

---

Л - 38

11-81-497

ЛЕВЧАНОВСКИЙ  
Феодосий Васильевич

РАЗРАБОТКА  
ГРАФИЧЕСКИХ ДИАЛОГОВЫХ СРЕДСТВ  
ДЛЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ  
ФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ

Специальность: 05.13.06 - автоматизированные системы  
переработки информации и управления

Автореферат диссертации на соискание ученой  
степени кандидата технических наук

Работа выполнена в Лаборатории вычислительной техники и автоматизации Объединенного института ядерных исследований.

Научный руководитель:

кандидат технических наук

Приходько

Валентин Иванович.

Официальные оппоненты:

доктор технических наук

кандидат технических наук

Цитович

Александр Павлович,

Федотов

Олег Петрович.

Ведущее научно-исследовательское учреждение:

Московский радиотехнический институт АН СССР (Москва).

Автореферат разослан " \_\_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 1981 г.

Защита диссертации состоится " \_\_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 1981 г.

в " \_\_\_\_\_ " часов на заседании Специализированного совета

Д047.01.04 при Лаборатории вычислительной техники и автоматизации ОИЯИ,

г. Дубна Московской области.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОИЯИ.

Ученый секретарь Совета

кандидат физико-математических наук

*Своос* З.М.Иванченко

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы

Широкое внедрение ЭВМ и создание на их основе систем автоматизации физических исследований в значительной степени определяет успех постановки эксперимента, а во многих случаях и принципиальную возможность получения новых физических результатов. В то же время в большинстве случаев при попытках создания полностью автоматизированных систем управления физическими установками или систем обработки экспериментальных данных возникают трудности, обусловленные необходимостью разработки сложных и универсальных алгоритмов. Суть заключается в том, что практически невозможно предусмотреть все те особенности эксперимента и трудности при анализе данных, характеризующих изучаемое явление, с которыми экспериментатор встретится в процессе решения задачи. Какова бы ни была степень универсальности алгоритма, всегда могут возникнуть ситуации, для которых он окажется недостаточно эффективным. Кроме того, высокая степень универсальности алгоритмов приводит к сложным и медленно работающим программам, что, в свою очередь, требует больших затрат времени на их создание и резко снижает производительность систем обработки даже при использовании мощных и дорогостоящих ЭВМ.

Поэтому решение задач автоматизации управления сложными системами должно сочетать в себе как формализованные, так и неформализованные процедуры, т.е. быстрое и эффективное решение следует искать не на пути стандартизации и завершенности алгоритма в целом, а на пути стандартизации отдельных частных процедур, которые человек мог бы комбинировать исходя из требований поставленной задачи. Это означает, что при создании автоматизированных систем, как правило, речь идет не о полной замене человека вычислительной машиной, а о разумном распределении функций между ними. При этом одним из центральных вопросов является обеспечение возможности оперативного вмешательства экспериментатора в процесс решения задачи.

Отсюда вытекает необходимость создания и совершенствования диалоговых средств общения человека с ЭВМ. Такими средствами с точки зрения аппаратной реализации являются устройства оперативного ввода и вывода графической и алфавитно-цифровой информации. Использование этих устройств, получивших название дисплеев, позволяет оптимально распределять функции между человеком и ЭВМ. Дисплей обеспечивает вывод изображений на экран электронно-лучевой трубки или другого при-

бора и позволяет человеку мыслить в естественных для него понятиях зрительных образов, рисунков, схем, диаграмм и т.п. и выполнять только те действия, которые требуют творческого воображения, знания цели, интуиции и опыта, т.е. действия, которые всегда будут прерогативой человека. С другой стороны на ЭЕМ возлагаются формально-логические и вычислительные функции, которые машина выполняет значительно лучше и быстрее человека. Не будет преувеличением сказать, что успешное развитие автоматизации научных исследований зависит не только от повсеместного использования ЭЕМ, но в значительной мере определяется созданием и широким внедрением диалоговых средств общения экспериментатора с ЭЕМ. Актуальность этой проблемы трудно переоценить.

### Цель работ

Основная задача автора заключалась в анализе тех наиболее часто встречающихся в практике физического эксперимента задач, эффективное решение которых на ЭЕМ требует диалога; в выработке основных требований к графическим дисплеям и терминалам, необходимых для решения этих задач, а также в разработке аппаратных средств диалога в соответствии с этими требованиями.

Разработка аппаратуры диалоговых средств преследовала следующие цели:

- обеспечение вывода на экран дисплея необходимого объема и типа графической информации;
- возможность подключения графических дисплеев к центральной ЭЕМ любого типа или к терминальной сети;
- удобство работы с устройствами оперативного ввода графической информации;
- уменьшение стоимости, технологичность и простота изготовления аппаратных средств диалога при их серийном выпуске.

### Научная новизна

Диссертационная работа содержит новое решение задачи построения аппаратуры графических диалоговых средств, заключающееся в реализации гибкой модульной структуры и позволяющее получать требуемые характеристики диалоговой системы в зависимости от конкретных условий применения.

Предложены и реализованы оригинальные схемотехнические решения отклоняющих усилителей для ЭЛТ с электростатическим и электромагнитным отклонением луча, генераторов стандартных элементов изображения,

устройств передачи данных, блока регенерации динамической памяти и др.

