

4845
И-653

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ЛАБОРАТОРИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ И АВТОМАТИЗАЦИИ

10-5050

В.Д. Инкин

УСТАНОВКА
ДЛЯ СКОРОСТНОГО АВТОМАТИЧЕСКОГО ОБМЕРА СНИМКОВ
С ТРЕКОВЫХ КАМЕР
НА БАЗЕ МЕХАНИЧЕСКОГО СКАНИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА
"БЕГУЩИЙ ЛУЧ"

Специальность 260 - приборы экспериментальной физики

Автореферат диссертации на соискание учёной
степени кандидата технических наук

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

Научный руководитель:
кандидат технических наук Ю.А. Каржавин

Официальные оппоненты:
доктор технических наук А.И. Филиппов
кандидат технических наук, доцент М.П. Гришин.

Ведущее научно-исследовательское учреждение - Радиотехнический институт АН СССР (Москва).

Автореферат разослан " " 1970 года
Защита диссертации состоится " " 1970 года на заседании Ученого совета Лаборатории вычислительной техники и автоматизации.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОИЯИ.

Учёный секретарь Совета

Ю.В. Катышев

10-5050

В.Д. Иякин

УСТАНОВКА
ДЛЯ СКОРОСТНОГО АВТОМАТИЧЕСКОГО ОБМЕРА СНИМКОВ
С ТРЕКОВЫХ КАМЕР
НА БАЗЕ МЕХАНИЧЕСКОГО СКАНИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА
"БЕГУЩИЙ ЛУЧ"

Специальность 260 - приборы экспериментальной физики

Автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата технических наук

4033 69

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ОИЯИ

Диссертация посвящена созданию установки для скоростного автоматического обмера фотографий с трековых камер с использованием оптико-механического сканирующего устройства. Установка работает на линии с ЭВМ, процесс обмера камерных фотографий на ней полностью автоматизирован.

В основу диссертации положены работы /1-12/. Диссертация состоит из пяти глав.

I.

В первой главе дан краткий обзор приборов, автоматизирующих процесс обработки камерных фотографий. Проведено сравнение методов и приборов для ввода в ЭВМ графической информации /13/ с методами и устройствами для ввода в ЭВМ информации с камерных снимков. Несмотря на наличие общих черт в этих двух направлениях, методы преобразования информации с камерных фотографий отличаются высокой точностью и быстродействием, а степень участия ЭВМ в процессе обработки значительно выше.

В настоящее время созданы высокопроизводительные системы обработки камерных снимков с использованием приборов, в которых применяется метод сканирования снимка световым лучом /16-18, 20-23/

Обработка снимков при помощи таких систем отличается высокой степенью автоматизации, участием быстродействующих современных ЭВМ на всех этапах обработки и высокой производительностью, которая достигает до 0,5-1 млн фотографий в год.

В ОИЯИ в течение ряда лет проводится большая работа по автоматизации обработки камерных фотографий. При участии автора был разработан комплекс приборов, автоматизирующих этот процесс /8,9/.

Наиболее широкое распространение при измерениях камерных фотографий получили установки типа ПУ (ПУОС). Был освоен промышленный выпуск этих установок и выпущена партия в количестве 80 штук. В настоящее время установки работают во многих институтах Советского Союза, а также в некоторых институтах ЧССР, НРБ, МНР и других стран.

В ОИЯИ работает измерительный центр по обработке камерных снимков. Он состоит из комплекса просмотрных столов и 18 полуавтоматических установок типа ПУОС. Группа установок ПУОС подключена на линию с ЭВМ БЭСМ-4, что дает возможность увеличить производительность этой системы в 1,5-2 раза /10,11/.

В 1969 году завершены работы по созданию высокопроизводительной установки для автоматического измерения камерных снимков с использованием оптико-механического сканирующего устройства "Бегущий луч" (НРД). Эта установка работает совместно с ЭВМ CDC-1604A и обеспечивает измерение фотографий с пузырьковых камер со скоростью ≈ 60 событий в час.

