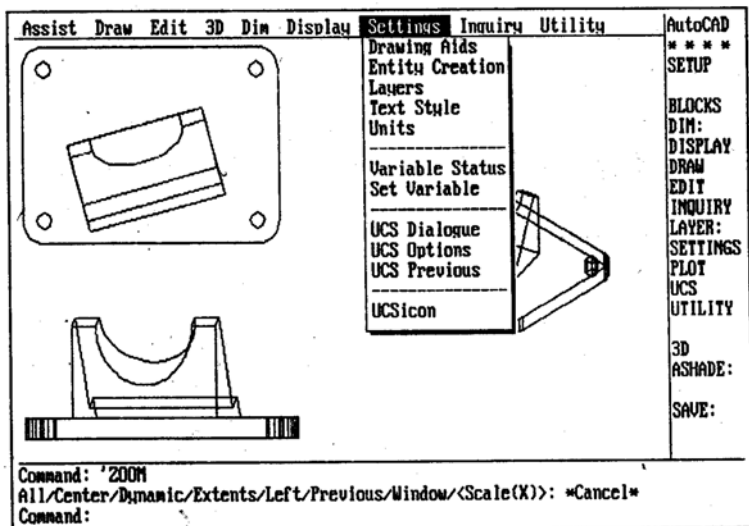


Рис. 5.6. Пример падающего меню

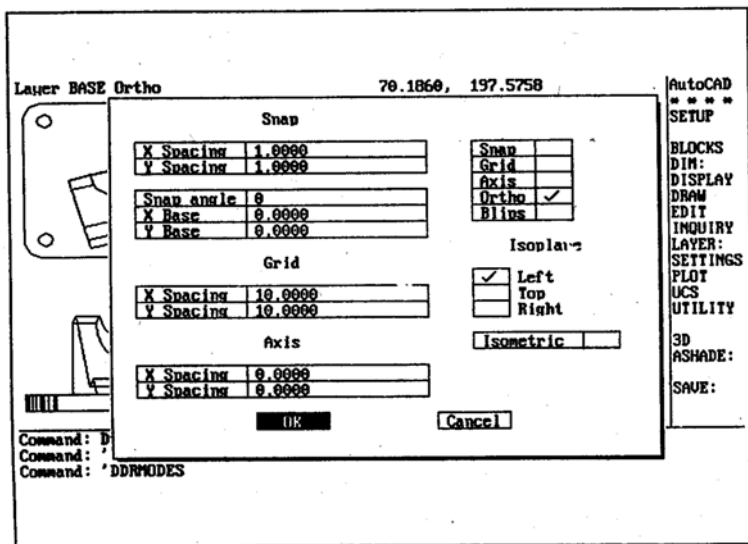


Рис. 5.7. Ввод опций команд через диалоговое окно

Из экранного меню команда вводится перемещением клавишами со стрелками светового маркера на нужную строку и нажатием ENTER (маркер появляется после нажатия клавиши INS). Если имеется устройство указания "мышь", то перекрестье курсора следует сдвинуть вправо, пока оно не превратится в маркер. Как только нужный пункт меню будет выбран — нажать левую кнопку. Для возвращения в графическую зону — сдвинуть маркер влево, пока на экране не появится перекрестье.

Отметим, что содержание экранного меню может меняться. Сразу после загрузки системы в правой части экрана появляется корневое меню (см. рис.5.3). Строки этого меню — не команды, а группы команд, объединенных сходным назначением. Так, строка DRAW (ЧЕРТИ) объединяет команды (табл. 5.1) черчения примитивов: дуг (ARC), линий (LINE), полилиний (PLINE) и др. Фрагмент иерархической структуры команд экранного меню показан на рис.5.5. Для запуска, скажем, команды COPY (КОПИРУЙ) следует выбрать из корневого меню строку EDIT (РЕДАКТ), а затем — после смены содержания меню — выбрать строку COPY.

Пункт "AutoCAD" постоянно присутствует в верхней строке экранного меню. Выбор световым маркером этого пункта всегда приводит к появлению корневого содержания меню. В табл. 5.1 приводится список команд английской и русской версий системы.

Из падающего меню команда может быть введена (рис.5.6) только при наличии мыши. Это справедливо и для диалогового окна (рис.5.7).

Особенности команд

Прозрачные команды. Некоторые команды можно вызвать во время выполнения, т.е. без прерывания, другой команды. Для этого используется апостроф. Так, справку по текущей команде можно получить, введя: "HELP".

Параметры команды. После ввода некоторых команд появляется список параметров (опций), уточняющих особенности вычерчивания примитива. Например, после ввода команды CIRCLE (КРУГ) появляется список параметров:

Command: CIRCLE 3P/2P/<Center>:

Система предлагает пользователю указать центр круга (в угловых скобках — опция по умолчанию), либо выбрать один из вариантов задания — через две или три точки. Если в ответ на этот запрос показать точку перекрестьем (т.е. переместить перекрестье курсора "мышью" в заданную точку экрана и нажать левую кнопку), то она станет центром круга и система запросит радиус:

Command: CIRCLE 3P/2P/<Center>: Diameter/<Radius>:
указать радиус перекрестьем или значение радиуса.

Если вначале ввести не координаты точки центра, а ключевое слово 2P, то система последовательно запросит координаты двух диаметрально противоположных точек окружности.

Таблица 5.2. Действие функциональных клавиш в AutoCAD

Клавиши	Функция
Ctrl-C	Отказ от выполнения команды
F9	Координатная привязка SNAP (ШАГ)
F8	Ортогональное черчение ORTO (ОРТО)
F7	Ортогональная сетка GRID (СЕТКА)
F1	Текстовый или графический экран

Повтор команд. Для повторения предыдущей команды надо нажать клавишу ENTER или SPACE.

Прерывание и отмена результата команды. Прервать введенную команду можно нажатием клавиш Ctrl-C. На месте удаленной строки команды появится сообщение: “*Cancel* (ОТКАЗ)”. Для отмены результата только что выполненной команды используются команды U(0) или UNDO (ОТМЕНИ).

Команды отрисовки примитивов

Группа команд отрисовки примитивов (отрезков, дуг, многоугольников, текста и др.) обозначена в корневом меню (см. рис.5.3) строкой DRAW (РИСУЙ). Каждая команда обычно представляет несколько способов построения одного и того же примитива. Знание всех возможностей команд позволяет выбрать наиболее удобный способ построения.

В процессе отрисовки AutoCAD показывает то, что получится еще до подтверждения пользователя нажатием ENTER или кнопкой мыши. Такой режим слежения по умолчанию включен командой DRAGMODE (СЛЕДИ).

При указании точек перекрестием курсора на экране остаются небольшие крестики, которые не записываются в файл чертежа и не выводятся на печать. Они могут быть удалены с экрана, например, командой REDDRAW (ОСВЕЖИ).

- Отрезок прямой изображается командой

Command: LINE (ОТРЕЗОК) From point (От точки): 30.5,31.1

To point (К точке): @-20.1,10

To point: @10.1

To point: прервать запрос нажатием ENTER или SPACE

После ввода команды следует запрос на ввод первой точки и последующих точек, положение которых может быть указано перекрестием с нажатием кнопки мыши или координатами, введенными с клавиатуры (например, 10:12,10 — абсолютные декартовы; @20.1,10 — относительно предыдущей точки; @10.1< 45 — полярные).

Чтобы стереть последний отрезок построенной ломаной линии, не покидая команду LINE, надо указать опцию Undo (Отмена) в

ответ на запрос очередной точки. Предыдущий отрезок затем можно продолжить. Если последнюю точку ломаной необходимо соединить с первой точкой, надо ввести опции Close (Замкни). Заметим, что достаточно ввести только выделенную прописную букву опции.