Впервые в стране предложен и реализован графический терминал на запоминающей ЭЛТ со встроенной микро-ЭЕМ, имеющий программируемый уровень универсальности.

### Практическая ценность

Основные компоненты разработанной при участии автора аппаратуры диалоговых средств выпускаются Опытным производством ОИЯИ и на протяжении нескольких лет успешно эксплуатируются как в лабораториях ОИЯИ, так и в ряде научно-исследовательских организаций его стран-участниц. Они используются при решении таких задач, как обработка спектрометрической и пленочной информации, расчет электромагнитных полей и систем транспортировки пучков заряженных частиц, моделирование и проектирование элементов физических установок, и в некоторых прикладных задачах.

Предложенные автором методы построения графических диалоговых систем и схемотехнические решения, полученные при разработке аппаратуры средств диалога, могут найти применение при создании графических дисплеев следующего поколения.

### Апробация работ

Результаты работ, вошедших в диссертацию, докладывались на научных семинарах ЛВТА ОИЯИ, а также на I Всесоюзном совещании по автоматизации научных исследований в ядерной физике (12-14 октября 1976 г., Киев), IX Международном симпозиуме по ядерной электронике (5-9 мая 1977 г., Варна), II Всесоюзном семинаре по обработке физической информации (сентябрь 1977 г., Ереван), Втором Всесоюзном совещании "Диалоговые вычислительные комплексы" (4-7 сентября 1979 г., Протвино), Международном симпозиуме "Микромашины, микропроцессоры и их применение" (17-19 октября 1979 г., Будапешт) и VI Всесоюзном совещании по автоматизации научных исследований на основе применения ЭЕМ (26-28 мая 1981 г., Новосибирск).

### Публикации

По результатам диссертации опубликовано 14 работ, получено 1 авторское свидетельство.

## Объем работ

В диссертацию вошли результаты работ, выполненных автором в период 1970-1980 г. г. Диссертация состоит из введения, 6 глав, заключения, приложений и списка литературы.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении показана актуальность проблемы создания графических диалоговых средств для систем автоматизации физических исследований и обработки данных. Подчеркнуты характерные качества дисплея как средства общения человека с ЭВМ и сформулирована цель диссертационной работы.

Первая глава посвящена анализу применений графических дисплеев в наиболее распространенных методах физических исследований - спектрометрии и траекторных измерениях, а также в задачах численного анализа, в расчетах электромагнитных полей  $U$ , систем транспортировки пучков заряженных частиц и в некоторых других задачах.

Показана эффективность применения дисплеев, позволивших на порядок и более сократить время анализа и обработки спектров, уменьшить число повторных измерений снимков и упростить программы распознавания событий при обработке filmовой информации, по-новому подойти к проектированию физических установок, настройке и контролю экспериментальной аппаратуры. На основе этого анализа сделан ряд важных с точки зрения построения диалоговой аппаратуры выводов:

- количество дискретных отсчетов в задачах многомерных спектрометрических или траекторных измерений достигает  $10^5 + 10^6$ ;

- множество дискретных отсчетов в спектрометрии и отсчетов координат в траекторных измерениях можно представить в виде изображения множества точек на плоскости или в пространстве;

- выведенное на экран графического дисплея изображение редко носит динамический характер и, как правило, является статическим или квазистатическим;

- в указанных случаях необходимо выполнять большой объем работы в режиме идентификации выведенных на экран данных;

- удельный вес текстовой информации при отображении на экране дисплея спектров или треков частиц сравнительно мал (в основном это названия световых клавиш, числовые данные и обозначения).

Это означает, что информацию, полученную в ходе указанных экспериментов, естественно представлять в виде точек координатной плоскос-

ти на экране дисплея, причем информационная емкость дисплея должна быть очень большой. В задачах же численного анализа, математического моделирования и проектирования физических установок необходимо иметь в наборе стандартных элементов изображения (СЭИ) более сложные элементы, т.к. построение всего изображения только с помощью точек нерационально из-за больших затрат машинного времени и памяти ЭВМ, отведенной под дисплейный файл.

Рассмотрены основные типы существующих графических дисплеев - с координатной и растровой развертками луча, на основе запоминающих ЭЛТ; плазменных панелей и лазеров, отмечены их достоинства и недостатки с точки зрения их использования при решении физических задач.

Проанализирован и учтен опыт разработки аппаратуры графических дисплеев в различных научно-исследовательских организациях СССР.

В I главе приведены также основные технические характеристики универсальных графических дисплеев, выпускаемых промышленностью, таких, как ЕС-7064, УД43-1 и А532-1 (СИГДа). Из анализа технических характеристик этих дисплеев сделаны следующие выводы:

- ни один из рассмотренных дисплеев не обладает достаточной информационной емкостью для отображения спектрометрических данных и данных траекторных измерений;

- указанные дисплеи могут быть использованы в задачах численного анализа, математического моделирования, проектирования элементов физических установок, статического анализа траекторных измерений, т.е. в тех случаях, когда изображения не очень сложны, а решение самих задач требует значительных вычислительных мощностей;

- указанные промышленные дисплеи в комплекте с обслуживающими мини-ЭВМ могут использоваться в качестве интеллектуальных графических терминалов, но применение их в большом количестве в терминальной сети не представляется возможным из-за их высокой стоимости;

- проблема разработки и массового внедрения аппаратуры оперативного графического диалога для систем автоматизации физических экспериментов и обработки данных является актуальной и острой и в настоящее время практически не решена.