II.

Во второй главе содержится общее описание сканирующего автомата и системы обработки камерных снимков с его применением /1-3/. Сканирующий автомат (СА) состоит из оптико-механического устройства типа "Бегущий луч", формирующего

на измеряемой фотографии при помощи движущегося светового пятна прямоугольный растр, а также из электронной аппаратуры, которая обрабатывает сигналы с фотодатчиков оптико-механического устройства, регистрирует координаты треков, накапливает и передает в ЭВМ данные измерений, обеспечивает автоматическую работу установки под управлением и контролем ЭВМ.

Оптико-механическое устройство имеет фильмопротяжный механизм, измерительный стол, на котором фиксируется обрабатываемый снимок, и механическое развертывающее устройство, генерирующее движущееся световое пятно диаметром ≈ 10 мкм. Комплекс электронной аппаратуры, разработка которого проходила под руководством автора, состоит из блоков управления перемещением измерительного стола и работой фильмопротяжного механизма, блока управления сканированием, блоков формирования сигналов с ФЭУ и отсчета координат, буферной памяти, в которой накапливаются результаты измерений координат точек пересечения светового пятна со следами частиц, а также блоков передачи данных из буферной в оперативную память ЭВМ, приема команд из ЭВМ, их дешифрирования. Для обеспечения автономной работы сканирующего автомата в режиме настройки имеется также вспомогательная аппаратура. К ней относятся имитатор сканирующего устройства, имитатор ЭВМ, осциллограф с запоминанием для контроля работы сканирующего автомата, цифровая печать для вывода данных из буферной памяти и т.д.

При обработке фотографий с пузырьковых камер с использованием сканирующего автомата в ОИЯИ применяется метод "маски". Суть его состоит в том, что при предварительном просмотре после опознания оператором на снимке события производится измерение не менее двух точек на каждом следе этого события, точки взаимодействия, а также маркерных крестов. Эти данные используются в дальнейшем при измерении на СА

для определения района на снимке, где должно находиться измеряемое событие. На рис. 1 приведена структура системы обработки с использованием сканирующего автомата.

Предварительный просмотр фотографий ведется на просмотрных столах, оборудованных устройством для измерения координат^{/26/}. Отобранные при просмотре фотографии измеряются на СА. На основании данных, полученных после просмотра, ЭВМ выполняет следующие функции:

1. Выдает команды, управляющие исполнительными механизмами СА.
2. Контролирует правильность их выполнения.
3. Производит прием и накопление данных измерения.
4. Осуществляет фильтрацию их по "маске".
5. Подготавливает данные к виду, удобному для последующей обработки.

Аппаратура связи ЭВМ с СА осуществляет согласование уровней, амплитуд и временных характеристик и вырабатывает управляющие сигналы, обеспечивающие обмен данными между ЭВМ и СА. Сканирующий автомат имеет телетайпную связь с ЭВМ и оборудован специальной ЭЛТ с запоминанием, на которую выводится в процессе измерения изображение сканируемого снимка.

III.

Третья глава посвящена описанию основных узлов электронной аппаратуры сканирующего автомата^{/4-7/}. Электронная аппаратура выполнена в основном на стандартных элементах ЭВМ БЭСМ-4. Для построения быстродействующих узлов аппаратуры разработана специальная система логических элементов на частоту 10 мгц. Общее количество элементов, использующихся в СА, составляет $\approx 2,5$ тыс. ячеек.