При включенном режиме ORTHO (ОПТО) отрезки будут только вертикальными или горизонтальными, а при включенном режиме SNAP (Шаг) перекрестье курсора будет перемещаться с заданным шагом невидимой сетки. Наконец, сетку можно сделать видимой командой GRID (Сетка). Доступ к перечисленным командам возможен через диалоговое окно (см. рис.5.7).

Ввод некоторых команд (табл. 5.2) реализуется функциональными клавишами клавиатуры.

Внимание! Вышеприведенные пояснения относятся и к некоторым другим командам группы DRAW.

Для завершения команды на очередной запрос "To point:" следует нажать ENTER.

Недостатком команды LINE является невозможность выбора толщины линии. Это ограничение отсутствует в команде PLINE.

• Дуга окружности может быть построена несколькими способами, например,

Command: ARC (ДУГА)

Center/<Start point>: C

Центр/Начальная точка>: Ц

Center(Центр): 120.5,150.5

Start point (Начальная точка): показывается перекрестием

Angle/Length of chord/<End point>: A

Угол/Хорда/<Конечная точка>: У

Included angle(Центральный угол): -20

которые выбираются с помощью выделенных букв следующих опций английской и русской версий:

Starting point (Начальная точка)

End point (Конечная точка)

Radius (Радиус)

Angle (Угол)

chord Length (Длина хорды)

starting Direction (Начальное направление)

Center (Центр)

Принято, что дуги строятся из начальной точки S ПРОТИВ часовой стрелки. Осью отсчета является ось OX. Если можно провести две дуги, выбирается дуга наименьшей длины. На рис.5.8 показаны некоторые способы построения дуг.

• Круг вычерчивается командой

Command: CIRCLE (КРУГ)

3P/2P/TTR/<Center>: 20.5,20

Diameter/<Radius>: 10

пятью способами:

CR (ЦР) — по центру и радиусу;

CD (ЦД) — по центру и диаметру;

2P (2T) — по 2 диаметрально противоположным точкам;

3P (3T) — через 3 точки;

TTR (Кас Кас R) — окружность заданного радиуса, касательная двум кривым.

• **Полилиния** — это объект, состоящий из отрезков прямых и дуг, выполняемых не отдельными командами LINE и ARC, а одной командой PLINE. Полилиния имеет следующие особенности:

— воспринимается как один объект, что удобно для редактирования специальной командой PEDIT (ПОЛПРЕД);

— допускает изменения начальной и конечной толщины (рис.5.9);

— обеспечивает автоматическое сопряжение сегментов по радиусу или фаске и др.

После ввода команды появляется запрос начальной точки:

Command: PLINE (ПЛИНИЯ)

From point(От точки):

Затем выводится список доступных опций:

Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width/

<End point of line>:

Дуга/Замкни/Полуширина/Длина/ОТМени/Ширина/

<Конечная точка сегмента>:

Если выбрать опцию A (ДУ), то выводится список опций отрисовки дуги, ранее поясненных в описании ARC:

Angle/Center/Close/Direction/Halfwidth/Line/

Radius/Second pt/ Undo/Width/<End point of arc>:

После отрисовки дуги можно выбрать опцию L для продолжения вычерчивания отрезка прямой.

Пример. На рис.5.10 показаны некоторые возможности команды PLINE в соответствии с нижеследующим протоколом.

Вычертить контур заданной толщины —

Command: PLINE From point: 70,100 (от начальной точки с координатами: 70,100)

Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width/

<Endpoint of line>: w

Starting width <0.00>: 1. (т.е. начальная толщина)

Ending width <1.00>: (т.е. конечная толщина, нажатием ENTER)

Конечную точку прямой задаем в приращениях —

Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width/

<Endpoint of line>: @65,0

Выбираем опцию для построения дуги —

Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width/

<Endpoint of line>: a

Задаем координату конечной точки дуги —

Angle/CEnter/CLose/Direction/Halfwidth/Line/Radius/

Second pt/Undo/Width/<Endpoint of arc>: 160,75

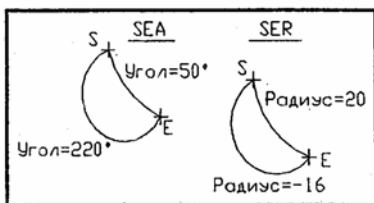
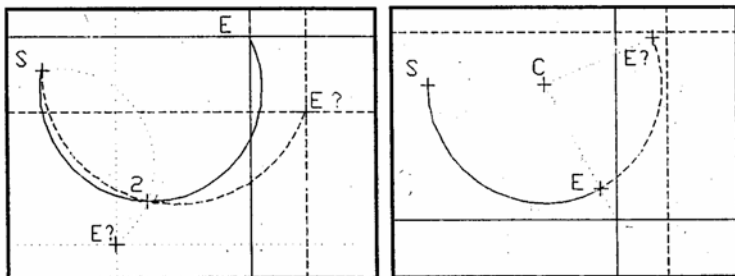


Рис. 5.8. Способы отрисовки дуги командой ARC

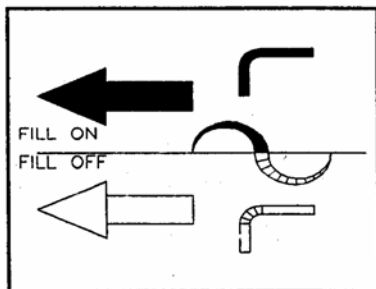


Рис. 5.9. Возможности команды PLINE

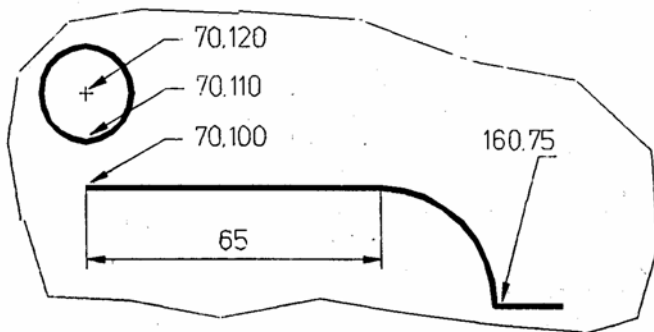


Рис. 5.10. Фрагмент чертежа, созданный командой PLINE

Переходим к построению прямой —

Angle/CEnter/CLose/Direction/Halfwidth/Line/Radius/
Second pt/Undo/Width/<Endpoint of arc>: L
Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width/<Endpoint of line>:
@15,0

Прерываем команду —

Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width/<Endpoint of
line>:*Cancel*

Построение отверстия от точки, лежащей на окружности
отверстия —

Command: PLINE
From point: 70,110
Current line-width is 1.00
Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width/<Endpoint of line>:
a

Задаем положение центра окружности —

Angle/CEnter/CLose/Direction/Halfwidth/Line/Radius/
Second pt/Undo/Width/<Endpoint of arc>: ce
Center point: 70,120

Угол —

Angle/<End point>: a
Included angle: 180

Замкнем окружность —

Angle/CEnter/CLose/Direction/Halfwidth/Line/Radius/
Second pt/Undo/Width/<Endpoint of arc>: cl

• Цвет задается командой

Command: COLOR (ЦВЕТ)
New color <1(red)>: yellow
Новый цвет<1(красный)>: желтый

При работе с монитором EGA отображается 16 цветов. Один цвет (код 0) резервируется для фона, который может быть светлым или темным (в зависимости от настройки). Основные цвета: 1—красный (red); 2—желтый (yellow); 3—зеленый (green); 4—голубой (cyan); 5—синий (blue); 6—фиолетовый (magenta); 7—черный/белый (black/white).