Далее в I главе формулируется весь комплекс требований к графическим дисплеям, вытекающих из особенностей их применения в физических исследованиях, и предлагается следующее решение проблемы построения аппаратных средств диалога:

I. Разделить дисплейную аппаратуру на два независимых уровня:

- устройства отображения информации (индикаторы);
- аппаратуру генерации графического изображения (дисплейные контроллеры, процессоры).

## 2. Создать два типа графических индикаторов:

- регенеративный на ЭЛТ с быстрым отклонением луча для использования в первую очередь в спектрометрии и в траекторных измерениях; при этом обеспечить информационную емкость  $10^4 + 10^5$  точек и работу с изображениями любого типа;
  - на бистабильной запоминающей ЭЛТ для отображения квазистатической и практически неограниченного объема статической информации и использования в различных областях научных исследований, в т.ч. в задачах моделирования, проектирования, численного анализа и др.

## 3. Создать два типа дисплейных контроллеров:

- быстрый универсальный контроллер в стандарте КАМАК для работы с любым из указанных выше индикаторов;
- дисплейный контроллер с программируемыми функциями на основе микро-ЭВМ для работы в составе удаленного терминала на запоминающей ЭЛТ.

4. На базе дисплейного контроллера со встроенной микро-ЭВМ и индикатора на ЗЭЛТ создать графический терминал для работы в терминальной сети.

5. Разработать устройства взаимодействия и ввода в ЭВМ графической информации:

- световой карандаш для индикатора с регенерацией изображения;
- координатный шар (трекбол) и координатный рычаг (джойстик) для индикатора на ЗЭЛТ;
- обеспечить возможность подключения к дисплейным контроллерам обоих типов любой стандартной алфавитно-цифровой и функциональной клавиатуры.

6. Разработать аппаратуру для подключения графических терминалов к последовательным линиям связи локальной терминальной сети.

7. С целью комбинирования различных типов устройств и обеспечения их совместной работы стандартизовать сигналы сопряжения между индикаторами, контроллерами и устройствами ввода графической и алфавитно-цифровой информации.

Используемый подход к структурной организации аппаратуры диалоговых средств заключается в создании ряда недорогих специализированных устройств и обеспечении возможности их компоновки в единый комплекс для получения требуемых характеристик системы, вытекающих из конкретных условий применения. С точки зрения автора, такой подход является наиболее универсальным и может быть рекомендован для использования при разработке других аналогичных систем.

Во второй главе рассмотрены быстродействующий графический индикатор с регенерацией изображения, аппаратура построения точечного изображения и интерфейс для ЭВМ СДС-1604А <sup>1/2/</sup>.

В быстродействующем регенеративном индикаторе используется ЭЛТ ЗЛД03ЗВ с электростатическим отклонением луча, которая имеет сложный лимнофор с быстрой и медленной компонентами. Применение указанной ЭЛТ позволило получить высокое быстродействие и снижать при необходимости частоту регенерации до 10 Гц. Индикатор обеспечивает скорость вывода до  $10^6$  точек в секунду и предназначен в первую очередь для использования в спектрометрии и траекторных измерениях. Он состоит из следующих основных узлов: усилителей отклонения луча по координатам X и Y, схемы управления интенсивностью луча, светового карандаша (СК), высоковольтного и других источников питания.

Автором разработан быстродействующий отклоняющий усилитель, построенный по каскадной схеме, который обеспечивает амплитуду выходного сигнала 425 В (850 В при парафазном выходе) при фронте нарастания/спада  $\leq 1$  мкс. Такое быстродействие удалось получить путем введения форсированного режима перезаряда емкостей отклоняющих пластин ЭЛТ.

Аппаратура построения точечного изображения предназначена для подключения регенеративного индикатора к ЭВМ среднего класса, таким, как БЭСМ-4, "Минск-22", СДС-1604А и др. В ее состав входят схемы формирования сигнала подсвета луча ЭЛТ, схема коммутации режима работы СК, I2-разрядные цифро-аналоговые преобразователи, схемы формирования и обработки управляющих сигналов и др. Аппаратура построена таким образом, что обеспечивает прямое подключение дисплея к каналу ЭВМ БЭСМ-4.

Для связи с ЭВМ СДС-1604А разработан специальный адаптер, с помощью которого регенеративный дисплей подключается к одному из буферных каналов ЭВМ. Назначение адаптера - согласование логики работы аппаратуры дисплея и канала, обработка сигналов от СК и выполнение ряда вспомогательных операций типа распаковки информации, преобразования логических уровней напряжения и др. Основными элементами адаптера являются: схема управления (синхронизация и обработка управляющих кодов); коммутатор информационных линий и преобразователи уровней напряжения. Описан алгоритм работы адаптера связи и приведены функциональные схемы устройства.

