

Министерство высшего и среднего специального  
образования РСФСР

Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени  
авиационный институт имени академика С.П. Королева

Г Р А Ф И Ч Е С К И Е   Д И С П Л Е И

В работе рассмотрены структуры интерактивных графических систем, режимы работы и средства ввода графических дисплеев. Дано описание графического дисплея ЕС-7064 и цветного графического терминала А543-И1, предназначенного для ЭВМ типа СМ-2. Описаны основные приемы работы с этими техническими средствами САПР.

Методические указания разработаны на кафедре конструкции и проектирования летательных аппаратов и предназначены для студентов 0535 специальности, изучающих курс "Основы САПР", а также могут быть использованы при обучении студентов других машиностроительных специальностей, на ФПК ИТР и преподавателей.

Составитель-А.В. Соловов

Рецензенты: В.А.Щеголев,  
кафедра **технической кибернетики**  
Куйбышевского авиационного института

**Ц е л ь р а б о т ы:** познакомить студентов со структурой, режимами работы, техническими характеристиками и возможностями современных графических дисплеев.

**Порядок проведения занятия:** студенты, предварительно, во вне-аудиторное время, изучают данное руководство. Аудиторное занятие проводится по следующей примерной схеме:

1. Краткий рассказ преподавателя о принципах работы графических дисплеев и ответы на вопросы, возникшие у студентов в процессе самостоятельного изучения данного руководства.

2. Переход из аудитории на вычислительный центр.

3. Демонстрация работы графических дисплеев ЕС-7064 и А-5435 на ЭВМ ЕС-1040 одной подгруппе, цветного графического терминала А543-11 и его работы - другой подгруппе. Затем подгруппы меняются местами.

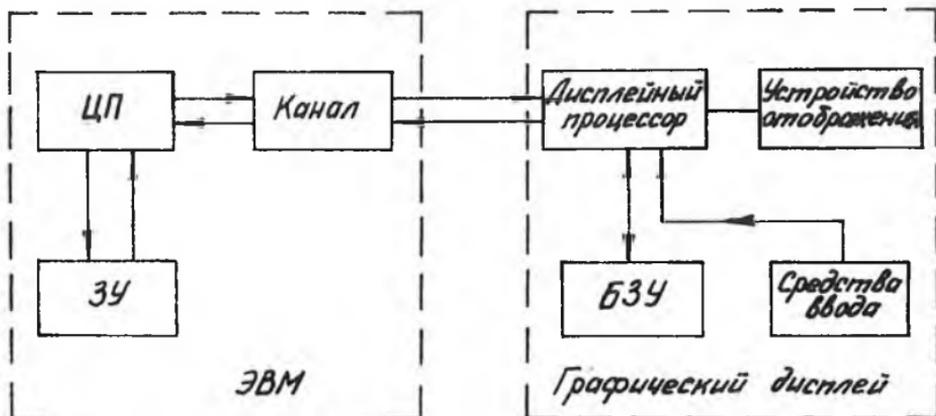
4. Прием зачета по лабораторной работе с помощью диалоговой системы программированного контроля знаний.

## 1. ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

### 1.1. Структуры интерактивных графических систем

Интерактивные графические системы на базе графических дисплеев могут иметь различные структуры. Одна из достаточно распространенных структурных схем графических систем показана на рис.1.

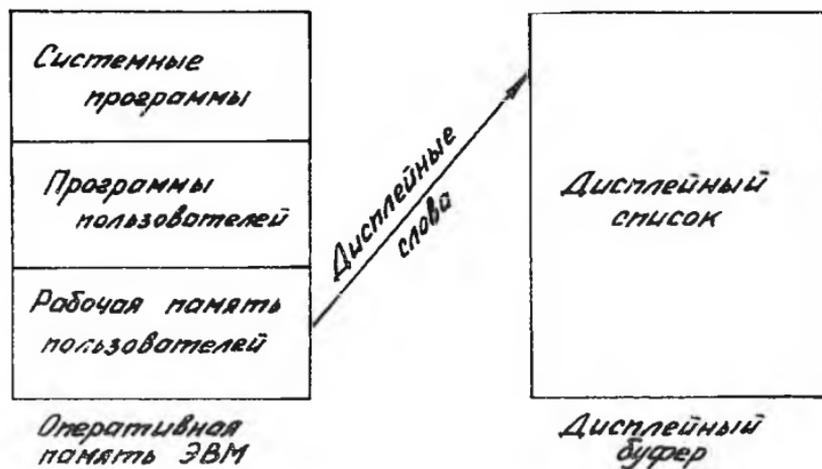
Графический дисплей (ГД) через мультиплексный или селективный канал связывается с ЭВМ. Основными структурными элементами дисплея являются буферное запоминающее устройство (БЗ), дисплейный процессор, устройство отображения, средства ввода.



Р и с.1. Структура интерактивной графической системы

Устройство отображения обычно представляет собой экран электронно-лучевой трубки (ЭЛТ), на котором отображаются либо графические картины, либо символьная информация.

Руководное запоминающее устройство предназначается для запоминания так называемого дисплейного списка (дисплейного файла) – последовательности слов, описывающих изображение, которое должно быть отображено на экране ЭЛТ. Дисплейный список формируется в памяти ЭВМ, а затем передается в дисплейный буфер (рис.2). Каждое слово



Р и с.2. Схема формирования дисплейного списка

дисплейного списка описывает некоторый базовый элемент изображения типа точки или вектора. Базовые элементы уже могут восприниматься устройством отображения с цифровым управлением. Для получения устойчивой графической картины на экране обычной ЭЛТ изображение необходимо регенерировать несколько раз в секунду. Естественно, что с такой же частотой следует считывать слова из дисплейного буфера и передавать их для воспроизведения на экране.

Дисплейный процессор предназначен для управления работой ГД: выборки с нужной частотой и в требуемой последовательности слов из буфера дисплея; обработки данных, поступающих от центрального процессора ЭВМ или средств ввода, и передачи их в дисплейный буфер; выработки некоторых специальных команд синхронизации, управления яркостью и т.п.

Средства ввода предназначены для ввода графической и алфавитно-цифровой информации, корректировки изображений на экране дисплея и обычно включают световое перо, клавиатуру и некоторые другие устройства. Вводимая информация после обработки в дисплейном процессоре поступает в БЗУ, а оттуда уже отображается через дисплейный процессор на экране ЭЛТ.