• Тип линии выбирается командой

Command: LINETYPE (ТИПЛИН)
?/Greate/Load/Set: ?/Создай/Загрузи/Установи:

Если необходимые типы линии ранее загружены опцией L, то переход на новый тип выполняется опцией S. Знак вопроса выводит список определенных в файле acad.lin типов линий:

```
bylayer(ПОСЛОЮ)
CONTINUOUS_____
DASHED,_____
HIDDEN,_____
CENTER,_____
CENTRE,_____
```


PHANTOM, _____
 DOT, _____
 DASHDOT, _____
 BORDER, _____
 DIVIDE, _____

Пользователь может создавать свой стиль линии.

• **Слой.** Чертеж может состоять из объектов, размещенных на разных слоях — как на отдельных, но совмещенных листах кальки. Например, на одном слое (рис.5.11) изображается деталь, на другом — размеры, на третьем — рамка и штамп. Слой, на котором в данный момент создается изображение, называется текущим (current). Каждый слой может иметь свой цвет, тип линии, может быть включенным (видимым) или выключенным (невидимым). Все это выполняется командой из корневого меню:

Command: LAYER (СЛОЙ)

?/Make/Set/New/On/OFF/Color/Ltype/Freeze/Thaw;

?/Создай/Установи/Новый/Вкл/Откл/Цвет/Типлин/

Заморозь/Разморозь:

Однако удобнее использовать диалоговое окно (рис.5.12), которое вызывается командой 'DDLMODES ('ДИАЛСЛОЙ) из падающего меню (см. рис 5.3) — строка Layers пункта Settings.

При создании нового рисунка (если нет прототипа!) автоматически предлагается слой с именем 0, который включен, разморожен, является текущим; и этому слою присваиваются: цвет — белый, тип линии — continuous (непрерывная). Нарисованные на слое примитивы получают цвет и тип линии BYLAYER (ПО СЛОЮ). Принадлежность объекта слою можно изменить командами CHANGE (ИЗМЕНИ) или CHPROP (СВОЙСТВА).

Слой 0 не может быть удален или переименован.

Замораживание некоторых слоев позволяет ускорить перерисовку и регенерацию изображения на текущем слое. Замороженный слой, как и отключенный, не виден на экране до размораживания.

В диалоговом окне включенному состоянию слоя соответствует наличие галочки (см. рис.5.7) в соответствующей клетке.

• **Штриховка** выполняется командой

Command: HATCH (ШТРИХ

Pattern (? or name/U, style):

Select objects:

Образец(? или имя/С, стиль):

? — выводит имена существующих типов штриховки;

U — задает штриховку параллельными линиями с запросом угла наклона, расстояния между линиями, необходимости двойной штриховки;

Style — позволяет выбрать один из трех стилей:

N — нормальная (по умолчанию), O — штриховка наружной области, I — штриховка сплошная.

Внимание! Контур штрихования может быть указан опцией Window, но должен быть замкнут, т.е. состоять из примитивов,

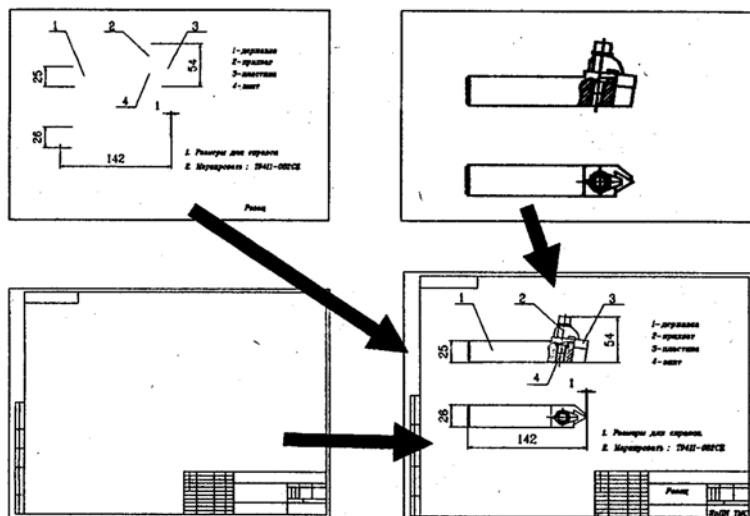


Рис. 5.11. Чертеж формируется на трех слоях

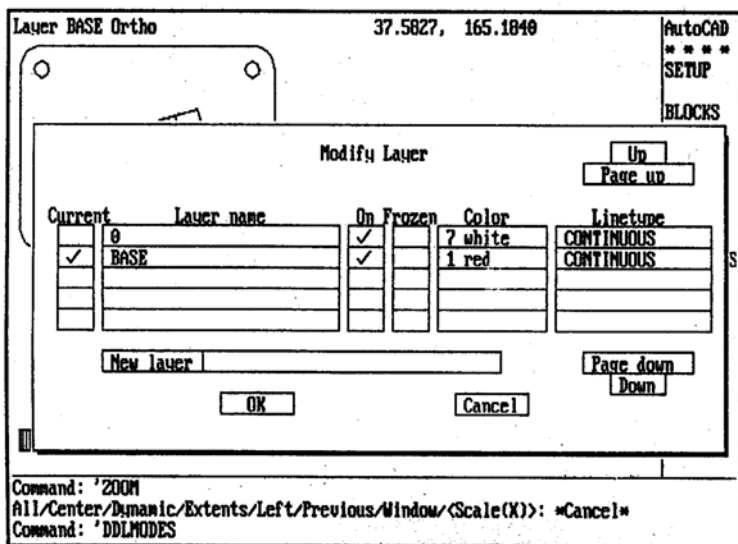


Рис. 5.12. Управление слоями через диалоговое окно

имеющих общие конечные точки. Иногда такой контур приходится создавать на вспомогательном слое. Штриховка — единственный примитив, поэтому для удаления достаточно указать любую линию.

- **Текст.** В AutoCAD различают понятия: шрифт и гарнитура. Шрифт (font) — модель изображения символов. Поставляются несколько различных шрифтов (рис.5.13) с различными именами: Txt, Cyrillc, Romand, Russ и др.

Гарнитура (Style) — это сочетание (рис.5.14) шрифта с заданной пользователем высотой, шириной и наклоном символов, ориентацией текста (вертикальной или горизонтальной).

На основе одного шрифта пользователь может создать несколько гарнитур с различными именами.

Задать гарнитуру можно командой:

```
Command: STYLE
Text style name(or?)<STANDART>: IVAN
New style
Font file<txt>: russ
Height<0.000>: 5
Width factor<1.00>: 0.5
Obliquing angle<0>:
Backwards?<N>:
Upside-down<N>:
IVAN is now the current text style.
```

```
Команда: СТИЛЬ
Имя гарнитуры(или?)<СТАНДАРТ>: ИВАН
Новая гарнитура
Файл шрифта<ТХТ>: russ
Высота<0.000>:
Степень сжатия/растяжения<1.00>: 0.5
Угол наклона<0.00>:
Справа-налево?<N>:
Перевернутый?<N>:
Вертикальный?<N>:
ИВАН Новая гарнитура шрифта.
```

? — показывает список созданных гарнитур и их параметры;

Height — если не задавать значение высоты, то при вводе текста, команды ТЕХТ и DТЕХТ будут ее запрашивать;

Width — увеличивает или уменьшает ширину символа.

Стиль уже созданного текста можно изменить командой CHANGE. После выполнения команды STYLE вновь созданный стиль становится текущим

Ввод текста выполняется командой

```
Command: DTEXT (ДТЕКСТ)
Start point or Align/Center/Fit/Middle/Right/Style:
Начальная строка или ВПисанный/Центр/Выравненный/
Середина/ВПраво/Гарнитура:
```

Рис.5.14 иллюстрирует различные способы размещения текста.

