

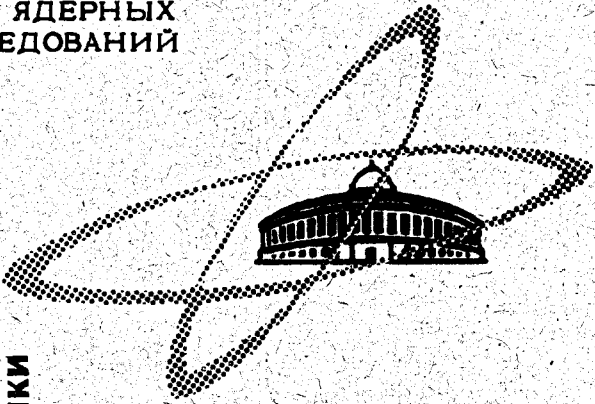
15.8412  
E-912

158/1-71

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

P10-5387



ЛАБОРАТОРИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ  
И АВТОМАТИЗАЦИИ

А.И. Ефимова, Г.И. Забиякин, А.А. Карлов,  
А.П. Кретов, И.Н. Кухтина, Ф.В. Левчановский,  
В.И. Приходько, В.Р. Трубников, Э.В. Шарпова

ТОЧЕЧНЫЙ ДИСПЛЕЙ НА ЭВМ БЭСМ-4  
И СДС-1604А И ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЕ  
В ЗАДАЧАХ ОБРАБОТКИ  
КАМЕРНЫХ СНИМКОВ

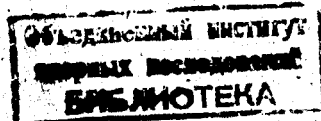
1970

P10-5387

А.И. Ефимова, Г.И. Забиякин, А.А. Карлов,  
А.П. Кретов, И.Н. Кухтина, Ф.В. Левчановский,  
В.И. Приходько, В.Р. Трубников, Э.В. Шарпова

ТОЧЕЧНЫЙ ДИСПЛЕЙ НА ЭВМ БЭСМ-4  
И СДС-1604А И ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЕ  
В ЗАДАЧАХ ОБРАБОТКИ  
КАМЕРНЫХ СНИМКОВ

Направлено в ПТЭ



Обработка экспериментальных данных на ЭВМ с использованием средств вывода информации на экран электронно-лучевой трубки (дисплей) и средств управления машиной непосредственно с экрана дисплея (с помощью светового карандаша, трекбола и т.д.) получает за последние годы все более широкое применение в физических лабораториях.

В качестве одного из направлений автоматизации обработки камерных снимков в ОИЯИ развивается техника дисплеев, на ЭВМ БЭСМ-4 и CDC-1604A, а также созданы программы, обеспечивающие совместную работу системы "ЭВМ-дисплей-оператор".

### Точечный дисплей

Дисплей /1/ состоит из блока индикации, блока светового карандаша и схемы управления (рис. 1). В блоке индикации используется электронно-лучевая трубка 31ЛО33В с электростатическим отклонением и средней длительностью послесвечения ( $\approx 3$  сек). Усилители отклонения выполнены на лампах 6Н3П и имеют полосу пропускания 0,4 - 1 мГц. Положение каждой точки на экране кодируется 12-ю разрядами по осям X и Y, следовательно, максимально возможная дискретность составляет  $4096 \times 4096$  точек на поле  $150 \times 150$  мм<sup>2</sup> без видимых искажений и  $180 \times 180$  мм<sup>2</sup> с несущественными в работе искажениями.

Блок светового карандаша состоит из приемника света (ФЭУ-60) и схемы формирования. Световой карандаш реагирует на вспышку быстрой компоненты люминофора. Неопределенность положения переднего фронта импульса от светового карандаша не превышает 7 мксек.

Схема управления обеспечивает синхронную работу дисплея с ЭВМ, высвечивание графической информации на экране ЭЛТ в виде последовательности точек, а также прерывание процессора в момент прихода сигнала от блока светового карандаша. Схема управления выполнена на ячейках ЭВМ БЭСМ-4.

#### Работа дисплея с БЭСМ-4

Был выбран наиболее простой вариант подключения дисплея к БЭСМ-4 - через регистр результатов (рис. 1). В данном варианте в машине практически не требуется никакого дополнительного оборудования за исключением развязывающих цепей и триггера дисплея.