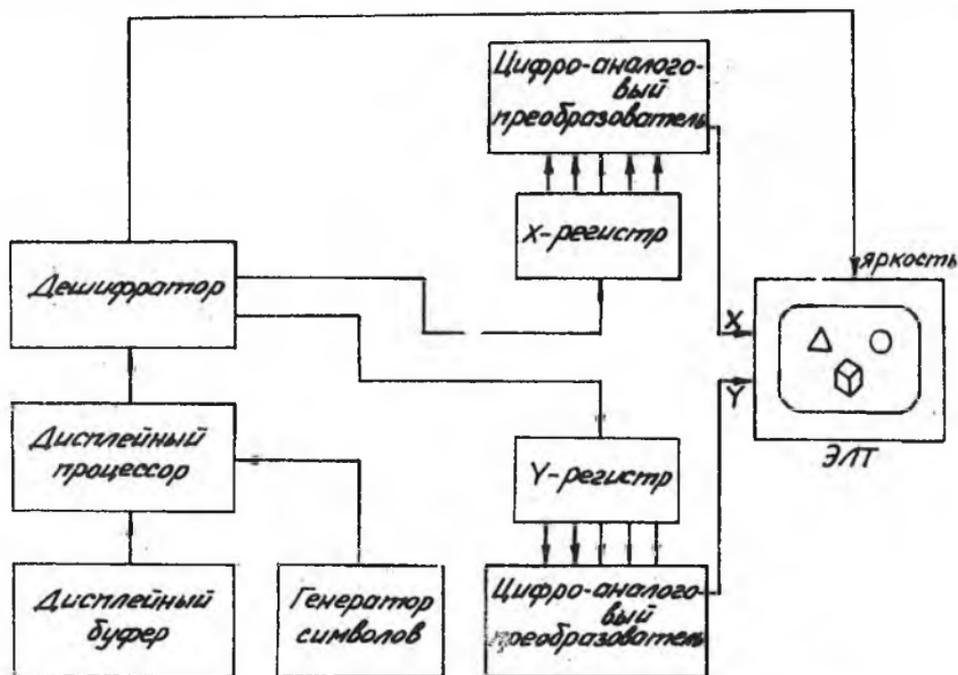
Структура графической системы (см. рис.1) обеспечивает определенную автономность ГД в режиме регенерации и редактирования изображения на экране. Однако полной автономности при такой структуре достигнуть невозможно. Преобразования графического изображения, связанные с масштабированием, поворотом, вычерчиванием с помощью светового пера и т.д., требуют обращения к ЭВМ. Для повышения степени автономности ГД в его состав включают мини-ЭВМ, которая организует работу дисплея, а также решает широкий круг задач, связанных с подготовкой и преобразованием информации. Центральная ЭВМ при такой структуре интерактивной графической системы выполняет лишь сложные вычислительные работы, требующие высокого быстродействия, и используется для хранения больших массивов информации.

## 1.2. Режимы работы дисплеев

1.2.1. Точечный режим. В этом режиме дисплей действует как устройство отображения точек. Каждое слово дисплейного списка указывает одну точку на экране дисплея. Слово состоит из трех частей: признака светового луча (включен или выключен) и координат точки ( $X, Y$ ) соответственно вдоль горизонтальной и вертикальной осей. Любые графические изображения при таком режиме работы ГД

представляются на экране как совокупность множества точек, сливающихся в линии.

На рис.3. в общем виде изображена структура точечного дисплея с цифровым управлением. Дисплейный процессор последовательно передает на деширатор список слов, описывающих точки, подлежащие отображению на экране. Деширатор направляет соответствующие коды координат точки на специальные  $X$  и  $Y$  - регистры. Эти регистры соединены



Р и с.3. Схема дисплея, работающего в точечном режиме

с цифроаналоговыми преобразователями, выходные напряжения которых управляют отклонением луча ЭЛТ. После фиксированной задержки, необходимой для установки луча в требуемую точку, деширатор выдает на ЭЛТ импульс яркости, и на экране трубки возникает точка. Затем на  $X$  и  $Y$  -регистры передаются новые коды координат для следующей точки. Главные достоинства точечного режима: простота его реализации и отсутствие накопления ошибок, поскольку для каждой воспроизводимой точки используются абсолютные координаты.

Однако точечный режим работы дисплея имеет существенные недостатки. Для изображения линий требуется задавать точки, расположенные близко друг от друга, примерно 4 точки/мм. Каждая точка кодируется одним словом в дисплейном списке. Достаточно сложное изображение кодируется в виде очень длинного дисплейного списка. Однако его размеры ограничиваются не только объемом дисплейного буфера, но и быстродействием дисплейного процессора. Дело в том, что дисплейные слова (команды) обрабатываются последовательно, а следовательно также последовательно отображаются точки на экране дисплея. Если время обработки одного дисплейного слова в дисплейном процессоре составляет 40 мкс (а это достаточно высокое быстродействие), то при частоте регенерации изображения, равной 40 Гц, изображение не может содержать более 1000 точек.

Таким образом, точечный режим работы дисплея может оказаться удобным для изображения множества отдельных точек, а для изображения непрерывных линий он крайне неэффективен.

**1.2.2. Векторный режим.** В отличие от точечного режима дисплейное слово в векторном режиме содержит вместо координат точки приращения координат  $\Delta X$  и  $\Delta Y$  по горизонтали и вертикали от последней точки, изображенной на экране. Существует несколько вариантов векторного режима: обычный, режим коротких векторов, шаговый режим.

Обычный режим используют при изображении длинных прямых линий. В режиме коротких векторов в целях экономии памяти для хранения  $\Delta X$  и  $\Delta Y$  используют количество разрядов меньше, чем при обычном режиме. Этот режим удобен для изображения кривых линий.

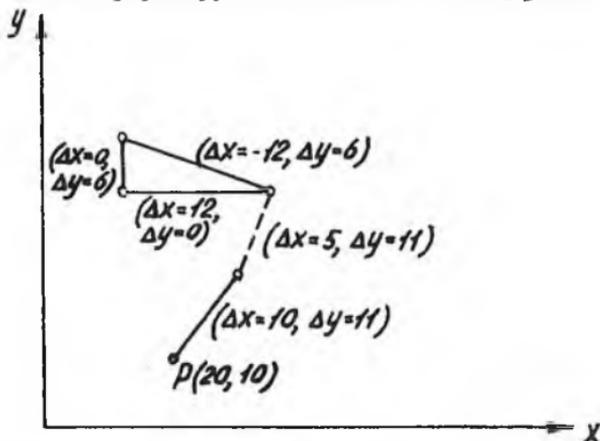
При шаговом режиме в дисплейном слове указывается направление и количество элементарных шагов (размером 1, 2 или 3 элемента растра) вдоль горизонтальной и вертикальной осей. Шаговый режим позволяет экономить память по сравнению с обычным режимом, особенно при изображении большого количества кривых линий, поскольку размер дисплейного слова уменьшается почти в два раза.