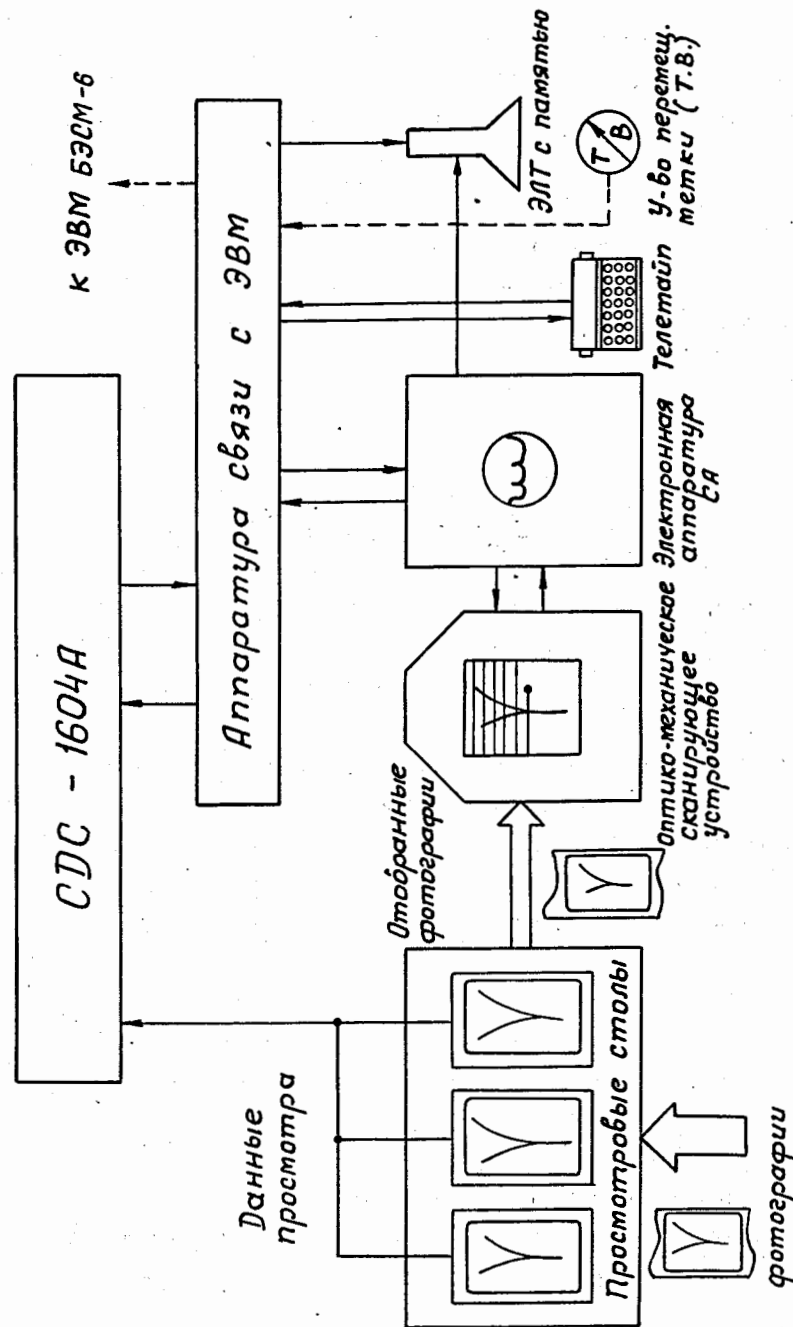


Рис. 1. Структура системы обработки с использованием СА.

1. Система отсчета координат

Для определения координат треков на измеряемом снимке отсчетная система регистрирует положение движущегося светового пятна, сканирующего снимок, и положение измерительного стола, на котором этот снимок размещен. Для сокращения объема передаваемой в ЭВМ информации координаты измерительного стола записываются в буферную память прибора только в конце рабочего хода развертки. Таким образом, последовательность координат, регистрируемых на одной линии развертки, имеет вид:

$$Y_1, Y_2, \dots, Y_i, \dots, Y_{\max}, X, W,$$

где Y_i — координаты треков вдоль линии развертки, Y_{\max} — контрольная координата, соответствующая полной длине линии сканирования, X, W — координаты измерительного стола. Координаты измерительного стола регистрируются при помощи счётчиков X и W , которые пересчитывают импульсы с датчиков линейных перемещений, размещенных на каретках измерительного стола.