С регистра результатов информация поступает в дисплей по 27 кодовым шинам, из них 24 отведены под координаты точки ( X - 25 + 36 разряды, Y - 13 + 24 разряды) и 3 - под управляющие сигналы "синхронизация", "метка", "запрет" (6, 5 и 4 разряды соответственно).

Сигнал "синхронизация" служит разрешением подсвета выводимой на экран точки и после дополнительного формирования клапанирует пересылку в машину сигнала прерывания от светового карандаша. Сигнал "метка" указывает на необходимость высвечивания точки с повышенной яркостью. При наличии сигнала "запрет" схема управления игнорирует все другие сигналы и точки на экране не высвечиваются.

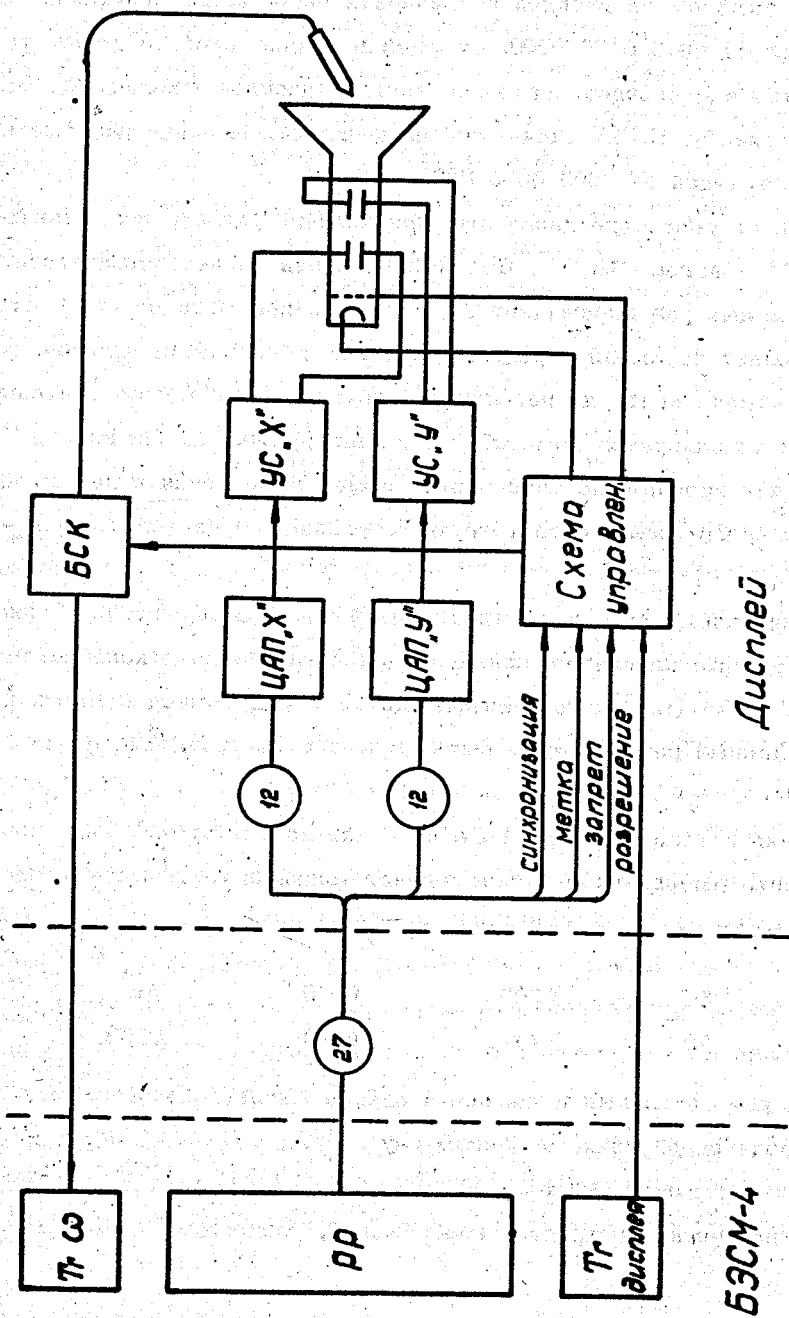


Рис. 1. Блок-схема дисплея и его связь с ЭВМ БЭСМ-4.