Внимание! Команда DТЕХТ в отличие от ТЕХТ отображает текст по мере его ввода, причем точку вставки нового символа

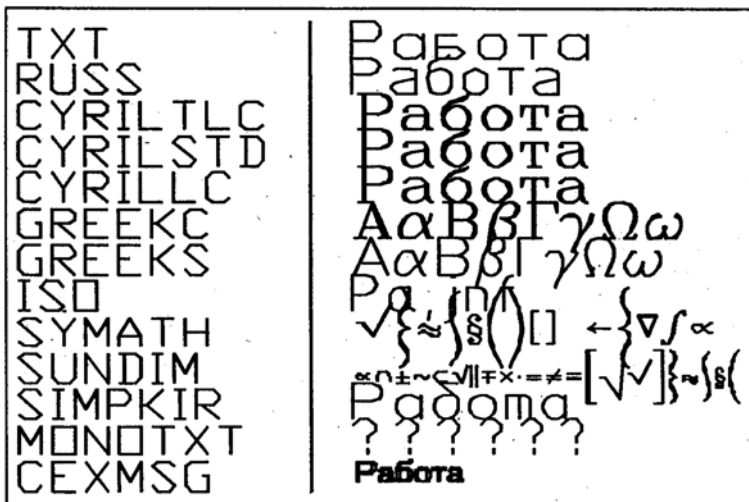


Рис. 5.13. Особенности шрифтов

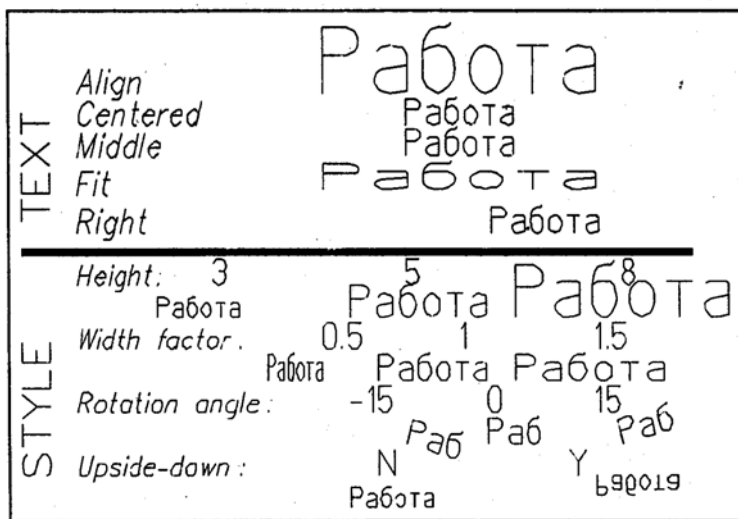


Рис. 5.14. Расположение текста и опции гарнитуры

можно менять мышью на экране. Чтобы закончить ввод — нажать ENTER в новой позиции до начала ввода символа.

Некоторые спецсимволы (градус, плюс-минус и т.п.) вводятся с помощью управляющего кода:

%%p — +/-

%%d — градус

%%pup — символ с кодом ASCII "pup".

- **Размеры.** Простановка размеров выполняется командой DIM (РАЗМЕР), после ввода которой приглашение "Command:" заменяется на "DIM:". Команда прерывается сочетанием клавиш Ctrl-C. Частным случаем является команда DIM1, которая представляет только один размер с последующим автоматическим выходом.

Для простановки линейных размеров выделяются (рис.5.15) подкоманды:

HORizontal (ГОРизонтальный), VERTical (ВЕРтикальный), ALIghned (ПАРаллельный) и ROTated (ПОВернутый).

Например:

DIM: hor

First extension line origin or RETURN to select: 200,200

Начало первой выносной линии или RETURN для выбора: 200,200

Second extension line origin: 300,200

Начало второй выносной линии: 300,200

Если вместо указания начала первой выносной линии ответить нажатием ENTER, система просит указать образмериваемый примитив для автоматической простановки выносных линий:

Select line, arc or circle:

Выберите отрезок, дугу или круг:

После определения выносных линий следует указать положение размерной линии и размерный текст:

Dimension line location: 250,220

Dimension text <предлагаемое системой значение>: 2 отв.

M20x1

Для включения предлагаемого системой значения в набранный с клавиатуры текст используются символы <>, например, 2 отв. M<>x1

Особенности формы и расположения проставляемых размеров зависят от размерных переменных. Некоторые из них установлены в ON (Вкл) или OFF (Откл), другие хранят числовые значения. Задать новое значение размерной переменной можно из меню команды DIM подкомандой Dim Vars (Pзм Перем):

Current value <текущее значение> New value:

Надо ввести новое значение или подтвердить текущее нажатием ENTER. Действие некоторых переменных продемонстрировано на рис.5.16.

DIMTAD (PЗМТНРЛ) — поместить текст между выносных линий над (ON) размерной линией (только линейные размеры).

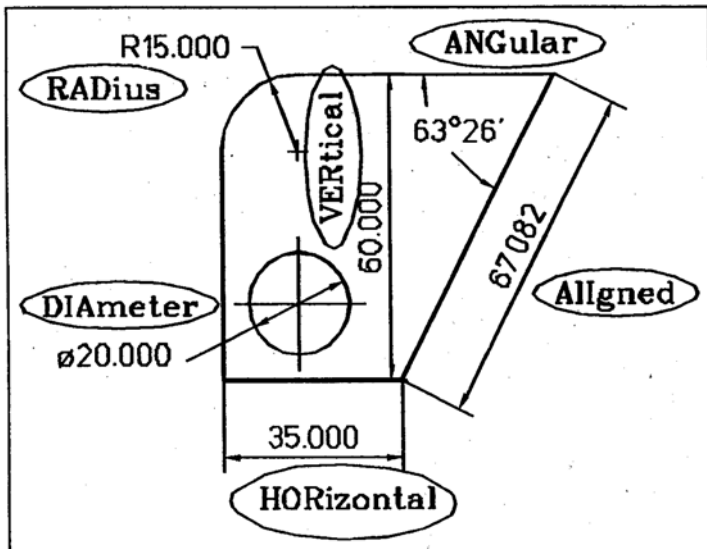


Рис. 5.15. Варианты простановки размеров

	OFF	ON
DIMSE1		
DIMTOFL		
DIMTIX		
DIMTAD		
DIMASZ		
DIMASO		
DIMCEN		

Рис. 5.16. Влияние размерных переменных

DIMSOXD (P3MPL3B) — подавление размерной линии при простановке малых размеров. Если — ON, то не чертится за выносными линиями. Влияет, когда DIMTIX размещает текст между выносными линиями.

DIMASZ (P3MBЛCT) — размер стрелок (DIMTSZ=0).

DIMASO (P3MACCO) — создание ассоциативного размера (если эта переменная OFF, то размер автоматически расчленяется после отрисовки).

DIMCEN (P3MЦEHT) — размер маркера центра или осевые линии.

DIMSCALE (P3MMACШT) -- глобальный масштабный коэффициент для размерного текста (не действует на допуски, измеренные длины и углы).

DIMSAH (P3MЗBC) — если ON, то рисунки на концах различны.

DIMBLK1 (P3MBЛK1) — рисунок первого конца, например, DOT (точка).

DIMTHT (P3MTEKCT) — высота текста в том случае, если в текущей гарнитуре высота равняется 0.

DIMTOFL (P3MPLMB) — текст вне выносных линий, размерная линия внутри (ON).

DIMTIX (P3MTMB) — текст между выносными линиями (ON).

Редактирование чертежа

Группа команд редактирования обозначена в корневом экранном меню (см. рис.5.3) строкой EDIT (PEDAKT). В эту группу входят команды: удаления элементов чертежа ERASE (COTPI), плоскопараллельного переноса в другое место чертежа MOVE (ПЕРЕНЕСИ), размножения COPY (КОПИРУЙ) и др. После ввода таких команд система требует указать элементы чертежа — объекты, которые будут подвергнуты редактированию:

"Select objects (выберите объекты):".