Быстродействующий регенеративный дисплей имеет следующие технические характеристики:

- размер рабочего поля экрана  $170 \times 170$  мм<sup>2</sup>;

- размер изображения точки в пределах рабочего поля  $\leq 1$  мм;
- число градаций яркости - 2;
- максимальное время отклонения луча в любую точку экрана  $\leq 1$  мкс;
- режимы работы СК: указание и слежение;
- способ построения изображений - точечный;
- минимальная частота регенерации - 10 Гц;
- максимальное число адресуемых точек - 4096x4096.

В третьей главе рассмотрены графические индикаторы на бистабильных запоминающих ЭЛТ прямого видения<sup>5,6/</sup>. Основными достоинствами таких индикаторов являются большая информационная емкость, ограничиваемая лишь разрешающей способностью ЭЛТ, и отсутствие проблемы регенерации изображения, что освобождает ЭВМ от непроизводительных затрат оперативной памяти и машинного времени. При работе с дисплеями, использующими индикаторы на ЗЭЛТ, отпадает также необходимость в применении быстродействующих генераторов стандартных элементов изображения и сложных схем управления. Все это позволяет создавать компактные и дешевые графические терминалы, которые могут работать в диалоговом или справочном режимах как в непосредственной близости от ЭВМ, так и на значительных расстояниях от них при использовании низкоскоростных последовательных линий связи<sup>3/</sup>.

Представлены разработки двух типов индикаторов - на ЗЭЛТ с сеточным потенциалонесителем ЗЛНЗ и на бессеточной ЗЭЛТ ЗЛН4, для которых предусмотрены следующие режимы работы: осциллографический, в котором для поддержания изображения требуется его регенерация; режим записи и воспроизведения; режим стирания записанного изображения; комбинированный режим, в котором на фоне записанного изображения можно наблюдать положение и перемещение луча записывающего прожектора.

Приведены аналитические выражения и получены численные значения для величины тока записывающего прожектора (ЗП) в режиме записи, а также времени стирания изображения. Определены основные параметры, влияющие на работу ЗЭЛТ в комбинированном режиме.

Каждый из графических индикаторов состоит из блока управления режимами работы ЗЭЛТ, блока отклонения луча ЗП и коррекции геометрических искажений, блока статической и динамической фокусировки луча ЗП; блока управления модулятором ЗЭЛТ, тестового генератора и блока питания.

При разработке фокусирующе-отклоняющей системы (ФОС) индикаторов основное внимание было уделено достижению высокого качества изображения. С этой целью были проведены исследования основных па-

раметров трубки и ФОС, влияющих на фокусировку луча и геометрические характеристики изображения. Так, например, для распределения числа витков отклоняющей катушки (ОК) от угла намотки выбрана закономерность, позволяющая свести к минимуму аберрации отклонения типа астигматизма и комы за счет увеличения дисторсии. Поскольку дисторсия не нарушает фокусировку луча, а изменяет лишь геометрические размеры изображения, было решено компенсировать ее схемным путем. Применение схемы динамической фокусировки и оптимальное расположение фокусирующей катушки на горловине трубки позволили получить равномерную фокусировку луча и минимальные искажения пятна по всему рабочему полю экрана.

В разработанном отклоняющем усилителе использованы полученные автором новые схемные решения, которые позволяют:

- улучшить фазовую и частотную характеристики усилителя путем применения в каскаде усиления напряжения динамической нагрузки и включения транзисторов по схеме с общей базой;
- подогнать отклоняющие усилители к нестабилизированному источнику питания с уровнем пульсаций до  $\pm 20\%$ , что значительно упростило реализацию индикаторов;
- упростить процедуру и улучшить точность настройки аperiodического режима установления тока в ОК во время переходного процесса.

Полученное в индикаторе на ЗЭЛТ ЗЛНЗ время установления максимального тока в ОК, равное 35 мкс, позволяет наряду со статическим (запомненным на экране) изображением выводить также значительный объем динамически изменяющейся информации в комбинированном режиме (в среднем до  $10^3$  точек за цикл регенерации).

Проведены исследования различных методов управления модулятором трубки, находящимся под высоким напряжением. Реализованная схема доступа через переходной конденсатор с компенсацией тока его заряда позволила использовать управляющие импульсы произвольной длительности. Последнее очень важно, т.к. при цифровом способе построения СЭИ нет необходимости подсвечивать каждую точку вектора или окружности и можно открыть модулятор на все время построения элемента.

Разработана оригинальная схема управления модулятором трубки, в которой используется усилитель с цифровой регулировкой коэффициента усиления.

Для ЗЭЛТ ЗЛНЗ впервые удалось осуществить комбинированный режим работы путем выбора оптимальных соотношений интенсивности луча ЗП, длительности и скважности импульсов подсвета, а также путем соз-

дания схем с повышенной стабильностью, обеспечивающих поддержание указанных параметров в заданных пределах.

Освоение промышленностью выпуска бессеточной ЗЭЛТ ЗЛН4, одним из инциаторов разработки которой был ОИНИ, позволяет создать индикаторы графических дисплеев с улучшенным качеством изображения и значительно меньшими габаритными размерами. В индикаторе, разработанном на базе этой ЗЭЛТ, в основном использованы схемотехнические решения, полученные при создании предшествующей модели индикатора. Ввиду того, что трубка ЗЛН4 имеет меньшую скорость записи, в индикаторе применена промышленная более медленная отклоняющая катушка. Для блокировки индикатора на время перехода луча из одной позиции в другую в отклоняющий усилитель введена специальная схема, определяющая длительность переходного процесса и формирующая сигнал запрета. Переключение режимов работы ЗЭЛТ осуществляется унифицированными усилителями с цифровым управлением.