БЭСМ-4

Перед выводом на дисплей графической информации модифицированной командой 57 0000 0400 0000, стоящей в начале массива точек, устанавливается в единичное состояние триггер дисплея (появляется сигнал "разрешение"). После окончания высвечивания массива разрешение снимается командой 57 0000 0000 0000.

Сигнал от светового карандаша при наличии разрешения устанавливает в "1" триггер " $\omega$ ". При высвечивании последовательности точек ЭВМ каждый раз опрашивает  $T_{r\omega}$  и в зависимости от его состояния либо делает заданный переход, либо продолжает высвечивание точек.

Для засылки кодов на регистр результатов и работы со световым карандашом используется команда "36", реагирующая на сигнал " $\omega$ ". Это позволяет программно фиксировать помеченные точки и делать переходы на подпрограммы, соответствующие указанным световым клавишам.

Среднее время вывода на экран одной точки изображения в описанном выше режиме зависит от программной организации и колеблется в пределах от 76 (поточечный вывод) до 45 мксек (вывод пачками по 8 точек). Данный режим может быть осуществлен на любой серийной ЭВМ БЭСМ-4.

Наличие канала в БЭСМ-4 ОИЯИ<sup>/2/</sup> позволяет существенно повысить скорость вывода за счёт применения модифицированных команд групповой выдачи

50	0005	0000	Ак
70	Ан	0000	0000,

где Ан и Ак - начальный и конечный адреса массива изображения. Время вывода одной точки в данном случае равно времени обращения к памяти и составляет 8 мксек. Таким образом, при частоте регенерации 25 гц возможно построение изображений, состоящих из 5000 точек.

Сигнал от светового карандаша поступает в систему прерывания; в момент его прихода прекращается регенерация изображения и таким образом точно фиксируется адрес помеченной точки.

На ЭВМ БЭСМ-4 для дисплея написаны управляющие программы, обеспечивающие формирование массива изображения, регенерацию и работу со световым карандашом, а также программы для обработки конкретной графической информации - снимков с 32-зазорной искровой камеры, полученных в эксперименте по р-р рассеянию при энергии 680 Мэв.

### Работа дисплея с CDC -1604A

CDC -1604A - универсальная ЭВМ среднего класса мощности фирмы Control Data /3/. Оперативная память - 32К 48-разрядных слов, время цикла - 6,4 мксек. Обмен информацией с внешними устройствами производится через шесть буферных каналов и один канал прямой передачи. Буферный канал с помощью специальных аппаратных средств способен обеспечить обмен между выбранным внешним устройством и оперативной памятью независимо от работы центрального процессора. Внешнее устройство и область оперативной памяти, участвующей в обмене, задаются программой перед началом операции ввода-вывода. В обмене через канал прямой передачи участвует центральный процессор и поэтому выполнение программы на время обмена приостанавливается. К каждому каналу можно подключить до восьми внешних устройств. Буферный канал позволяет производить обмен со скоростью работы внешнего устройства, но не быстрее 50 кгц.

Дисплей подключен к одному из буферных каналов через специально разработанный для этой цели адаптер. Назначение адаптера - согласование логики работы дисплея и канала, обработка сигналов от светового

карандаша, а также выполнение ряда вспомогательных операций, таких как разворот информации, преобразование уровней и т.д. Поскольку дисплей должен работать с двумя машинами, адаптер реализован так, что по отношению к ЭВМ CDC-1604A он выступает как обычное внешнее устройство, а по отношению к дисплею - как БЭСМ-4.

Для увеличения объема передаваемой графической информации в одном машинном слове располагается информация о двух точках, при этом на координаты X и Y отводится по 10 разрядов.

Взаимодействие с ЭВМ посредством светового карандаша осуществляется через систему прерывания. Так как передача данных из буферного канала происходит независимо от центрального процессора, то для фиксации адреса помеченной карандашом точки адаптер в момент прихода сигнала от СК прекращает прием из машины новой информации. В адаптере содержится также информация о том, какая из двух имеющихся в машинном слове координатных пар была помечена.

Существующая схема подключения и быстродействие дисплея позволяют производить обмен с максимальной скоростью работы канала машины (50 кгц), следовательно, вывод одной точки осуществляется за 10 мксек.