Для определения координаты Y используется опорный сигнал, возникающий при движении пятна развертки по отсчётной решетке. Импульсы, сформированные из этого сигнала, пересчитываются счётчиком Y . В момент пересечения трека на снимке световым пятном развертки регистрируется две величины:

1. Координата середины трека I по отношению к ближайшему после окончания трекового сигнала опорному импульсу.
2. Координата Y_0 , соответствующая этому опорному импульсу.

Окончательная координата середины трека $Y_{тр} = Y_0 - I$ вычисляется в суммирующем устройстве СА.

Структурная схема отсчётного канала Y координаты приведена на рис. 2.

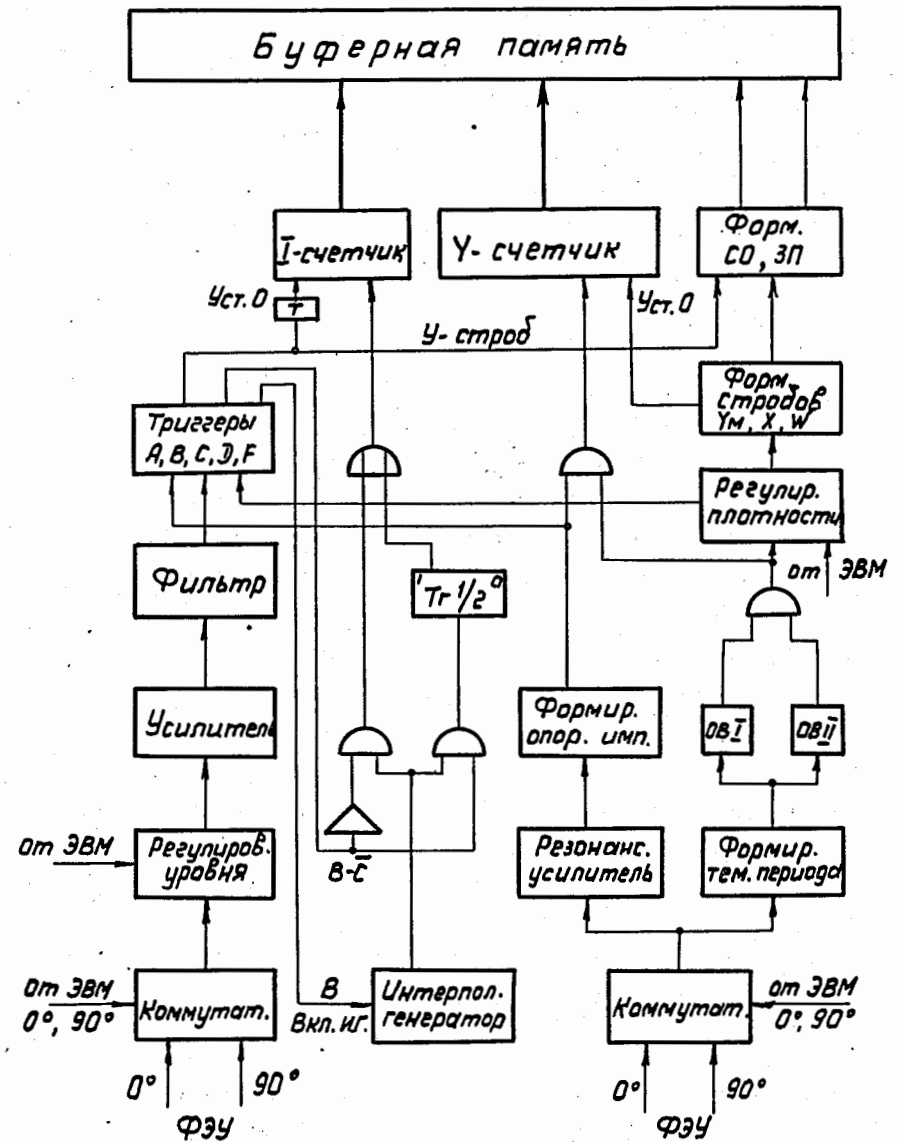


Рис. 2. Структурная схема отсчётного канала.