**1.2.3. В н б о р р е ж и м а.** Современные дисплеи могут работать в нескольких режимах. Дисплейный список в этом случае содержит слова (команды), обеспечивающие смену режимов. Например, для формирования изображения, показанного на рис.4, может быть составлен следующий дисплейный список:

1. MODE CHANGE (POINT)
2. POINT (0, 20, 10)
3. MODE CHANGE (VECTOR)
4. VECTOR (1, +10, +11)

5. VECTOR (0, +5, +11)
6. VECTOR (1, -12, 0)
7. VECTOR (1, 0, +6)
8. VECTOR (1, +12, -6)

Названия команд даны в условном виде без привязки к конкретному дисплею. Первая команда включает точечный режим, поэтому следующее слово списка интерпретируется дисплеем в этом режиме. Второе слово



Р и с.4. Воспроизведение линий в точечном и векторном режимах

устанавливает начальную точку на экране. Поскольку параметр включения луча равен нулю, указанная точка не подсвечивается. Третье слово переключает точечный режим работы на векторный. Четвертое слово изображает видимый отрезок прямой, поскольку в нем указано включение луча. В пятом слове луч выключен, и вектор перемещения луча не изображается. Шестое, седьмое и восьмое слова аналогичны четвертому. В них параметр включения луча равен единице, и соответствующие отрезки прямых будут изображены на экране.

### 1.3. Основные характеристики графических дисплеев

1.3.1. Ч а с т о т а м е р ц а н и я. Основным недостатком ЭЛТ является невозможность длительного сохранения изображения на экране. Если линия высвечивается один раз, она быстро тухнет

яркость и исчезает. Этот недостаток можно устранить путем регенерации изображения на ЭЛТ по данным, хранящимся в памяти ЭЭМ и в БЗУ дисплея. Для устранения видимого мерцания желательна более высокая частота регенерации изображения. Иногда, однако, невозможно повысить эту частоту из-за большого объема выводимых на экран данных. Путем специальных исследований установлено, что для удовлетворительной работы ЭЛТ в течение длительного времени при нормальном освещении комнаты обычного учреждения требуется частота регенерации не менее 30 Гц.

**1.3.2. Разрешающая способность.** Определяет возможности дисплея воспроизводить мелкие детали. Разрешающая способность характеризуется либо размером пятна от электронного пучка, сфокусированного в точку; либо количеством различных параллельных линий на единице длины (мм); либо количеством различных параллельных линий по ширине экрана. При увеличении яркости разрешающая способность ухудшается. Вблизи центра экрана разрешающая способность ЭЛТ всегда выше, чем по краям, из-за расфокусировки луча при увеличении угла его отклонения.

**1.3.3. Адресуемость точки на экране.** Измеряется числом координатных позиций, в которые может быть помещен центр пятна сфокусированного пучка. Адресуемость определяется количеством разрядов дисплейного слова, указывающего координаты пятна. Например, с помощью 12-разрядного слова, указывающего горизонтальную координату на экране ЭЛТ, можно разместить пятно в одной из 4096 дискретных позиций (7777<sub>8</sub>). В то же время разрешающая способность вдоль экрана из-за размеров пятна может составлять лишь 1000 линий. Таким образом, два соседних пятна окажутся взаимно перекрывающимися и не смогут быть различимыми до тех пор, пока их не будут разделять по крайней мере три пустых дискретных позиции.

Практически разрешающую способность в дисплеях делают, как правило, примерно равной адресуемости пятна. Однако в ряде случаев адресуемость дисплея значительно превышает его разрешающую способность. Основное преимущество, получаемое при этом, проявляется в изображении наклонных линий. Человеческий глаз удивительно чувствителен к нерегулярностям в линиях. Даже при шаге в 0,25 мм в линиях с малым углом наклона заметна ступенчатая аппроксимация. Степень ступенчатости уменьшается, если адресуемость использовать с большей точностью.

**1.3.4. Форма экрана и рабочая область.** Для графических дисплеев экраны обычно делают квадратными. Иногда используют экраны с соотношением сторон 4:5, как в кинескопах. Иногда соотношение сторон экрана делают пропорционально стандартным чертежным форматам, чтобы можно было получать фотокопии чертежей или рисунков с экрана, имеющие стандартные размеры.

Рабочая область экрана ЭЛТ обычно определяется так, что адресуемый прямоугольник вписывается в круглый или прямоугольный формат экрана. При этом все адресуемые позиции рабочей области становятся видимыми.

**1.3.5. Люминофор.** Обычно состоит из смеси солей кальция, кадмия, цинка или редкоземельных элементов. Выбранный для ЭЛТ дисплея люминофор определяет послесвечение, цвет, разрешающую способность и светотдачу. Оптимальное послесвечение представляет собой компромисс между продолжительным послесвечением, уменьшающим мерцание, и малым послесвечением, при котором отсутствуют нежелательные "хвосты" от движущихся по экрану элементов изображения.

Светотдача любого люминофора зависит от степени согласованности спектральной характеристики люминофора и спектральной чувствительности глаза человека. Наиболее высокой светотдачей обладают люминофоры с белым свечением. В случае использования дисплеев при микрофильмировании желательно иметь люминофоры с голубым цветом свечения, т.к. фотопленки более чувствительны к голубому свечению. В дисплеях на запоминающей ЭЛТ используют люминофоры с оранжевым или желтым свечением.

Размеры зерна люминофора определяют разрешающую способность дисплея, которая повышается с уменьшением размеров зерен.

#### **1.4. Средства ввода**

Для обеспечения обратной связи человека с ЭВМ в ГД используют такие средства ввода информации, как: световое перо; аналоговые устройства слежения типа "мышка"; "шарик слежения" и "координатная рукоятка"; функциональная и алфавитно-цифровая клавиатура.

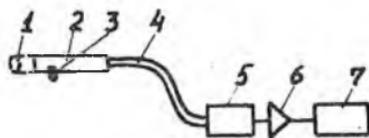
Иногда ошибочно предполагают, что устройство ввода, например световое перо, само формирует изображение на экране, т.е. оставляет за собой "световой след". Однако, как правило, входные устройства ГД не оставляют за собой "светового следа". Именно по этой причине такие устройства являются более мощным, чем бумага и карандаш,

средством.

Основная функция устройства ввода заключается в индикации положения какого-либо указателя, например пера, путем определения значений его координат. Затем эта информация может быть использована программой ЭВМ в качестве входных данных для генерации или модификации изображения. Причем, современные ЭВМ имеют достаточно большую скорость вычислений, чтобы обеспечить изменение картинки вслед за движением руки со световым пером.

**К л а в и а т у р а.** Состоит из алфавитно-цифровой и функциональной клавиатур. Алфавитно-цифровая клавиатура используется для ввода и редактирования символьной информации так же, как и в алфавитно-цифровых дисплеях. Функциональная клавиатура предназначена для управления процессами редактирования графических изображений с помощью программно-реализуемых команд.