На CDC-1604A разработана система программ, обеспечивающая связь между произвольной программой пользователя и дисплеем и позволяющая программисту использовать это устройство на уровне ФОРТРАНа или автокода без необходимости знать детальные сведения о работе аппаратуры дисплея и канала машины.

#### Организация программного обеспечения дисплея на CDC-1604A

С функциональной точки зрения средства, представляемые пользователю дисплея, можно разделить на три группы:



1. Административные подпрограммы, обеспечивающие выделение памяти и ее использование, а также построение и модификацию совокупности объектов изображения, их названий, управляющих команд и т.д.

2. Подпрограммы-генераторы команд дисплея, с помощью которых формируются команды точек, векторов, текста и т.п.

3. Управляющие подпрограммы, назначение которых - обеспечить независимо от работы центрального процессора ЭВМ автономную регенерацию изображения на экране дисплея, обработку сигналов прерывания от светового карандаша и клавиатуры пишущей машинки, а также такие управляющие действия, как прекращение регенерации изображения после высвечивания заданного числа кадров и т.п.

При разработке матобеспечения для дисплея одна из основных задач заключалась в создании максимально гибкой системы программ не только с точки зрения пользователя, но и с точки зрения развития системы в будущем. Это развитие может заключаться как в усовершенствовании имеющейся аппаратуры (подключение автономных генераторов векторов, символов и т.д.), так и в полной замене соответствующего дисплея другой моделью. Следствием этого явилось представление графической информации в машине на двух уровнях.

Первый уровень отражает наше текущее представление об "идеальном" графическом дисплее, т.е. устройстве, способном аппаратными средствами не только формировать отдельные геометрические элементы (символы, векторы, дуги окружностей и т.п.), но и обрабатывать в процессе регенерации изображения управляющие команды, например, команды перехода (в том числе команды перехода с возвратом), команды, позволяющие зафиксировать название, присвоенное программистом той части изображения, которая высвечивается в данный момент на экране и т.п. Графическая информация на этом уровне образует структуру, на-

зываемую дисплейным файлом, поэтому естественно назвать этот уровень уровнем дисплейного файла.

Напротив, второй уровень соответствует конкретному дисплею, отражает его реальные возможности, особенности и требования. В данном случае имеется точечный дисплей, возможности которого ограничиваются способностью высвечивать только точки. При этом координатные пары точек образуют сплошной массив данных (дисплейный буфер) и выдаются последовательно друг за другом за одну буферную операцию вывода. Этот уровень удобно назвать уровнем дисплейного буфера.

Пользователь-программист, работающий на ФОРТРАНе или автокоде, осуществляет формирование и преобразование графической информации, а также управление работой дисплея и светового карандаша, как правило, на уровне дисплейного файла.

Добавление информации в дисплейный файл и ее удаление производится порциями, которые состоят из одной или нескольких дисплейных команд и называются объектами. Объект - наименьшая единица информации, с которой может манипулировать пользователь при обработке дисплейного файла. При добавлении нового объекта в дисплейный файл пользователь может присвоить этому объекту буквенно-цифровое название и номер, по которому в дальнейшем к этому объекту возможно обращение как к единому целому, например, с целью удалить его, модифицировать или заменить новым.

Объекты в дисплейном файле связаны между собой дисплейными командами перехода, что позволяет эффективно работать с файлом, избегая перемещения больших массивов информации.

Каждый новый объект формируется программистом с помощью подпрограмм-генераторов в области памяти, называемой буфером дисплейного файла. При добавлении объекта административные подпрограммы выделяют объекту место в файле, копируют объект из буфера в файл,

устанавливают соответствующие связи с уже имеющимися объектами и заносят название добавляемого объекта, если таковое имеется, в оглавление объектов. Для облегчения просмотра, оглавление объектов имеет кольцевую структуру. Помимо названий объектов в нем содержится информация о расположении объектов в файле. Эта информация позволяет пользователю обращаться к объектам по их названиям и не заботиться об их физическом расположении в памяти.