Пользователю предлагается указать каждый объект отдельно или сразу несколько объектов, попадающих в специальную рамку.

Выбор одного объекта чертежа. Основным режимом является последовательный выбор по одному объекту с помощью маленького квадрата прицела, который появляется на экране вместо перекрестья. Для указания объекта прицел надо "поставить" на объект и нажать ENTER либо левую кнопку мыши. После этого объект на экране должен "побледнеть", а в командной строке появится сообщение:

"...selected,...found (...выбрано, ...найдено)".

Если числа не совпадают, то указание выполнено неточно и выбор следует повторить.

Выбор нескольких объектов чертежа. Реализуется путем ввода на запрос:

"Select objects"

следующих ответов (достаточно ввести только выделенную букву):

Window (Рамка) — выбираются объекты, целиком попавшие в рамку. Рамка задается положением двух ее противоположных углов.

Crossing (Секрамка) — то же, что Window, но выбираются не только целиком попавшие в рамку объекты, но и те, которые только пересекаются рамкой.

BOX (БОКС) — если противоположные углы рамки указываются слева направо, реализуется Window, если наоборот, то — Crossing.

Auto (Авто) — объединяет указание прицелом и рамкой. Сначала предлагается указать объекты прицелом, а если ничего не будет найдено — задействуется режим BOX.

Multiple (Несколько) — можно указать несколько объектов.

Previous (Текущий) — передает команде редактирования набор объектов, составленный в предыдущей команде редактирования запросом Select.

Remove (Удалить) — выводит объект из набора выделенных.

Add (Добавить) — отменяет Remove, позволяет дополнить состав набора.

Завершение выбора объектов. Для завершения формирования набора редактируемых объектов на очередной запрос: "Select objects" нажать ENTER или правую кнопку мыши.

Завершение команды редактирования. После выделения объектов, в команде редактирования запрашивается:

"Base point or displacement (Базовая точка или смещение):",
а затем новое положение объектов

"Second point of displacement (Вторая точка смещения)".
Например:

```
Command: MOVE (ПЕРЕНЕСИ) Select objects: W
First corner: Other corner: 3 selected, 3 found
Select objects: нажать ENTER
Base point or displacement:
Second point of displacement:
```

Лимиты

• **Лимиты** — это прямоугольная область для ограничения чертежа, задаваемая левым нижним и правым верхним углами.

Command: LIMITS ON/OFF/Lower left corner <0.00, 0.00>:

Upper right corner <12.00, 9.00>: 210., 297.

Команда: ЛИМИТЫ Вкл/Откл/Нижний левый угол
<текущее значение>:

Верхний правый угол <текущее значение>: заданное
значение

Проверить границы области черчения можно выводом на экран сетки командой GRID или клавишей F7. Сетка заполняет только прямоугольник лимитов.

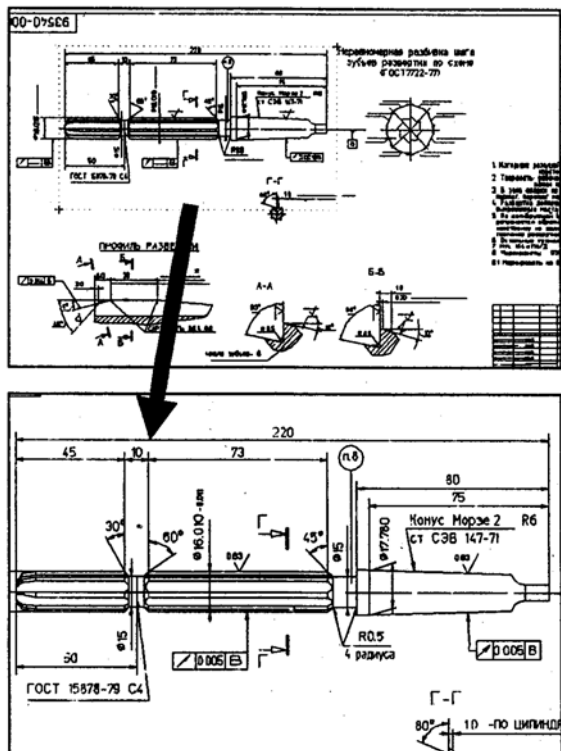


Рис. 5.17. Действие команды ZOOM с опцией W

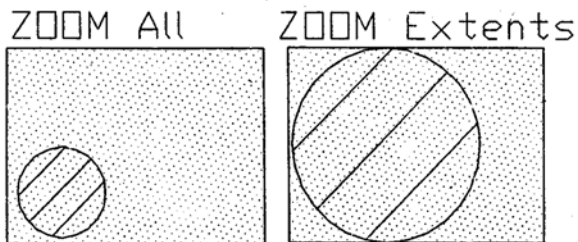


Рис. 5.18. Формат чертежа (слева) и пределы объекта

Изменение размера изображения

Эта операция выполняется командой ZOOM (ПОКАЖИ)

Command: ZOOM

All/Center/Dynamic/Extents/Left/Previous/Window/
<Scale(x)>:

Scale (Масштаб) задает коэффициент изменения масштаба изображения.

All (Все) — если объекты выходят за лимиты чертежа, то будут показаны пределы; если весь чертеж находится в лимитах, — будут показаны лимиты.

Center (Центр) задает центр будущего вида и высоту графической зоны.

Extents (Экстенды) показывает все объекты чертежа.

Left (Левый) задает левый угол будущего вида и высоту графической зоны.

Previous (Предыдущий) восстанавливает предыдущий вид.

Window (Рамка) позволяет задать область чертежа, которая заполнит всю графическую зону экрана. Пример использования опции Window показан на рис.5.17.

Dynamic (Динамика) показываются границы чертежа, текущее изображение на экране и динамическая рамка; ее можно перемещать, менять размер, и содержание полностью заполнит графическую зону.

О различии между опциями All и Extents можно судить по рис.5.18.

Вывод чертежа на принтер

Эта операция выполняется командой PRPLOT (ПЕЧАТАЙ). После ввода команды появляется запрос:

What to plot — Display, Extents, Limits, View or Window <L>:
Что чертить — Экран, Границы, Лимиты, Вид или Рамку
<Л>:

После этого графический экран замещается текстовым, на котором система выдает текущие параметры вывода и запрашивает их подтверждение:

Plot will NOT be written to a selected file

Sizes are in Millimeters Plot origin is at (0.00,0.00)

Plotting area is 120.00 wide by 150.00 high (USER size)

Plot is NOT rotated 90 degrees

Hidden lines will NOT be removed

Plot will be scaled to fit available area

Чертеж не будет записан в отдельный файл

Размеры в мм Точка начала отсчета на чертеже (0.00,0.00)

Область черчения. Ширина - 120.00; Высота - 150.00

(размер ПОЛЬ)

Чертеж не поворачивается на 90 градусов

Скрытые линии не будут удалены

Масштаб чертежа не будет изменен в соответствии с областью черчения

Для принтера точкой начала отсчета является левый верхний угол бумаги. Если начальную точку сместить, т.е. задать, например, как (20,0), то произойдет смещение выводимого чертежа вправо, что можно использовать для получения поля. Иногда целесообразно задать поворот чертежа на 90 градусов при печати. В случае значительного отличия размеров области выводимого чертежа и заданного формата бумаги необходимо использовать не масштаб 1=1, а опцию F (Вписать). В этом случае система сама выберет необходимый масштаб, чтобы чертеж полностью заполнял заданную область. Непосредственно перед выводом на печать система выдает сообщение:

Effective plotting area: 120.00 wide by 98.00 high.

Position paper in printer.