**С в е т о в о е п е р о.** Предназначено для ввода и редактирования графической информации. Световое перо (рис.5) имеет две основные части: фотоэлемент и оптическую систему, фокусирующую на фотоэлемент любой свет, попадающий в поле зрения светового пера. Корпус



Р и с. 5. Световое перо: 1 - поле зрения;  
2 - корпус; 3 - кнопка затвора;  
4 - гибкий световод; 5 - фотоэлемент;  
6 - усилитель; 7 - триггер

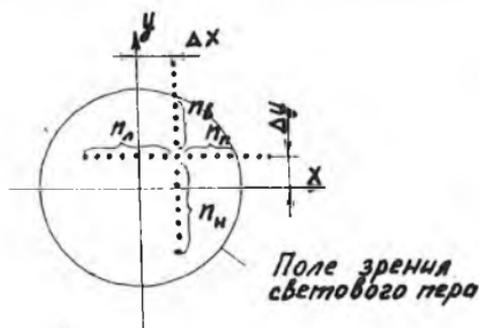
пера имеет форму, удобную для того, чтобы держать его в руке и направлять на экран дисплея. На корпусе находится кнопка затвора, при нажатии которой свет попадает на фотоэлемент. Выходной сигнал от фотоэлемента усиливается и попадает на триггер, который срабатывает всякий раз, когда в поле зрения пера попадает достаточно яркий источник света.

Таким образом, если точка или линия на экране попадает в поле зрения светового пера, триггер формирует импульс всякий раз, как только данный элемент изображения регенерируется на экране. Эти импульсы попадают в дисплейный процессор ГД, который передает их или в БЗУ, или в ЭВМ, что позволяет программе пользователя ЭВМ определить, например, координаты указываемого элемента изображения.

Световое перо выполняет две существенно различные функции в диалоге человек-машина: функцию указания и режим следящего перекрестья. Обе эти функции реализуются одной и той же аппаратурой, но с различным программным обеспечением. Режим указания используется с тем, чтобы выбрать элемент изображения или цифру на экране ЭЛТ, наведя перо на этот элемент или цифру. В режиме следящего перекрестья оператор, пользуясь световым пером, вручную "переносит" перекрестье в любую заданную точку на экране ЭЛТ.

В качестве следящего перекрестья используют специальный знак "+" или какой-либо другой символ, который высвечивается на экране дисплея. Координаты центра этого символа всегда известны ЭМ. Указывая световым пером на следящее перекрестье, оператор может "захватить" его и переместить в любую желаемую точку экрана для указания некоторых графических элементов (концов линий, центров координат типовых изображений и т.д.) при синтезе их на экране дисплея.

Следящее перекрестье реализуется в виде некоторого набора точек по вертикали и горизонтали (рис.6). При перемещении пера по



экрану следящая система вырабатывает сигнал рассогласования между положением перекрестья и полем зрения светового пера. Координаты рассогласования по осям X и Y определяются по формулам

$$\Delta X = \frac{n_n - m_n}{2};$$

$$\Delta Y = \frac{m_n - n_n}{2},$$

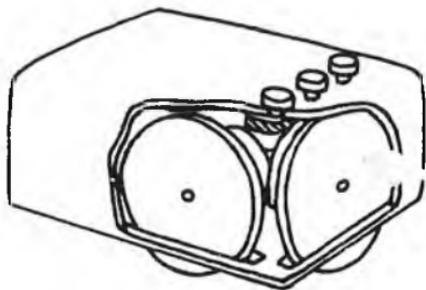
Р и с. 6. Схема следящего перекрестья

где  $n_n, m_n, n_n, m_n$  - число точек каждого отрезка перекрестья в поле зрения пера. Следящая система, реагируя на эти значения, обрабатывает рассогласование. Координаты центра перекрестья  $X_i$  и  $Y_i$  принимают значения  $X_{i+1} = X_i + \Delta X$ ;  $Y_{i+1} = Y_i + \Delta Y$ , и перекрестье перемещается вслед за пером. Если следящее перекрестье оказывается в нужном положении, то можно нажать на специальную клавишу и координаты центра перекрестья будут переданы в ЭМ.

Для управления движением следящего перекрестья по экрану дисплея могут использоваться и другие устройства. Например, устройство типа "мышка" представляет собой передвигаемый

по плоскости стола механизм, который пользователь держит в руке (рис.7). Устройство имеет снизу колесики, оси которых взаимно перпендикулярны и опираются о поверхность стола. При передвижении устройства по столу одно колесико определяет перемещение по оси  $X$ , другое - по оси  $Y$ . Аналоговые потенциометры, связанные с колесиками, управляет напряжениями, определяющими положение перекрестья на экране дисплея. Пользователь двигает "мышку" по поверхности стола и следит за совмещением перекрестья с необходимым элементом на экране дисплея.

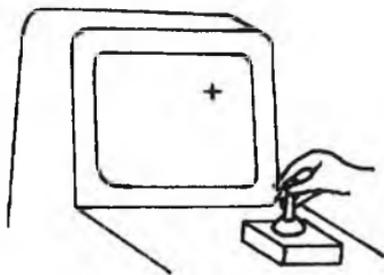
На этом же принципе основаны устройства типа "шарик слежения" (рис.8) и координатная рукоятка (рис.9).



Р и с.7. Устройство типа "мышка"



Р и с.8. Шарик слежения



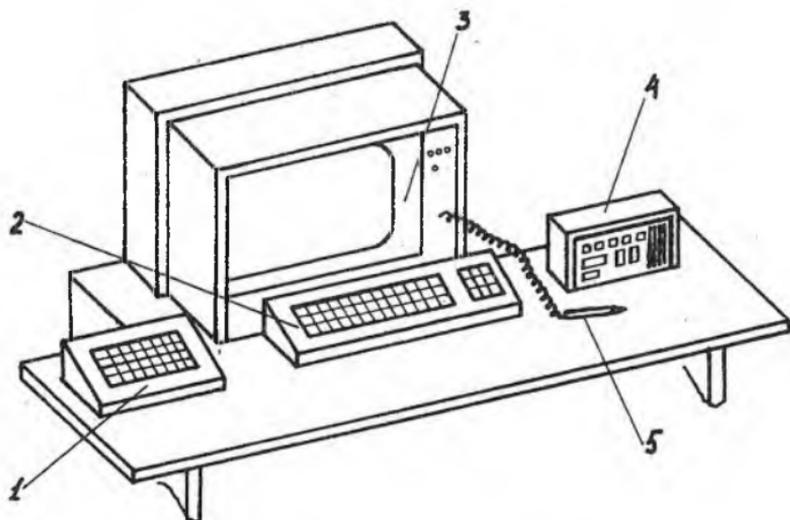
Р и с.9. Координатная рукоятка

## 2. ОПИСАНИЕ ИСПОЛЬЗУЕМОГО ОБОРУДОВАНИЯ

### 2.1. Графический дисплей ЕС-7064

2.1.1. Назначение и состав. Графический дисплей ЕС-7064 (рис.10) предназначен для совместной работы с одной из моделей ЕС ЭВМ. Он может быть подключен к селекторному или мультиплек-

сному каналу ЭВМ. Дисплей оснащен буферной памятью объемом 8192 байта. Буферное ЗУ предназначено для хранения дисплейного списка.