При формировании изображения на экране пользователь выполняет следующие действия:

1. Заказывает буфер дисплейного файла и сам файл.
2. С помощью подпрограмм-генераторов формирует в буфере файла некоторый объект. Возможно формирование дисплейных команд точек, векторов, символов (трех размеров), дуг окружностей, малых приращений. Положение точек, символов может задаваться как в абсолютной форме, так и относительно текущего положения луча на экране дисплея.
3. Добавляет объект к дисплейному файлу, указывая при желании название объекта.

Пункты 2 и 3 повторяются до тех пор, пока не будет закончено формирование дисплейного файла.

4. Выдает сформированное изображение на дисплей, указывая при этом, какую область памяти использовать в качестве дисплейного буфера.

Допускаются следующие манипуляции с объектами: добавление, удаление, замещение, изменение названия, исправление.

При работе со световым карандашом пользователю доступны название помеченного световым карандашом объекта и точные координаты положения светового карандаша в момент его подготовки. Это обеспечивает простое и эффективное взаимодействие пользователя с дисплейным файлом. Благодаря этому в частности существенно упрощается

идентификация объектов, которые могут перемещаться по экрану, а также облегчается работа с так называемыми световыми клавишами. Последние представляют собой некоторые символы, выводимые на экран для того, чтобы пользователь, указывая на ту или иную клавишу световым карандашом, мог бы вызвать соответствующую подпрограмму. Имея название "помеченной" клавиши, пользователь может гораздо проще и быстрее вызвать нужную подпрограмму по сравнению со случаем, когда известны только координаты "помеченной" точки и нужно разобраться, какому объекту на экране она принадлежит.

#### Обработка снимков с искровых и пузырьковых камер

Измерение снимков с 32-зазорной искровой камеры, используемой в эксперименте по р-р рассеянию, проводилось на сканирующем автомате ЭЛТ-1<sup>1/</sup>. Данные измерений во время работы автомата передавались в ЭВМ БЭСМ-4 и обрабатывались по специально созданным программам<sup>15/</sup>. Результаты обработки, а также неопознанные события записывались на магнитную ленту.

Процедура обработки событий с использованием дисплея заключалась в следующем. На экран из ЭВМ выводилось изображение неопознанного события и условный код причины отбраковки события. На рис. 2 изображен экран дисплея, на который выведены: событие, причина отбраковки (верхнее число справа), номер кадра пленки (нижнее число справа), а также световые клавиши (верхний ряд) для управления машиной от светового карандаша. Использовались три световые клавиши:

- прекращение высвечивания, отбраковка события и переход к следующему кадру;
- выход на продолжение работы;

- восстановление первоначальной информации;
- обработка по программе опознавания.

Если событие не бракуется, то световым карандашом подается команда ЭВМ на продолжение работы с данным событием. Программа фильтрации обрабатывает данные каждой искры, в результате чего она описывается усредненной координатой. Кроме того, отбрасываются фоновые данные и происходит повторное высвечивание события (рис. 3). Световым карандашом указывается правильное направление рассеянного трека (рис. 4) путем отметки двух точек на этом треке (входной трек, как правило, опознается программой, поэтому его не нужно дополнительно метить). Затем вновь в ЭВМ подается команда от светового карандаша на переход к обработке скорректированного события по программе опознавания.

Применение дисплея для обработки трековой информации в эксперименте по  $p$ - $p$  рассеянию позволило увеличить статистику эксперимента примерно на 10%.

Проверка работоспособности созданной системы (дисплей и программное обеспечение) на CDC -1604A проводится на конкретной физической задаче - просмотр и обработка результатов измерения снимков с пузырьковых камер.

При существующей методике обработки после программы геометрической реконструкции около 40% всех измеренных событий отбраковывается и направляется на повторное измерение. Так как момент измерения данного события на полуавтомате отделен от момента отбраковки этого события на ЭВМ неделями, то повторное измерение связано со значительными затратами времени на поиск нужных пленок, их транспортировку, установку на полуавтомат и т.п., не говоря уже об очевидных затратах машинного времени.