Сигналы с решетки поступают на коммутатор $0^\circ-90^\circ$, который по команде из ЭВМ подключает к каналу соответствующие ФЭУ в зависимости от вида сканирования. Из коммутатора сигналы подаются на резонансный усилитель, формирователи импульса ТП и опорных импульсов. Затем сигналы длительностью 50-60 нсек поступают на вход Y -счётчика. Он выполнен по схеме с параллельно-последовательным переносом. Трековые сигналы из коммутатора $0^\circ-90^\circ$ поступают на дискриминатор. Управление уровнем дискриминации осуществляется ЭВМ для получения оптимального потока информации со сканируемого снимка. Для подавления шумов ФЭУ применен фильтр с частотой отсечки $f = 1,2$ Мгц. Для получения стандартных импульсов от треков использована схема с двумя линиями задержки, описанная в работе /27/.

Точное определение координат треков проводится методом линейной интерполяции. Сформированные трековые сигналы, опорные импульсы и импульс ТП поступают на схему управляющих триггеров ABCDF. Эти триггеры обеспечивают необходимую временную последовательность работы интерполирующей системы, состоящей из интерполяционного генератора, двух схем И, триггера Тг 1/2 и интерполяционного счётчика I.

При выбранной цене отсчёта Y - координаты, равной $\pm 1,5$ мкм, частота интерполяционного генератора равна 8 Мгц. После окончания работы интерполирующей системы показания интерполяционного счётчика I и Y -счётчика записываются в буферную память сканирующего автомата.

2. Буферная память СА

В качестве буферной памяти сканирующего автомата используется специально разработанное быстродействующее запоминающее устройство на плоских магнитных пленках, которое имеет следующие параметры: емкость - 128 слов, разрядность

слов - 24, цикл записи равен циклу считывания и составляет 0,7 мксек /5/.

Для обеспечения независимого чередования режимов записи и считывания используются два счётчика: адресный счётчик записи и адресный счётчик считывания. Для регистрации количества слов в памяти используется реверсивный счётчик, на суммирующий вход которого поступают импульсы записи ЗП, на вычитающий - импульсы считывания СЧ. Реверсивный счётчик формирует сигналы, управляющие работой буферной памяти. Сигнал "0 буферной памяти" прекращает режим считывания, сигнал "Переполнение БП" блокирует режим записи.

В процессе сканирования снимка буферная память БП работает в следующем режиме. Во время рабочего хода развертки происходит запись координат Y треков, в конце рабочего хода записывается контрольная координата Y_{max} , а затем координаты измерительного стола.

Считывание содержимого БП происходит как во время рабочего хода, так и при "обратном" ходе луча, если канал приема данных в ЭВМ активирован. Для сокращения временных затрат ЭВМ при считывании информации из буферной памяти выполняются две операции:

1. Вычисление Y координат треков. Как уже отмечалось, координаты треков записываются в память в виде показаний двух счётчиков Y и I. Вычисление $Y_{тр} = Y_0 - I$ производится в суммирующем устройстве. Оно выполнено по схеме потенциального сумматора параллельного действия.

2. Удвоение формата выходного слова. Передача в ЭВМ осуществляется 48-разрядными словами, разрядность буферной памяти равна 24. Схема удвоения формата обеспечивает занесение первого слова БП в нижнюю половину выходного регистра, а следующего слова - во вторую часть этого регистра, после чего выдается сигнал о готовности выходной информации.

3. Управление работой оптико-механического сканирующего устройства

К механическим операциям, находящимся под управлением ЭВМ, относятся перемещение кареток измерительного стола и протяжка фильма с обрабатываемыми снимками. Перемещение измерительного стола осуществляется гидравлическим приводом. Направление и скорость перемещения стола задаются включением соответствующих клапанов этого привода.

Электронная аппаратура управления перемещением стола по командам ЭВМ выполняет следующие операции.