Р и с.10. Графический дисплей ЕС-7064: 1-функциональная клавиатура; 2-алфавитно-цифровая клавиатура; 3-индикатор; 4-панель оператора; 5-световой карандаш

Наличие буферного ЗУ освобождает центральный процессор (ЦП) ЭВМ от операций регенерации и позволяет проводить редактирование текста и графических изображений независимо от ЭВМ.

В состав дисплея входит генератор векторов, который допускает также точечный режим работы. При этом, формирование графических изображений осуществляется из отрезков прямых и точек, координаты которых задаются в абсолютных значениях четырьмя байтами или в приращениях относительно предыдущего положения луча ЭЛТ двумя байтами.

Специальный электронный блок - генератор знаков позволяет воспроизводить на экране ГД 88 алфавитно-цифровых и специальных символов, каждый из которых может иметь два размера.

Для взаимодействия человека с ЭВМ в составе ГД имеются алфавитно-цифровая и функциональная клавиатуры и световой карандаш с гибким световодом.

Алфавитно-цифровая клавиатура подобна клавиатуре пишущей машинки. С ее помощью можно осуществлять редактирование и составление сообщений, состоящих из букв, цифр и специальных знаков. Для определения позиции, в которой находится редактируемый или вводимый

символ, на экране ЭИТ высвечивается специальный знак, называемый курсором. Он представляет собой несколько горизонтальных черточек, расположенных над позицией знака. Ввод курсора осуществляется программой или специальной клавишей, а управление передвижениями — специальными клавишами.

Функциональная клавиатура состоит из 32 клавишей и 8 переключателей кода покрышек. Покрышка представляет собой как бы съемную функциональную клавиатуру. Каждая покрышка имеет свой определенный код из восьми битов. Всего может быть 256 покрышек. Таким образом, имея сменные покрышки, можно реализовать 256 x 32 = 8192 клавиши. Это очень удобно, поскольку каждой клавише можно поставить в соответствие какой-либо графический программный модуль, реализующий одну элементарную функцию синтеза изображения. Нажатие на клавишу вызывает выполнение данного программного модуля и, следовательно, данной графической операции. Пополняя программное обеспечение, можно расширять функциональную клавиатуру. Меняя покрышки, можно пользоваться программными библиотеками различных типов графических изображений, управлять заполнением экрана изображениями, используя технику "меню".

Технические характеристики

Размер рабочего поля экрана, мм — 250x250

Число адресуемых точек — 1024x1024

Разрешающая способность (диаметр пятна), мм — 0,2

Цвет свечения экрана — зеленый

Частота регенерации, Гц — 50

Емкость буферной памяти, байт — 8192

Количество знаков в строке:

основного размера — 74

увеличенного размера — 49

Количество строк:

знаков основного размера — 52

знаков увеличенного размера — 35

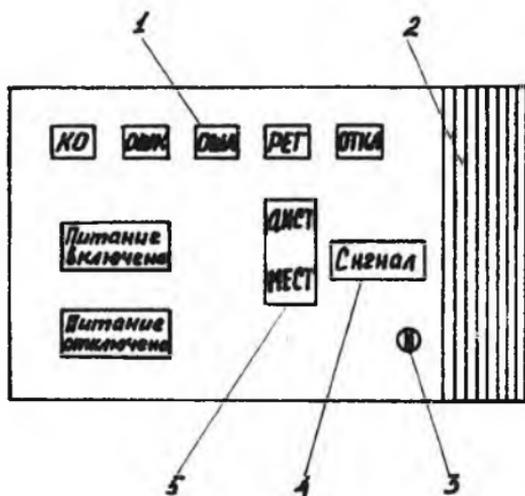
Количество символов клавиатуры — 88

2.1.2. П а н е л ь о п е р а т о р а. Предназначена для установки режима работы, включения и отключения питания, для сигнализации о состоянии и функционировании ГД. На панели оператора имеются следующие клавиши и переключатели (рис.11):

ключ включения устройства;

переключатель ДИСТ/МЕСТ. Устанавливает режим работы устройства.

В дистанционном режиме ГД подключен к ЦП ЭВМ. Автономный режим используется для профилактических и ремонтных работ;



Р и с. II. Панель оператора ГД ЕС-7064:  
 1-световые индикаторы; 2-динамик звуковой сигнализации; 3-ключ; 4-клавиша отключения звукового сигнала; 5-переключатель режимов работы

клавиши ПИТАНИЕ ВКЛЮЧЕНО и ПИТАНИЕ ОТКЛЮЧЕНО;

клавиша ОТКЛ. СИГ. Отключает звуковую сигнализацию, которая может быть включена по команде ЦП, например, для вызова оператора на рабочее место.

Кроме того, на панели оператора имеются световые индикаторы: ОШД, ОШК, КО, РЕГ, которые включаются при ошибках в передаче данных по каналу связи с ЭВМ. Лампа ОТКЛ включается, когда ГД отключен от канала связи с ЭВМ.

2.1.3. Алфавитно-цифровая клавиатура. Предназначена для ввода символической информации и для управления курсором. Ввод курсора осуществляется программно, а управление его движением — специальными клавишами. Ввод информации с клавиатуры производится сначала в БЗУ и лишь затем она отображается на экране дисплея. Поэтому программа, формирующая изображения, должна определить в БЗУ одну или несколько свободных так называемых знаковых незащищенных зон. В одной из этих зон должен быть курсор.

Клавиатура состоит из клавиш для ввода знаков, управляющих и дополнительных клавиш (рис.12).

На клавиатуре имеются клавиши переключения регистров  $\updownarrow$  и  $\downarrow$ . В обычном состоянии включен верхний регистр. При нажатии на клавишу  $\downarrow$  включается нижний регистр. Для его выключения необходимо отжать эту клавишу. Клавиша  $\downarrow$  не имеет механической фиксации. Для работы с нижним регистром с помощью этой клавиши ее необходимо держать нажатой.