Для автономной проверки работоспособности индикаторов в них встроены тестовые генераторы, которые позволяют настраивать фокусировку луча, уровень записи, схему коррекции геометрических искажений и выбрать оптимальный режим установления переходного процесса отклоняющего магнитного поля. В индикаторе на ЗЭЛТ ЗЛН3 в основу тестового генератора положена оригинальная схема активного четырех-полюсника - гиратора.

Основные технические характеристики индикаторов:

№ / №	Параметр	Тип ЗЭЛТ	
		ЗЛН3	ЗЛН4
1.	Рабочее поле, мм	окр. $\varnothing$ 240 квадр. 170x170	160x210
2.	Диаметр записанного пятна, мм	0,4	0,3
3.	Коеф. геометрических искажений	0,6%	0,6%
4.	Время стирания, с	0,2	0,5
5.	Время установки луча в произвольную позицию, мкс	$\leq 35$	$\leq 100$

В четвертой главе представлена практическая реализация дисплейного контроллера (ДК) в стандарте КАМАК, который является универсальным устройством, допускающим работу с любым рассмотренным ранее графическим индикатором, а также с различными ЭВМ, имеющими КАМАК-интерфейс<sup>7,8/</sup>. ДК осуществляет обработку поступающих из ЭВМ графических команд и обеспечивает вывод на экран изображений, построен-

ных из точек, заданных в абсолютных или относительных координатах; символов; векторов произвольной длины и направления; окружностей и дуг.

В функциональном и структурном отношении разработанный автором ДК разделяется на две части: общую операционную и управляющую. Это позволяет минимизировать аппаратные затраты и увеличить набор графических команд путем использования одних и тех же операционных устройств в различных режимах работы ДК. При синтезе структурной схемы ДК выбран класс I-автоматов, что мотивировано стремлением создать универсальное устройство, способное работать как с регенеративными индикаторами, для которых требуется высокая скорость построения изображения, так и с более медленными индикаторами на запоминающей ЭЛТ.

Имеющийся набор графических команд обеспечивает построение на экране дисплея достаточно сложных изображений. Использование принципа тегирования и размещение в одном 16-разрядном слове кодов двух символов или приращений  $\Delta X$ ,  $\Delta Y$  в режиме коротких векторов позволяют производить плотную упаковку графических данных в памяти ЭВМ. При выводе на экран дисплея изображений спектров, графиков функций и т.п. с целью повышения быстродействия и сокращения объема буферной памяти в команду построения точек введена модификация, позволяющая работать в режиме приращений по одной из координатных осей (из ЭВМ выдается код только одной координаты). Для удобства программирования начало и длина дуги окружности задаются в виде угловой величины в градусах.

Существует множество способов генерации векторов, каждый из которых имеет свои достоинства и недостатки. В разработанном ДК предложен и реализован модифицированный цифровой параметрический способ построения, в котором время построения векторов, как наиболее часто используемых элементов изображения, пропорционально его длине. Это достигается путем введения в ДК операции деления величин координатных приращений вектора. Линейная интерполяция осуществляется с помощью параллельных интеграторов, которые обеспечивают меньшую погрешность интегрирования по сравнению с последовательными. Кроме того, увеличивается коэффициент использования аппаратуры ДК, т.к. необходимые для параллельного интегрирования сумматоры применяются и при выполнении других операций.

Дисплейный контроллер состоит из следующих основных функциональных блоков: дешифраторов КАМАК-функций и графических команд; регистров ввода данных; операционного блока; схем определения задержки и формирования Z-сигнала; генератора символов; цифро-аналоговых преобразователей с выходными усилителями; интерфейса клавиатуры и СК; распределителя управляющих сигналов.

Для работы ДК с индикатором на ЭЭДТ дополнительно разработан специальный блок управления, который содержит схемы установки режима работы ЭЭДТ, а также устройство формирования на экране трубки перекрестия координатного шара.

В генераторе символов (ГС) предложено и реализовано оригинальное схемное решение, в котором символ строится методом кусочно-линейной аппроксимации, а луч вдоль контура символа перемещается с постоянной скоростью<sup>9/</sup>. При этом примерно вдвое уменьшается время построения символов по сравнению с существующими аналогичными методами, а также значительно сокращается объем аппаратуры ГС. Информация о контуре символа хранится в ПЗУ емкостью 512 байт, в качестве которого используются интегральные схемы типа К5ЯНО11.

Генератор символов обеспечивает построение символов двух размеров в соответствии с ГОСТ 13052-67 (кроме строчных букв русского и латинского алфавита).

К графическому индикатору информация поступает от ДК в аналоговой форме в виде X-, Y-, Z-сигналов (управляющие сигналы - уровни TTL). Для ввода в ЭВМ графической информации используются световой карандаш или координатный шар. Предусмотрено также подключение клавиатуры для ввода алфавитно-цифровой информации и функциональных кодов<sup>10/</sup>.