Press RETURN to continue:

Область чертежа: ширина — 120.00; высота — 98.00

Установите бумагу на принтер.

Для продолжения нажмите RETURN:

Заметим, что чертеж, подготовленный ранее в виде файла с расширением .dwg, можно распечатать без отрисовки на экране. Для этого следует использовать пункт 4 Главного Меню. Чертеж можно распечатать и автономно от AutoCAD, если вывести его в файл с расширением .lst.

5.5. САПР на основе AutoCAD и AutoLISP

До сих пор мы рассматривали AutoCAD как САПР чертежей, формируемых в интерактивном режиме путем ввода пользователем команд отдельных примитивов и их отрисовки графическим редактором (см. рис.5.2).

Кроме автоматизации чертежных работ AutoCAD имеет средства для создания прикладных САПР различной ориентации. К таким средствам относится язык программирования и включенный в состав AutoCAD интерпретатор функций языка AutoLISP. Программы на этом языке (файлы с расширением .lsp) могут реализовать арифметические и логические операции, доступ к структуре чертежа, управление графическим редактором, диалог с пользователем. Прикладные программы на AutoLISP повышают степень автоматизации проектирования путем исключения ввода пользователем команд отрисовки отдельных примитивов, например, за счет использования следующих возможностей.

1. Вставка в заданное место чертежа заранее сформированных фрагментов, так называемых блоков, без какого-либо их изменения (рис.5.19).

2. Включение в чертеж ранее подготовленных фрагментов типовой конфигурации, на которых присутствуют размерные линии без конкретных размеров. Значения размеров автоматически проставляются в определенных местах чертежа после их ввода в диалоге с пользователем, либо — передачи из расчетной программы, подготовленной, например, на языке AutoLISP (рис.5.20).

3. Формирование фрагментов чертежа из автоматически рассчитываемых по программе или параметрических конфигураций

Деталь		ГОСТ 3104-86 Форма 2	
Код		4	
Контур	Сундерн	БСГ-00.042	
Наименование	Вал ножевой		
Материал	Полное наименование	Материал	
	Точарно-винторезная 020	Сталь 45 ГОСТ 1050-74	
Твердость	ГВ	МН	Поверхн. и размеры 43 НН
НВ241-280	МГ	8,3	Круг 85х402 17,9
Оборудование	устройство ЧПУ	Обозначение программы	
Точарно-винторезный	16х20		
T _с	T _р	T _з	T _т
4,24	0,3	4,54	
Р	М	Д	Ш
О 01	1. Установить заготовку и закрепить.		
T 02	Патрон 7100-0009 ГОСТ 2675-80.		
03	центр А-1-5-Н ГОСТ 8742-75		
О 04	2. Точить цилиндрическую поверхность.		
05	выдерживая размеры 1.2.3.4.5.6. предварительно.		
T 06	Резец 2103-0057 ГОСТ 18879-73.		
07	резец 2102-0055 ГОСТ 18879-73.		
08	Штангенциркуль ШЦ-1-125-01-2 ГОСТ 166		
09			
10			
OK	Операционная карта обработки резанием		

Рис.5.19. Операционная карта с блоком эскиза

в зависимости от нескольких конструктивных размеров, полученных от пользователя, переданных из другой программы непосредственно или через БД.

Рассмотрим использования перечисленных возможностей на двух примерах.

Проектирование чертежа осевого режущего инструмента

Проектирование* выполняется в среде AutoCAD по программе на AutoLISP. Концептуальная (концепция — определяющий замысел, ведущая мысль) схема показана на рис.5.21. Согласно этой схеме, чертеж формата А3 (рис.5.22) создается путем заполнения 4-х зон. В ходе диалога системой запрашиваются конструктивные параметры или условия применения зенкера, а также точки привязки каждой зоны (рис.5.23). В зависимости от ответов пользователя, по программе рассчитываются и рисуются проекция или вид (зоны 1,2,3), а затем выбирается тот или иной блок разрезов (зона 4).

Рассмотрим подпрограмму на AutoLISP, вычерчивающую “хвостик” (рис.5.24). Данная подпрограмма является характерной с точки зрения описания элементов чертежа. Все остальные подпрограммы программы “Зенкер” написаны аналогично.

AutoLISP — язык высокого уровня, позволяющий писать программы; хорошо сочетающиеся с машинной графикой. С по-

*) Дипломный проект А.В.Игнатенко и В.Л.Козлова (ЯГТУ)

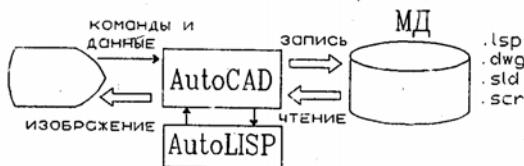


Рис. 5.20. Создание чертежа по программе на AutoLISP

мощью AutoLISP можно вводить в AutoCAD новые команды и добавлять их в экранное и падающее меню, создавать новые типы штриховок и гарнитуры шрифтов.

AutoLISP поддерживает различные типы данных: списки, символы, действительные и целые числа, строковые константы, дескрипторы файлов, имена примитивов и наборы AutoCAD; встроенные функции.

Основу интерпретатора LISPa составляет вычислитель, который анализирует строку, введенную пользователем или загруженную из файла, и возвращает некий результат. При этом результатом вычисления могут быть:

- для целых и действительных чисел, строковых констант и дескрипторов файлов являются они сами;
- для символов — их текущие значения;
- для списка — определение функции и ее аргументы.

Для большей наглядности разобьем подпрограмму на отдельные фрагменты и опишем каждый из них.

В следующем фрагменте

```
(defun kdo ()
  (initget 1)
  (setq mr (getint "/nНомер конуса морзе
(1...6): "))
```

оператор "defun" присваивает имя подпрограмме, в данном случае, подпрограмме KDO (или функции KDO). Скобки () говорят о том, что функция KDO имеет несколько переменных. Оператор "initget" со значением 1 указывает на то, что запрещен пустой ввод при использовании оператора "getint", который следует после него. Оператор "setq" — это оператор присваивания переменной значения. Фраза "Номер конуса Морзе (0...6):" появляется в командной строке AutoCADa в виде запроса пользователю. После того как

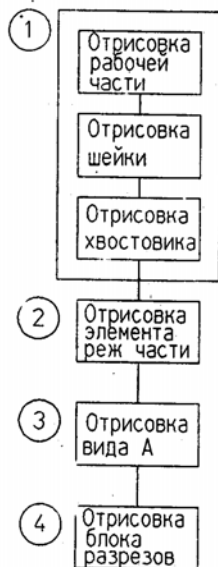


Рис. 5.21. Концептуальная схема

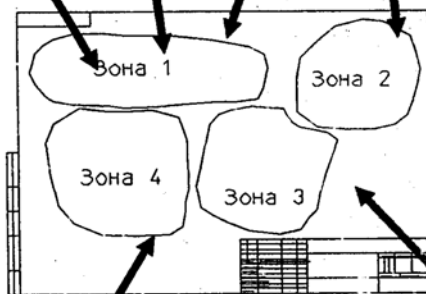
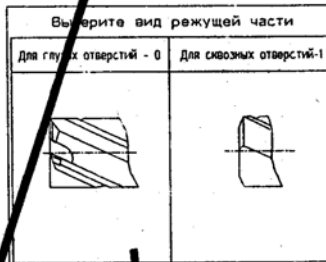
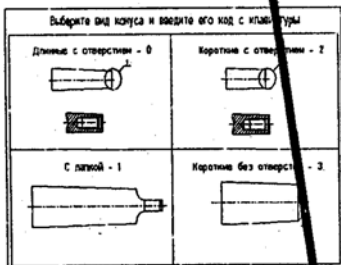
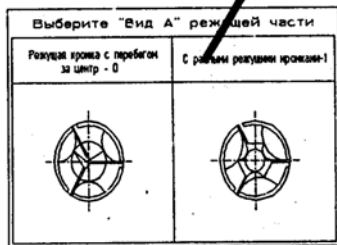