1. Перемещает стол до заданной координаты, с которой должно начаться измерение. При этом предусмотрена остановка стола с точностью $\pm 0,1$ мм. Время, затрачиваемое на эту операцию, равно

$$T_0 = \frac{X_0}{V_4} + T_{\text{кл}} \left(1 + \frac{V_4}{V_{\text{ц}}}\right),$$

где X_0 - расстояние, на которое нужно переместить стол, V_4 - скорость перемещения стола при этой операции, $T_{\text{кл}}$ - время срабатывания клапанов гидропривода, $V_{\text{ц}}$ - скорость центрирования для точной остановки стола.

2. Осуществляет движение стола в заданном направлении с заданной скоростью во время измерения. При достижении заданной конечной координаты измерение прекращается, и стол останавливается. Время этой операции равно

$$T_{\text{и}} = \frac{L}{V_{\text{и}}} + T_{\text{ри}},$$

где L - длина измеряемого участка кадра, $V_{\text{и}}$ - скорость измерения, $T_{\text{ри}}$ - время, необходимое для разгона стола до заданной скорости.

Протяжка фильма осуществляется по команде из ЭВМ. При выполнении этой команды лентопротяжный механизм сканиру-

ющего автомата протягивает фильм на нужное количество кадров в заданном направлении. Если фильм необходимо передвинуть больше, чем на 3 кадра, протяжка пленки начинается на максимальной скорости. За 3 кадра до остановки начинается замедление движения фильма и при подходе к кадровому окну нужного кадра скорость протяжки падает до минимальной. Такой метод обеспечивает точность остановки кадра $\pm 0,1$ мм.

IV.

В четвертой главе проводится анализ основных характеристик автомата. В начале главы описан метод определения размера сканирующего пятна по сигналу, получаемому при сканировании этим пятном отсчётной решетки. Показано, что при увеличении диаметра d сканирующего пятна по отношению к шагу отсчётной решетки λ , амплитуда переменной составляющей сигнала на выходе ФЭУ уменьшается в θ раз.

$$\theta = \frac{U_{\text{фм}}}{U_{\text{ф}}},$$

где $U_{\text{ф}}$ - амплитуда переменной составляющей сигнала с решетки, $U_{\text{фм}}$ - амплитуда переменной составляющей при $\frac{d}{\lambda} \rightarrow 0$.

Определено, что $\theta = \frac{2J_1(\pi \frac{d}{\lambda})}{\pi \frac{d}{\lambda}}$, где J_1 - функция Бесселя 1-го порядка. Размер сканирующего пятна определяется по экспериментально определенному значению $\frac{U_{\text{фм}}}{U_{\text{ф}}}$ с использованием зависимости θ от $\frac{d}{\lambda}$.

При анализе разрешающей способности сканирующего автомата показано, что она в основном ограничена мертвым временем системы регистрации координат $T_{\text{з}}$. Это мертвое время равно

$$T_{\text{з}} = T_{\text{и}} + T_{\text{з}}$$

где $T_{\text{и}}$ - время работы интерполирующей схемы после окончания трекового сигнала, $T_{\text{з}}$ - время, необходимое для передачи значения координаты в буферную память автомата.

Если рассматривать схему регистрации координат как схему с постоянным мертвым временем ^{/29/}, можно провести оценку потери информации при отсчёте координат Y . Количество зарегистрированных координат равно

$$N = \frac{n}{1+n T_Y}$$

где n - количество сигналов от треков, поступивших на вход системы отсчёта в единицу времени.