В зависимости от типа используемого контроллера крестов обмен данными между ЭВМ и ДК осуществляется в режиме индивидуальных запросов или в режиме групповой передачи.

Скорость построения стандартного элемента ДК выбирается в зависимости от быстродействия подключаемого индикатора. Максимальная тактовая частота около 3 МГц выбирается при работе с быстродействующим регенеративным индикатором, при которой время построения вектора максимальной длины - 340 мкс, время построения окружностей - 2 мс. Время построения символа определяется его конфигурацией и находится в пределах от 2 до 12 мкс.

В пятой главе рассматривается графический терминал, в котором построение стандартных элементов изображения, управление дисплеем, прием и частичная обработка информации от клавиатуры и координатного шара, связь с центральной ЭВМ и ряд других функций выполняются встроенной микро-ЭВМ. Терминал предназначен для работы как в автономных системах автоматизации физических экспериментов, так и в терминальных сетях<sup>12, 13/</sup>.

Указанный графический терминал включает в себя графический индикатор на запоминающей ЭДТ ЗДН4, дисплейный процессор на основе микро-

кро-ЭВМ<sup>11/</sup>, клавиатуру и координатный шар (КШ). Терминал представляет собой конструктивно законченный прибор и подключается к локальной терминальной сети через цифровой модем типа КОДЕК. Для работы с ЭВМ или сетью используются программируемые параллельный (16 или 8 разрядов) или последовательный интерфейсы. Скорость передачи данных в последовательном интерфейсе изменяется от 110 до 9600 бод. Возможно также подключение терминала через телетайпный канал. Подключение к системе КАМАК может быть осуществлено через любые стандартные регистры ввода-вывода.

Разработка ДП велась с учетом следующих основных принципов:

- сведение к минимуму специальной электронной аппаратуры ДП и выполнение основных логических функций и арифметических действий программами, "зашитыми" в ПЗУ микро-ЭВМ;
- получение максимальной для данного типа микропроцессора (МП) скорости генерации изображения, что достигается путем применения быстрого алгоритма построения векторов, минимизации количества обращений к памяти (все действия производятся на внутренних регистрах МП), использования входов "±1" регистров-счетчиков как устройств с отдельным адресом и др.;
- возможность простого наращивания системы, в том числе самим пользователем.

ДП состоит из: микропроцессорного блока, блока памяти, блока регенерации динамической памяти, блока обработки прерываний, интерфейсного блока, блока регистров-счетчиков и цифро-аналоговых преобразователей, блока обработки Z-сигнала и сигналов управления режимами работы индикатора. Все блоки связаны между собой через общую магистраль.

Микропроцессорный блок включает в себя МП типа К5801К80, генератор тактовой частоты и системный контроллер, выполняющий функции генератора управляющих сигналов и двухнаправленного формирователя шин данных.

Блок памяти состоит из ПЗУ емкостью 8К байт, предназначенного для записи и хранения базового программного обеспечения терминала, и 16К байт динамической оперативной памяти, которая используется и как буферная память для дисплейного файла, а также для хранения программы, динамически загружаемых из центральной ЭВМ. Разработана оригинальная схема регенерации динамической памяти, полностью устраняющая потери времени процессора при регенерации. Наряду с выводом статических изображений в запоминающем режиме в терминале имеется возможность выводить также несложные динамически изменяющиеся объекты в комбинированном режиме работы ЭЭДТ.



Интерфейсный блок предназначен не только для связи терминала с ЭВМ или сетью, но и для подключения клавиатуры и КШ. Клавиатура подключается к общей магистрали через универсальный регистр K589IP12, который работает в режиме входного порта. КШ связан с логическим устройством, с помощью которого по экрану перемещается перекрестие в соответствии с направлением вращения шара.

Линии сигналов прерывания от клавиатуры, КШ, параллельного и последовательного интерфейсов, а также от аппаратуры, определяющей конец операции построения точки на экране индикатора, подключены к контроллеру прерываний.

Для формирования аналоговых сигналов X, Y, поступающих на отключающие усилители дисплея, используются IO-разрядные реверсивные регистры-счетчики и связанные с ними ЦАПы. Длительность сигнала подсвета Z зависит от выбранного режима работы индикатора. Управление режимами работы индикатора осуществляется при помощи регистра, триггеры которого устанавливаются от дополнительного дешифратора адреса. Все указанные регистры адресуются непосредственно от МП.

Применение микро-ЭВМ в составе графического терминала позволило значительно сократить объем электронной аппаратуры, повысить надежность и гибкость терминала, расширить набор графических команд и, что особенно важно, легко наращивать возможности терминала путем подключения дополнительных модулей ШЗУ с "защитными" программами.

В шестой главе рассмотрена практическая реализация устройств оперативного ввода графической информации (световой карандаш, координатный шар и координатный рычаг)<sup>14/</sup>, а также устройств передачи данных в терминальной сети<sup>14, 15/</sup>.

Световой карандаш реагирует на вспыхивание люминофора при прохождении луча через точку экрана, на которую направлен СК. При этом формируется сигнал прерывания, поступающий в ЭВМ.