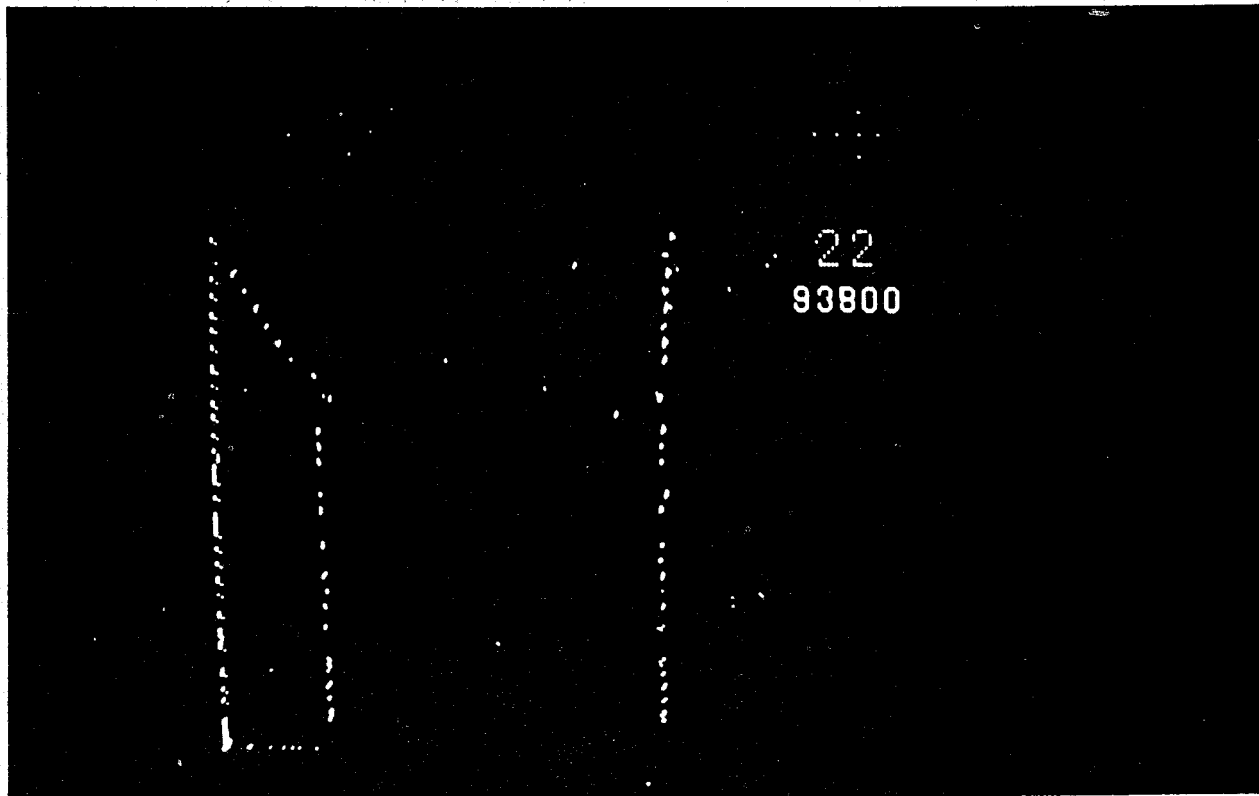


Рис. 2. Пример использования дисплея на БЭСМ-4 для обработки снимков с искровых камер.