Клавиши управления служат для выполнения следующих функций:

- $\leftarrow$  — смещение курсора влево на одну позицию;
- $\rightarrow$  — смещение курсора вправо на одну позицию;
- $\downarrow$  — переход курсора в следующую незащищенную зону;

НВПР — совместное нажатие этой клавиши и какой-либо другой клавиши позволяет многократно выполнять указанную второй клавишей операцию до тех пор, пока не будут отпущены обе клавиши:

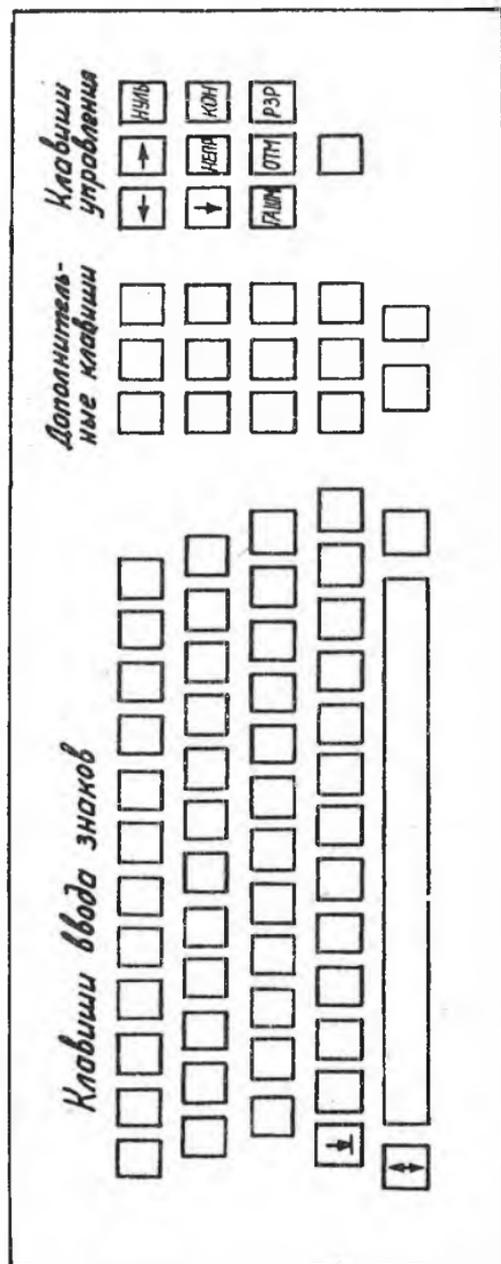
РЗР — разрешает действие клавиш НУЛЬ, КОН, ОТМ;

НУЛЬ — при совместном нажатии этой клавиши и клавиши РЗР в буферную память записывается нулевой код;

КОН, ОТМ — клавиши установки регистра основного состояния, действуют совместно с клавишей РЗР.

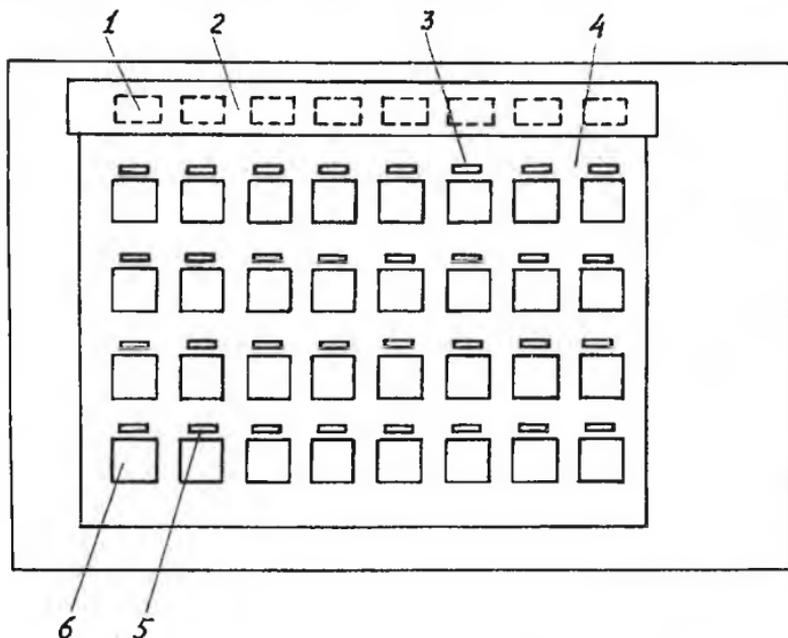
Совместное нажатие клавишей  $\downarrow$  и РАЗР снимает блокировку клавиатуры. Блокировка клавиатуры возникает в результате нажатия клавиш функциональной клавиатуры и клавиш алфавитно-цифровой клавиатуры КОН или ОТМ совместно с клавишей РЗР. При этом в регистре основного состояния ГД устанавливается признак ВНИМАНИЕ. В ответ на этот признак из канала приходит команда СЧИТАТЬ РУЧНОЙ ВВОД, по которой ЦП получает соответствующий признак клавиатуры (алфавитно-цифровой или функциональной) из регистра ручного ввода.

Дополнительная клавиатура (см.рис.12) предназначена для набора специальных символов, не предусмотренных ГОСТом.



Р и с.12. Алфавитно-цифровая клавиатура ГД ЕС-7064

2.1.4. Функциональная клавиатура. Составляет из 32 клавиш со световой индикацией каждой и 8 переключателей кода крышки (рис.13). Одно из возможных сочетаний кода крышки с кодом клавиши определяет функцию данной клавиши. Например,



Р и с.13. Функциональная клавиатура ЕС-7064: 1-клавиши крышки; 2-планка; 3-подсветка; 4-крышка; 5-функциональные надписи; 6-функциональные клавиши

если установлена крышка, выдающая код 00010011, и нажата клавиша ИИ (двоичный код 001011), то функция данной клавиши определяется кодом 00101100010011. Всего может быть 256 крышек и, следовательно, при помощи функциональной клавиатуры можно вызвать выполнение  $256 \times 32 = 8192$  подпрограмм в ЦП ЭВМ. функция клавиши, т.е. вызываемая ей подпрограмма в ЦП, идентифицируется соответствующей записью на крышке.

Перед началом работы с ГД на функциональную клавиатуру необходимо установить крышку, соответствующую решаемой задаче. При установке крышки откидывается планка над клавишами крышки, вставляется крышка в паз планки так, чтобы вырез ключа крышки совпал с выступом в планке, опускается планка с крышкой.

2.1.5. Световой карандаш. Предназначен для ввода и изменения графической информации, а также для указания элементов изображения. Элемент изображения, на который наводится световой карандаш, начинает мерцать с частотой 12,5 Гц. Это обеспечивается точная индикация светового карандаша, независимо от параллакса при наблюдении. Даже если расстояние между двумя элементами изображения меньше поля зрения светового карандаша, мерцать будет только тот элемент, который рисуется на экране первым по времени.

Данные о выбранном элементе изображения могут быть переданы в ЭВМ после нажатия переключателя светового карандаша (нажатие на световой карандаш в направлении экрана). Переданные данные определяют тип указанного элемента изображения (знак или график) и адрес буферного ЭУ, где записана информация об этом элементе. По командам из ЦП в ЭВМ могут быть переданы координаты точки, конечной точки вектора или центра знака. После получения этих данных в соответствии с программой и указаниями оператора, выданными с помощью алфавитно-цифровой или функциональной клавиатуры, можно добавить, стереть или перегруппировать изображение на экране.