В качестве фотоприемника в СК применен малогабаритный фотоумножитель ФЭУ-60, максимум спектральной чувствительности которого соответствует спектру излучения люминофора используемой в регенеративном индикаторе ЭЛТ 3ЛД033В. Благодаря высокой чувствительности ФЭУ диаметр входного отверстия в СК сделан равным  $\phi = 0,5$  мм, что позволяет точно фиксировать отдельные точки изображения.

Координатный шар - устройство в виде выступающего над плоскостью шара, имеющего две степени свободы. При вращении шара формируются импульсы, с помощью которых перемещается перекрестие (курсор) на экране дисплея.

Блок управления координатным шаром (КШ) содержит схему построения перекрестия и схему определения направления вращения шара. КШ

можно использовать как с регенеративным, так и с запоминающим индикаторами для ввода графической информации.

Координатный рычаг (КР) - устройство, при помощи которого одновременно вращаются оси двух потенциометров во взаимно перпендикулярных плоскостях. Перемещение рычага относительно сторон прямоугольника однозначно соответствует положению перекрестия на экране ЭЛТ. КР служит для тех же целей, что и КШ и, хотя позволяет вводить графическую информацию с большей скоростью, значительно сложнее в изготовлении. Кроме того, КР уступает КШ по точности установки луча в заданную позицию. По этим причинам в серийном производстве был освоен выпуск КШ, который входит в состав графического дисплея на ЭЛТ, а также используется в других типах дисплеев.

В локальных терминальных сетях, где расстояния невелики и частотная полоса канала не ограничена, нерационально использовать сложную и дорогую промышленную аппаратуру для подключения терминалов к сети. С этой целью были разработаны простые цифровые модемы (КОДЕК-1 и КОДЕК-2), которые позволяют подключать к ЭВМ как синхронные, так и асинхронные терминалы. Эти модемы работают со стандартным сопряжением V-24 МККПТ и имеют дискретно изменяемую скорость передачи данных от 110 до 48К бод.

Оба типа модемов используются в терминальной сети ОИЯИ. В частности, рассмотренный в У главе графический терминал подключен к ЭВМ БЭСМ-6 через КОДЕК-1.

В заключении формулируются основные результаты.

#### Основные результаты, полученные в диссертации

1. Проведен анализ применения дисплеев в массовых задачах экспериментальной физики - ядерной спектроскопии и траекторных измерениях, а также в задачах проектирования элементов физических установок, численного анализа и математического моделирования.

2. Исходя из проведенного анализа выработаны требования к аппаратуре графических дисплеев и на основе этих требований разработан ряд недорогих специализированных устройств, которые в зависимости от конкретных применений можно комбинировать друг с другом для получения необходимых характеристик диалоговой системы.

3. Разработан быстродействующий регенеративный графический индикатор (скорость вывода до  $10^6$  точек в секунду), предназначенный в первую очередь для использования в спектрометрии и траекторных измерениях, где требуется вывод на экран большого объема точечных изображений и высокий уровень диалоговой активности.

4. Разработана аппаратура построения точечного изображения и

адаптер связи с ЭВМ СДС-1604А, входящие в состав быстродействующего регенеративного графического дисплея, предназначенного для обработки камерных снимков с использованием сканирующего автомата НРД.

5. Созданы два типа графических индикаторов на бистабильных запоминающих ЭЛТ ЗЛНЗ и ЗЛН4 прямого видения, позволяющие выводить статические изображения практически неограниченного объема в режиме запоминания и одновременно с этим - динамические объекты средней сложности в режиме регенерации (скорость вывода  $2+5 \cdot 10^4$  точек в сек.).

6. Разработан дисплейный контроллер в стандарте КАМАК, обладающий широким набором графических команд (точки в абсолютных и относительных координатах, длинные и короткие векторы, символы русского и латинского алфавита, окружности и дуги) и возможностью работы как с регенеративными, так и с запоминающими индикаторами. В качестве устройств оперативного ввода к контроллеру подключаются световой карандаш, координатный шар и клавиатура.

7. Создан микропроцессорный дисплейный контроллер, в котором функции генераторов стандартных элементов изображения, связь с базовой ЭВМ, прием и частичная обработка информации от устройств оперативного ввода, а также часть операций по обработке дисплейного файла выполняются встроенной микро-ЭВМ.

8. Впервые в СССР создан графический терминал на запоминающей ЭЛТ и встроенной микро-ЭВМ с большими автономными возможностями и программируемым уровнем универсальности. Микро-ЭВМ терминала имеет внутреннюю память емкостью 8К байт с возможностью расширения до 16К байт ПЗУ и 16К байт ОЗУ, многоуровневую систему прерывания, программируемые параллельный и последовательный интерфейсы для связи с базовой ЭВМ, системой КАМАК или терминальной сетью и аппаратуру для подключения координатного шара, клавиатуры и запоминающего индикатора.

9. Разработаны цифровые модемы КОДЕК-1 и КОДЕК-2 для асинхронного и синхронного подключения терминалов к последовательным линиям связи, обеспечивающие скорость передачи данных от 110 до 9600 бод на расстояние до нескольких километров.

10. Разработаны три типа устройств оперативного ввода в ЭВМ графической информации: световой карандаш, координатный рычаг и координатный шар.