Рис. 5.22. Содержание диалога



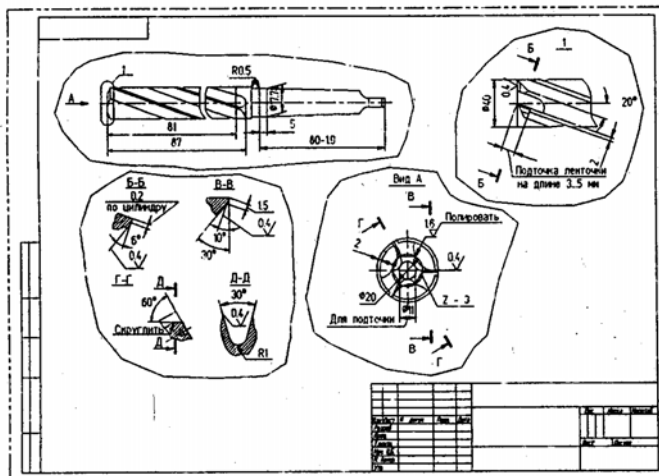


Рис. 5.23. Чертеж зенкера, формируемый по зонам

пользователь введет значение конуса Морзе от 0 до 6, фрагмент программы

```
(if (= mr 6) (progn
  (setq d 64.0 a 8.0 l1 190.0 l2 11.0
    l3 6.6 l4 1.4 l 50.0 t 16.0
    d1 24.0 d2 25.0 d3 31.0 d4 36.0
    d5 51.0 lfr 2.0) (mo)
  (ro)
  (so)
```

начинает выполнять оператор условия "if". В зависимости от того, какое число было присвоено переменной "mr", с помощью оператора "progn" выполняются функция присваивания переменных значений и функции запуска тех или иных подпрограмм.

В следующем фрагменте

```
(DEFUN MOR ()
  (setq y1 (y 1:5))
  (setq c1 (polar c0 (* pi 1.5) (* d 0.5)))
  (setq c2 (polar c1 0.0 a))
  (setq c5 (polar c0 0.0 l1))
  (setq c3 (polar c5 (* pi 1.5) (* d5 0.5)))
  (setq c6 (polar c5 0.0 5.0)) ;осевая линия
  (setq c7 (polar c5 0.0 (* d 0.1))) ;видовой круг
  (setq c8 (polar c7 (* pi 0.25) (* d 0.5))) ;выноска
  (setq c9 (polar c7 (* pi 0.25) (+ 10.0 (* d 0.5))))
```

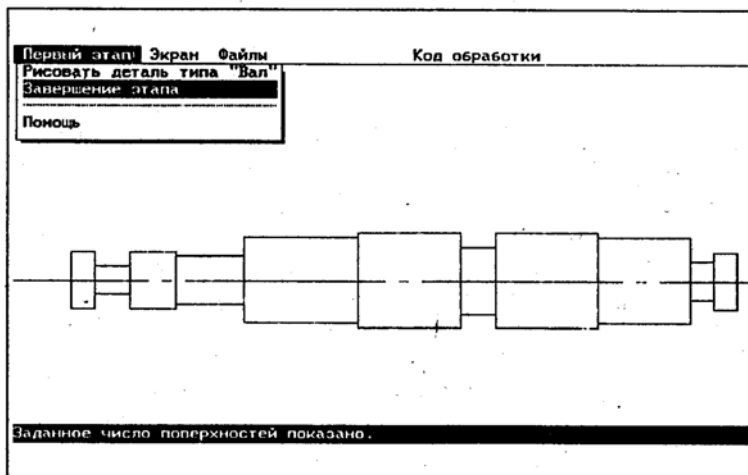



Рис.5.26.Результаты выполнения этапа 1

запрос — вводится число ступеней детали. Для каждой ступени система последовательно запрашивает длину, диаметр и автоматически подстраивает новый прямоугольник. Ввод последней ступени активизирует программный анализ соотношений между размерами всех элементов и имеет следствием автоматическое пере-строение эскиза с целью увеличения мелких элементов. Это необходимо для нормальной их идентификации рамкой указателя

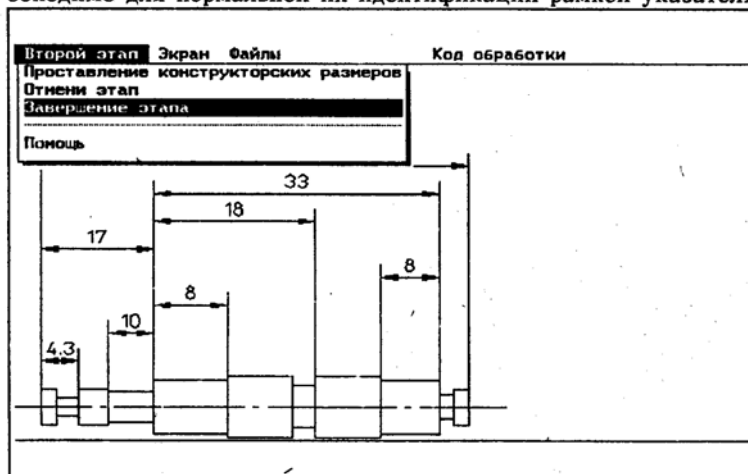


Рис.5.27.Результаты выполнения этапа 2

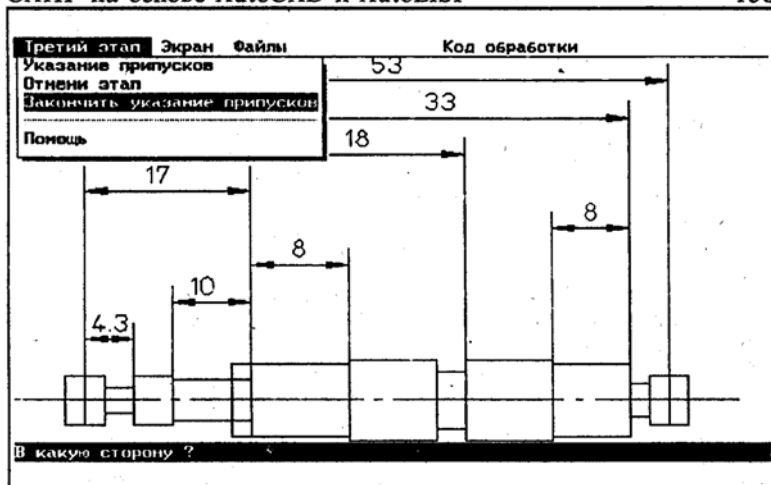


Рис.5.28.Результаты выполнения этапа 3

на последующих этапах. Результат выполнения этапа показан на рис.5.26.