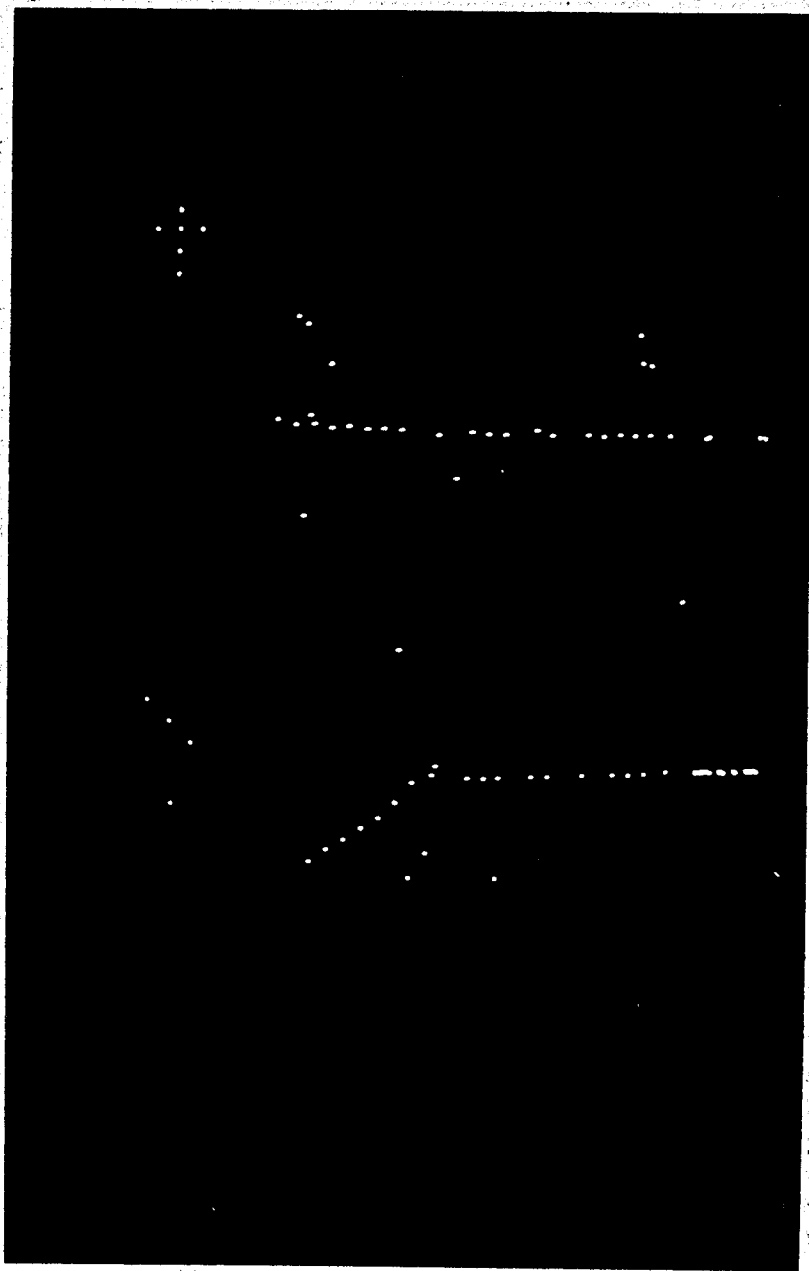


Рис. 3. То же, что и на рис. 2.