11. Выпуск разработанных автором регенеративного и запоминающего (ЭЛТ ЗЛНЗ) индикаторов, дисплейного контроллера в стандарте КАМАК, светового карандаша и координатного шара освоен в Опытном производстве ОИЯИ. Таким образом, в значительной степени решена задача оснащения лабораторий ОИЯИ графическими дисплеями для использования в системах автоматизации физических исследований и обработки данных.

#### Работы, положенные в основу диссертации

1. Гусев А.В., Дерендяев Д.С., Забиякин Г.И., Карлов А.А., Кавченко А.В., Левчановский Ф.В., Приходько В.И., Рубин Н.Б. Использование дисплея со световым карандашом при решении краевых задач методом сеток. ОИЯИ, II-5671, Дубна, 1971.
2. Ефимова А.И., Забиякин Г.И., Карлов А.А., Кретов А.П., Кухтина И.Н., Левчановский Ф.В., Приходько В.И., Трубиников В.Р., Шарапова Э.В. Графическое видеоустройство на БЭСМ-4 и СДС-1604А и его использование при обработке камерных снимков. ПТЭ, 1971, №4, стр. 91-96. То же в препринте ОИЯИ, P10-5387, Дубна, 1970.
3. Дорух Х., Левчановский Ф.В., Параскивеску С., Приходько В.И., Хойфман Э. Графический дисплей на запоминающей электронно-лучевой трубке. ОИЯИ, P11-8494, Дубна, 1974. То же в кн: I Всесоюзное совещание по автоматизации научных исследований в ядерной физике. Киев, 12-14 октября 1976 г. Изд-во ИЯИ АН УССР, стр. 258-260.
4. Дорух Х., Левчановский Ф.В., Никульников А.В., Параскивеску С., Приходько В.И. Устройства ввода графической информации в ЭВМ с экрана дисплея на запоминающей ЭЛТ. В кн: I Всесоюзное совещание по автоматизации научных исследований в ядерной физике. Киев, 12-14 октября 1976, изд-во ИЯИ АН УССР, стр. 260-261.
5. Левчановский Ф.В., Никульников А.В., Приходько В.И. Графический индикатор на бистабильной запоминающей ЭЛТ с сеточным потенциалопосителем. ОИЯИ, P11-10579, Дубна, 1977.
6. Левчановский Ф.В., Никульников А.В., Приходько В.И. Графический индикатор на запоминающей электронно-лучевой трубке. Техническое описание. Деп. публ. ОИЯИ, Б1-11-80-681, Дубна, 1980.
7. Груша А., Левчановский Ф.В., Никульников А.В., Приходько В.И. Дисплейный процессор в стандарте КАМАК. ОИЯИ, P11-10580, Дубна, 1977. То же в кн: Труды IX Международного симпозиума по ядерной электронике (Варна, 5-9 мая 1977 г.). ОИЯИ, Д13-11182, Дубна, 1978, стр. 348-349.
8. Левчановский Ф.В. Дисплейный контроллер в стандарте КАМАК. Техническое описание. Деп. публ. ОИЯИ, Б1-11-80-682, Дубна, 1980.
9. Левчановский Ф.В. Устройство для отображения информации на экране электронно-лучевой трубки. Авт. свид. СССР №826334 от 30 апреля 1981 г. Бюлл. ОИПТОЗ, №16, 1981.
10. Груша А., Левчановский Ф.В., Никульников А.В., Приходько В.И. Графический дисплей на запоминающей ЭЛТ в стандарте КАМАК. В кн: Материалы II Всесоюзного семинара по обработке физической информации (Ереван, сентябрь 1977 г.). Изд-во ЕрФИ, Ереван, 1978, стр. 158-166.

11. Левчановский Ф.В., Приходько В.И., Том Т., Челжокова В.В. Дисплейный процессор на основе микро-ЭВМ. ОИЯИ, РИИ-12223, Дубна, 1979.  
То же в кн: Материалы второго Всесоюзного совещания "Диалоговые вычислительные комплексы" (Противно, 4-7 сентября 1979 г.), Серпухов, 1979.  
То же In: Proc. of the Symposium on Microcomputer and Microprocessor Application (Budapest, 17-19 oct. 1979) OMKDK Technoinform, Budapest, 1979, pp. 915-923.
12. Лайх Х., Левчановский Ф.В., Приходько В.И. Графический терминал на запоминающей ЭЛТ со встроенной микро-ЭВМ. В кн: Автоматизация научных исследований на основе применения ЭВМ (тезисы докладов VI Всесоюзной конференции, Новосибирск, 26-28 мая, 1981), Изд-во ИАЭ СО АН СССР, Новосибирск, 1981, стр. 43-44.
13. H. Leich, F. Levchanovsky, A. Nikulnikov, A. Polyntsev, V. Prikhodko Microcomputer Based Storage Tube Display Graphic Terminal, JINR, B11-81-296, Dubna, 1981.
14. Левчановский Ф.В., Хоффман З. Модемы типа КОДЕК для передачи цифровых данных в терминальных сетях. ОИЯИ, ИИ-10303, Дубна, 1976.
15. Hoffman Z., Levchanowsky F.V. Stalopradowe Modemu Typu KODEK do Pracy w Sieci Terminalowej CYFRONET, Przegląd Telekomunikacyjny, N12, 1977, pp. 373-375.

Рукопись поступила в издательский отдел  
21 июля 1981 года.