2.1.6. Ручка перемещения метки. Предназначена для передвижения по экрану метки (заменяющей перекрестье), от носительно которой программным способом можно формировать изображение.

При работе с ручкой, расположенной на передней панели ГД, оператор использует кнопку ПРЕР, тумблеры ПОДСВ и ШАГ, расположенные на панели под ручкой. Появление на экране метки происходит при включении тумблера ПОДСВ или по команде ЭВМ. Движение метки осуществляется аппаратными средствами со скоростью 1 растровая единица за один цикл регенерации (за 20 мс) или 12,5 мм/с. Если нажат тумблер ШАГ, то при нажатии на ручку метка сдвигается только на одну растровую единицу.

Координаты метки хранятся в отдельном регистре и один раз в кадре переписываются в регистры координат. Поэтому нажатием кнопки ПРЕР можно заменить режим указания светового карандаша. При этом в ЦП передается координата метки.

2.1.7. Дисплейная станция ЕС-7905. На основе ГД ЕС-7064 разработаны и выпускаются для эксплуатации ГД ЕС-7065. По основным техническим характеристикам эти ГД близки к ЕС-7064. Однако они снабжены кодирующим планшетом, расширяющим графические возможности дисплея.

Кодирующий планшет представляет собой полуавтоматическое устройство ввода графической информации. Рабочее поле имеет размер, соответствующий 22 или 24 формату. Планшет снабжается указателем типа карандаша или визира. Совместная работа планшета и дисплея организуется таким образом, чтобы координаты положения указателя на планшете соответствовали положению следящего перекрестья на экране дисплея. При перемещении карандаша по полю планшета передвигается также перекрестье на экране дисплея. Для обеспечения функции указания на экране необходимо сравнивать координаты пера ЭЛТ и координаты карандаша на планшете. В момент, когда разница координат близка к нулю, вырабатывается сигнал прерывания для ЭВМ — элемент определен. Тем самым достигается более высокая точность, чем при работе только световым пером.

Дисплеи ЕС-7065 объединяются в составе дисплейной станции ЕС-7905, в которую могут входить 4 ГД. Устройство группового управления позволяет устанавливать ГД ЕС-7065 на удалении до 500м от центральной ЭВМ.

## 2.2. Цветной графический терминал А543-11

2.2.1. Назначение и область применения. Цветной графический терминал (ЦГТ) А543-11 предназначен для отображения алфавитно-цифровой и графической информации на экране цветного телевизионного приемника.

ЦГТ можно использовать в различных автоматизированных системах, построенных на базе БК М-6000, М-7000, АСВТ-М, СМ-1, СМ-2.

### Технические данные

Размер изображения, мм — 450 x 350

Режим работы — точечный

Число:

адресуемых точек по  
горизонтали — 320

адресуемых точек  
по вертикали — 270

индицируемых цветов — 7

Наличие мерцающего изо-  
бражения — есть

Частота регенерации, Гц — 50

Емкость буферного ОЗУ,  
16 разрядных слов — 8192

Удаление модуля управления от телеприемника, м	- до 15
Разрешающая способность по отображению информации в черно-белом изображении:	
по горизонтали, элементов разложения	- 320
по вертикали, элементов разложения	- 270
Разрешающая способность по отображению информации в цветном изображении:	
по горизонтали, элементов разложения	- 80
по вертикали, элементов разложения	- 135

**П р и м е ч а н и е.** Группа из 8 точек (4 x 2 соответственно по горизонтали и вертикали) индицируется на экране одним цветом.

**2.2.2. А п п а р а т у р а.** В состав ЦТТ входят: модуль управления и модуль индикации.

**М о д у л ь у п р а в л е н и я** предназначен для приема, передачи и хранения принятой информации, а также для формирования сигналов управления цветным телевизионным приемником. Вырабатывается четыре типа сигналов: видеосигнал черно-белого изображения и три сигнала признаков цвета (красного, зеленого и синего). Конструктивно модуль управления либо встраивается в стойку СМ ЭВМ, либо исполняется в виде отдельного прибора.

**М о д у л ь и н д и к а ц и и** представляет собой промышленный телевизионный приемник (телевизор типа "Рубин"), установленный на специальную подставку, в которой размещены блоки формирования сигналов цвета.

**2.2.3. П р е д с т а в л е н и е и н ф о р м а ц и и.** Для построения изображения на экране цветного телевизионного приемника используют точечный способ с телевизионной растровой разверткой. Точечный эквивалент изображения в процессе индикации хранится в буферном ЗУ ЦТТ. Дисплейный список, хранящийся в буферном ЗУ, определяет форму, цвет и мерцание изображения на экране. Он генерируется программным способом и может динамически изменяться в процессе индикации под управлением программы процессора.

Информация, поступающая в ЦТТ, состоит из управляющих и информационных слов. Управляющие слова (команды) определяют режим работы устройства (воспроизведение, гашение изображения и другие операции), и н ф о р м а ц и о н н ы е слова содержат информацию об изображении и располагаются в буферном ЗУ.

Большая часть буферного ЗУ занимается информационными словами о яркости изображения. Каждое такое **шестнадцатиразрядное** слово

содержит информацию о свечении 16 точек (1 - светить, 0 - не светить). 20 слов представляют строку экрана (320 точек).

Во второй, меньшей по объему, части буферного ЗУ, записывается информация о цвете и мерцании. Информационное слово этого типа состоит из четырех полей по 4 разряда в каждом поле. Формат такого слова имеет следующий вид:

Разряд слова	0 1 2 3	4 5 6 7	8 9 10 11	12 13 14 15
Признак цвета	СБКМ	СБКМ	СБКМ	СБКМ
Поле	1-е	2-е	3-е	4-е

Здесь:

- С - признак синего цвета;
- З - " " зеленого цвета;
- К - " " красного цвета;
- 1 - наличие признака цвета;
- 0 - отсутствие признака цвета;
- М - признак мерцания;
- 1 - наличие мерцания
- 0 - отсутствие мерцания.

Комбинацией (наложением) трех базовых цветов получают еще четыре цвета (таблица).

Каждое поле признаков цвета и мерцания определяет цвет и мерцание восьми точек раstra: четыре точки в одной строке и четыре точки в следующей строке. Следовательно, одно слово признаков цвета определяет цвет 32 точек раstra (16 точек в одной строке и 16 точек в следующей строке).

Таким образом, каждой точке экрана поставлены в соответствие ячейки буферного ЗУ, в которых хранятся информационные слова яркости и признаков цвета.

2.2.4. Библиотека подпрограмм ЦРТ. Предназначена для формирования стандартных графических элементов с целью облегчить разработку графических программ пользователей. Библиотечные подпрограммы ЦРТ позволяют формировать следующие графические

элементы:

- алфавитно-цифровые символы;
- псевдографические символы;
- точку;
- вектор;
- заштрихованную площадку.