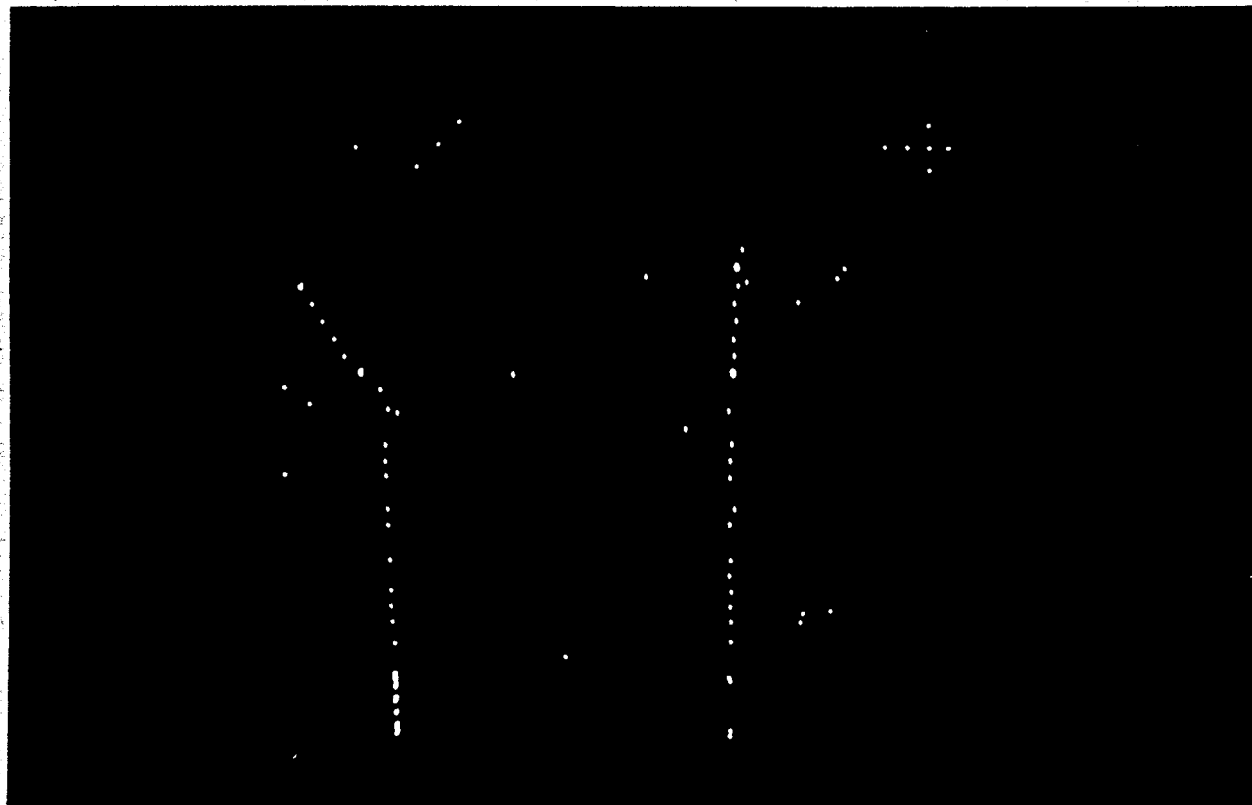


Рис. 4. То же, что и на рис. 2.



Статистика показывает, что из всех отбракованных событий в 30% случаев отбраковка имеет место из-за наличия малоэнергичного следа.

При измерении такого следа координаты последних точек не несут никакой полезной информации, а, напротив, вносят существенную погрешность и приводят к отбраковке события. При повторном измерении следа стараются измерять точки только на небольшом начальном участке. Около 15% отбракованных событий содержат так называемые "короткие" треки, которые из-за малой длины невозможно правильно аппроксимировать спиралью. В этом случае при перемере изменяют идентифицирующую метку трека и измеряют лишь две точки - начало и конец трека.

В настоящее время проводится опытная проверка возможности использования дисплея со световым карандашом для исправления событий без повторного цикла измерений. Из всех отбракованных событий производится выборка на отдельную ленту (ленту "плохих" событий) тех событий, которые были отбракованы по вышеуказанным причинам. Последующее событие читается с ленты "плохих" событий, формируется соответствующий дисплейный файл, и на экран выдаются четыре проекции события, номер эксперимента, номер события и совокупность световых клавиш (рис. 5). Оператор за дисплеем, имея протокол работы программы геометрической реконструкции, который содержит перечень событий и типы ошибок, выполняет коррекцию треков (удаляет лишние точки, изменяет метки и т.п.) и производит запись скорректированных событий на ленту исправленных событий. При необходимости оператор может вызвать только одну проекцию события, выбрать пару проекций или вернуться на начало обработки данного события.

Лента исправленных событий является входной лентой для программы геометрической реконструкции. Ее формат полностью совпадает с тем, который принят для обычной входной ленты, и поэтому никаких изменений в геометрической программе не требуется.

EXP 501

EVT 025557251

VXT	V1	V2	V3	V4	V12
VLS	V13	V14	V23	V24	DEL

Рис. 5. Изображение на экране дисплея события, полученного в пузырьковой камере.

Предлагаемая дисплейная методика помимо сокращения времени, затрачиваемого на обработку событий, обладает и тем значительным преимуществом, что позволяет физику, программисту и тем, кто занят измерением событий на полуавтоматах, лучше понять природу и характер обрабатываемых событий, причины появления "плохих" событий и в конечном счете повысить эффективность измерения событий и улучшить программы обработки.

#### Л и т е р а т у р а

1. Э.В. Лысенко, Й. Томик, В.Р. Трубников. Препринт ОИЯИ 10-3331, Дубна, 1967.
2. Е.Д. Городничев и др. Препринт ОИЯИ 10-4870, Дубна, 1969.
3. Control Data 1604-A Computer. Reference Manual, Pub. No. 60024500, 1963.
4. В.Ф. Борисовский и др. Препринт ОИЯИ, P10-3631, Дубна, 1967.
5. Н.Д. Дикусар, И.Н. Кухтина, В.Н. Шигаев. Материалы совещания по программированию и вычислительным методам решения физических задач, Дубна, 27-30 мая 1969 г., стр. 105-117.

Рукопись поступила в издательский отдел  
30 сентября 1970 года.