Этап 2 — ввод заданных чертежом конструкторских размеров. В общем случае выполняется автоматически. В упрощенном варианте системы пользователю предлагается указать сначала левую, а затем правую поверхности (линии), связанные конструкторским размером. Система запросит в командной строке номинальное значение размера, верхнее и нижнее отклонения. Ука-

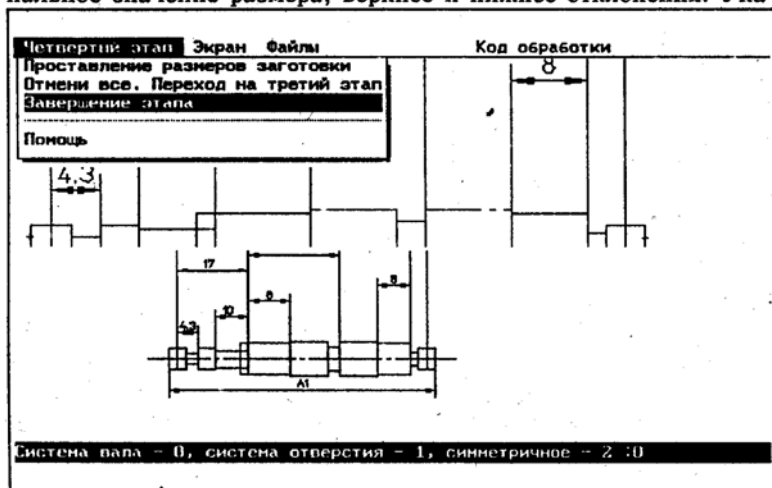


Рис.5.29.Результаты выполнения этапа 4

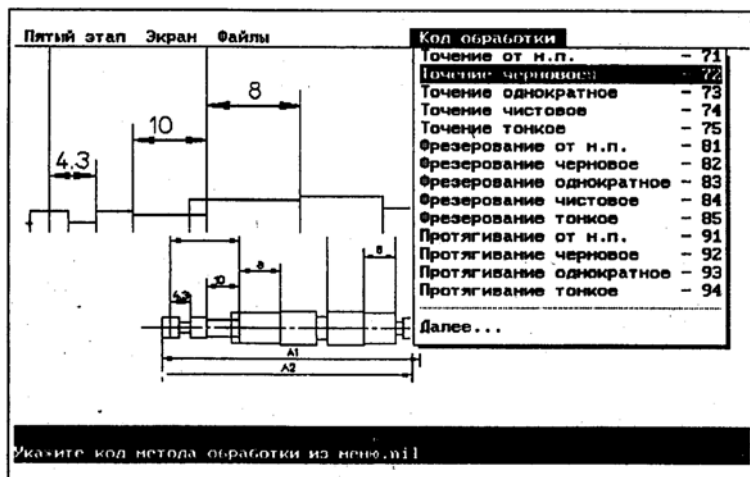


Рис.5.30. Результаты выполнения этапа 5

занные поверхности автоматически перекрашиваются в зеленый цвет и соединяются размерными линиями того же цвета; появляется обозначение размера (рис.5.27). Для каждого размера в RAM формируется списковая структура вида: номер поверхности, координаты, наибольшее и наименьшее значения размера. Число размеров не должно превышать заданное число ступеней.

Этап 3 — ввод припусков, удаляемых режущим инструментом в ходе обработки. На экране появляется запрос на выбор поверхности, к которой следует пристроить припуск. Пользователь ставит прицел на линию проекции поверхности и нажимает кнопку “мыши”, после чего следует запрос: в какую сторону. Следует зафиксировать курсор справа или слева от указанной поверхности и нажать кнопку “мыши” — к этой поверхности присоединится прямоугольник красного цвета (рис.5.28). Возможно повторение описанной операции в случае многократной обработки данной поверхности. В процессе указания припусков эскиз перестраивается, сжимаясь в пределах экранного поля. В результате выполнения этапа системой формируется конфигурация заготовки, а в RAM — список границ припусков.

Этап 4 — проставка положения подлежащих расчету размеров заготовки. Размеры заготовки — технологические размеры, с которыми она поступает на механообработку. В ответ на запрос системы следует указать стрелкой в верхней половине экрана последовательно левую и правую поверхности, ограничивающие размер, а затем нажать кнопку “мыши”. Выбор расположения размеров — задача пользователя — зависит от метода получения: резка проката, отливка, штамповка и др. Метод получения заготовки вводится из меню в начале проектирования. Размеры с

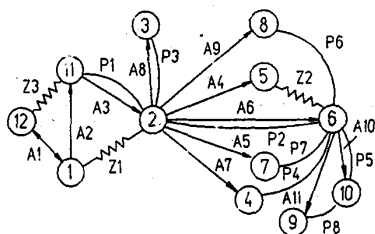


Рис.5.31. Граф технологических размерных цепей

последовательно возрастающим индексом будут показаны системы в нижней половине экрана, под заготовкой (рис.5.29).

Этап 5 — простановка положения и выбор метода получения подлежащих расчету технологических размеров, выдерживаемых при обработке заготовки. По запросу системы в верхней половине экрана пользователю предлагается указать сначала базовую поверхность,

от которой выдерживается размер, а затем обработанную поверхность, полученную после удаления припуска. Система рисует технологический размер в нижней части экрана, причем базовая поверхность помечается точкой, а на обработанную поверхность направляется стрелка. После ввода границ размера, система уточняет расположение допуска

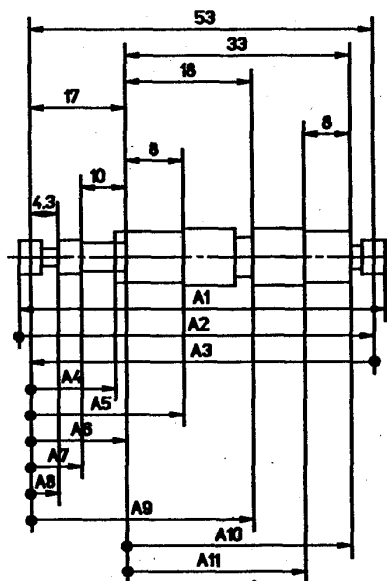


Рис. 5.32. Внешний результат ввода исходных данных

этого размера. Далее, в появляющемся меню система запрашивает, каким методом будет получен размер (рис.5.30).

Рассмотренная последовательность ввода данных повторяется затем для следующего размера. Заметим, что система контроли-

рует общее количество вводимых технологических размеров в этапах 4 и 5: оно не должно превышать суммы конструкторских размеров и припусков. При большом числе размеров содержание нижней части экрана автоматически смещается вверх, уходя из поля зрения пользователя. Просмотр ранее введенной информации выполняется прокруткой изображения вверх и вниз.

В результате реализации рассмотренной схемы в текстовом файле на магнитном диске формируется внутренний массив исходных данных, соответствующий структурной модели технологического процесса — графу размерных цепей (рис.5.31). Внешнее, т.е. экранное представление введенной информации (размерная схема) сохраняется в файле типа .DWG (рис.5.32), а сформированный массив исходных данных (внутренняя модель) передается в расчетную часть программы.

5.6. САПР на основе AutoCAD, AutoLISP и СУБД FoxBASE

Более сложной является САПР, объединяющая возможности системы AutoCAD и другой автономной системы, например, СУБД FoxPro. В таких САПР (рис.5.33) сначала запускается проектирующая подсистема, реализованная на языке СУБД, которая использует БД с параметрами имеющегося инструмента или выполняет функциональный расчет нового инструмента и

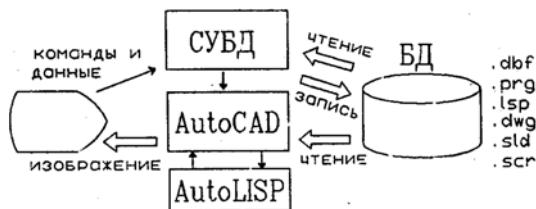


Рис. 5.33. Создание чертежа с использованием БД

формирует его геометрические параметры для графического отображения. Результаты обработки первой подсистемы (код и параметры найденного или спроектированного заново инструмента) записываются в файл на МД. Затем оверлейная часть СУБД выгружается из ОП ПЭВМ и на ее место загружается AutoCAD и программа на AutoLISP, которой передаются параметры инструмента из файла, и которая на их основе рассчитывает или использует готовые фрагменты при отрисовке чертежа. На рис.5.34 показан чертеж долбяка, созданный САПР по описанному принципу на Ярославском моторном заводе.

В заключение заметим, что создание подобных систем требует тщательной предварительной проработки на этапе постановки