Т а б л и ц а

Кодировка цвета в поле слова признаков цвета

Цвет	Разряды поля цвета			
	0	1	2	3
Синий	1	0	0	М
Зеленый	0	1	1	М
Красный	0	0	1	М
Голубой	1	1	0	М
Пурпурный	1	0	1	М
Желтый	0	1	1	М
Белый	1	1	1	М
Черный	0	0	0	М

Каждый графический элемент определяется на экране абсолютными или относительными координатами и содержит ряд признаков (цвет, мерцание, тип линии), определяющих вид изображаемого элемента. Началом отсчета абсолютных координат является нижний левый угол рабочего поля экрана. Относительные координаты ( $\Delta X, \Delta Y$ ) определяются относительно предыдущей точки.

В целях сокращения объема занимаемой памяти подпрограммы библиотеки, которые могут использоваться только сообща, объединены в одну группу, имеющую одно имя и несколько входных точек.

В библиотеку входят:

- I Организованные и вспомогательные подпрограммы;
- II Подпрограммы для работы с графическими объектами;
- III Подпрограммы преобразования графического изображения;
- У Подпрограммы для работы с курсором.

Подпрограммы группы I распределяют память для хранения графических слов, производят выдачу сообщения на экран дисплейного модуля при ненормальных ситуациях, распечатку содержимого массива и

другие функции.

Подпрограммы группы В формируют последовательности графических слов для отдельных графических элементов (точек, векторов, символов, заштрихованных площадок), а также их комбинаций.

Подпрограммы группы Г выполняют операции с графическими объектами: формируют объекты; делают объекты активными (есть на экране) или пассивными (нет на экране); изменяют их цвет, мерцание; убирают их с экрана; добавляют новую графическую информацию к объекту; уничтожают объект; копируют его; перемещают объект по экрану.

Подпрограммы группы Д обеспечивают преобразование графического изображения: изменение масштаба; поворот вокруг начала координат; поворот вокруг любой точки экрана; сдвиг изображения по экрану. Данный набор подпрограмм позволяет оперировать как с двухмерными, так и трехмерными изображениями.

Подпрограммы группы У предназначены для работы с курсором. Курсор представляет собой системный объект в виде перекрестья (+). Для работы с ним необходимо использовать клавиатуру другого устройства, например клавиатуру алфавитно-цифрового дисплея. Получая информацию с клавиатуры и применяя подпрограммы этой группы, можно перемещать курсор по экрану.

### 3. ПОРЯДОК ДЕМОНСТРАЦИИ РАБОТЫ ГД А548-11

1. Установить перфолену с тестом "Утенок".
2. С помощью соответствующих команд ввести ее с пульта.
3. Дать необходимый комментарий.
4. Вызвать с диска программу СЛАЙД:  
◀: СТ, СЛАЙД ▶
5. Считать файл БАЛКА.
6. Дать комментарий по использованию цвета в изображении распределения материала в конструкции балки.
7. Вызвать программу ЗОДИАК  
◀: СТ, ЗОДИАК ▶
8. Считать файл БАЛКА. Параметры изображения  
◀250, 3, 1.3 ▶
9. Дать комментарий по использованию точечной картины распределения материала.

10. Вызвать программу САМОЛЕТ:

◀: СТ, САМОЛЕТ▶

11. Дать комментарий полученного рисунка.

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Нарисуйте структуру интерактивной графической системы с БСУ.
2. Скажите назначение БСУ и дисплейного процессора.
3. Пропадет ли изображение на экране ГД, показанного на рис.1, если будет нарушена связь с ЭВМ?
4. Перечислите основные режимы работы дисплеев и их отличия друг от друга.
5. Каковы достоинства и недостатки точечного режима работы ГД?
6. Перечислите основные характеристики дисплеев.
7. Какими средствами ГД и каким образом можно ввести в память ЭВМ графическую информацию?
8. Как работает следующее перекрестье?
9. Перечислите основные элементы ГД ЕС-7004 и укажите их назначение.
10. Для чего нужна функциональная клавиатура?
11. Какое оборудование входит в состав дисплейной станции ЕС-7905?
12. Укажите назначение и область применения ГД А543-11.
13. Каковы основные технические данные ЦГТ А543-11?
14. В каком режиме работает ЦГТ А543-11?
15. Перечислите состав и укажите назначение основных подпрограмм библиотеки ЦГТ.

### ЛИТЕРАТУРА

- П р и н с е М.Д. Машинная графика. Автоматизация проектирования: пер. с англ. м.: Сов. радио, 1974. - 146 с.
- Ньюмен Э., Спирулл П. Основы интерактивной машинной графики: пер. с англ. м.: Мир, 1976. - 573 с.
- Гиллоу В. Интерактивная машинная графика: Структуры данных, алгоритмы, язык: пер. с англ. м.: Мир, 1977. - 304 с.

Р о д ж е р с Д., Адамс Дж. Математические основы машинной графики: Пер. с англ. М.:Машиностроение,1980.-240 с.

Графические средства автоматизации проектирования РЭА/  
Д.И. Томашевский, Г.Г. Масютин, А.А. Явич, В.В. Преснухин. М.: Сов.радио,1980.-224 с.

Г а й ф у л л и н Э.Ш., К л и м о в В.Е. Применение ЭВМ в автоматизированном проектировании: Учебное пособие. м.: МЭИ,1980.-97с.

## СОДЕРЖАНИЕ

	Стр
Порядок проведения занятия . . . . .	3
1. ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ. . . . .	3
1.1. Структуры интерактивных графических систем. . . . .	3
1.2. Режимы работы дисплеев . . . . .	5
1.3. Основные характеристики графических дисплеев. . . . .	8
1.4. Средства ввода. . . . .	10
2. ОПИСАНИЕ ИСПОЛЪЗУЕМОГО ОБОРУДОВАНИЯ. . . . .	13
2.1. Графический дисплей ЕС-7064 . . . . .	13
2.2. Цветной графический терминал А543-II . . . . .	21
3. ПОРЯДОК ДЕМОСТРАЦИИ РАБОТЫ ГД А543-II . . . . .	25
Контрольные вопросы. . . . .	26
Литература. . . . .	26

Составитель - Александр Васильевич Соловов

## ГРАФИЧЕСКИЕ ДИСПЛЕИ

Редактор В.Д. Антонова  
Техн. редактор Н.М. Каленюк

Подписано в печать 7.09.84 г.  
Формат 60x84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага оберточная белая.  
Печать оперативная.  
Уч.-изд. л. 1,63. Усл. п. л. 1,5.  
Т.500 экз. Заказ 6412 Бесплатно

Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени  
авиационный институт имени академика С.П. Королева,  
г. Куйбышев, ул. Молодогвардейская, 151.  
Обл. тип. им. В.П. Мяги, г. Куйбышев,  
ул. Венцека. 60