При оценке погрешностей измерения координат показано, что ошибка при определении координаты трека X равна

$$\Delta x = \mp [|\Delta x_c| + |\Delta \delta| \left(\frac{Y_{тр}}{Y_{max}} - 1 \right)],$$

где Δx_c - ошибка при отсчёте координаты измерительного стола, $\Delta \delta$ - нестабильность шага развертки, $Y_{тр}$ - координата трека вдоль строки развертки, Y_{max} - координата, соответствующая полной длине развертки. Ошибка при определении координаты Y середины трека определяется, как

$$\delta_Y = \sqrt{\xi_1^2 \sigma_{ст}^2 + \xi_2^2 (\sigma_f^2 + \sigma_v^2) + \frac{y_0^2}{6}},$$

где $\sigma_{ст}$ - ошибка при стандартизации трекового сигнала, σ_f - ошибка за счёт нестабильности частоты интерполяционного генератора, σ_v - ошибка из-за нестабильности скорости развертки, y_0 - шаг интерполяции. Коэффициенты ξ_1 и ξ_2 равны

$$\xi_1 = \frac{\Gamma y_0}{V},$$

$$\xi_2 = \xi_1 \left(\frac{D}{2} - d \frac{U_{п}}{U_{в}} + l \right),$$

где Γ - частота интерполяционного генератора, V - скорость развертки, D - диаметр пузырька трека, d - диаметр сканирующего пятна, $U_{в}$ - амплитуда видеосигнала от трека, $U_{п}$ -

порог срабатывания дифференцируемых усилителей при стандартизации трековых видеосигналов, l принимает значение от 0 до λ (λ - шаг отсчётной решетки). Для обеспечения необходимой точности измерения на основании анализа этого выражения были определены требования к стабильности скорости развертки, стабильности частоты интерполяционного генератора, шагу интерполяции и т.д.

Особый вид ошибки при измерении координат представляет ошибка, возникающая при сканировании наклонных треков. Показано, что при наклоне трека относительно линии сканирования меньше 45° , отклонение измеренной точки трека от его оси может составлять > 5 мкм.

Далее в этой главе описана методика расчёта и измерения предельных значений коэффициента пропускания (прозрачности) фотопленки и контрастности следов частиц на камерных фотографиях при их обработке на сканирующем автомате.

Предельное значение коэффициента пропускания равно $\tau_{доп} = 0,2$, а предельное значение контрастности следов $K_{п} = 1,9$.

В конце главы приводятся результаты испытаний сканирующего автомата, проведенные в конце 1968 - начале 1969 г.г. Целью испытаний являлась отладка всех узлов системы по реальным снимкам. При этом выяснялись точностные характеристики автомата, его разрешающая способность и скорость работы. Проводилось исследование возможности обработки на сканирующем автомате фотографий с различных трековых камер, в том числе с искровых. На рис. 3 приведена распечатка на широкой печати содержания рабочего массива оперативной памяти ЭВМ, полученного при измерении сканирующим автоматом координат треков с пузырьковой водородной камеры.

На рис. 4 показано распределение координат Y при измерении прямой линии шириной 40 мкм. Максимальное отклонение от среднего значения равно 6,3 мкм, среднеквадратичная ошибка равна $\pm 2,5$ мкм. Разрешающая способность автомата $L_p \approx 30$ мкм. При плотности сканирования с шагом 60 мкм

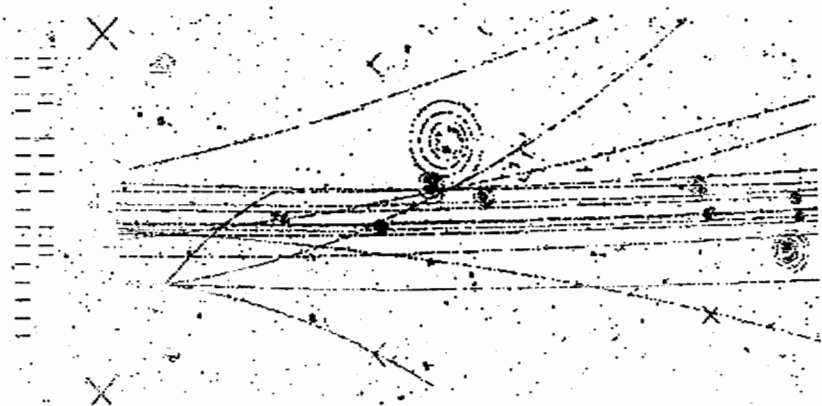


Рис. 3. Распечатка просканированного снимка

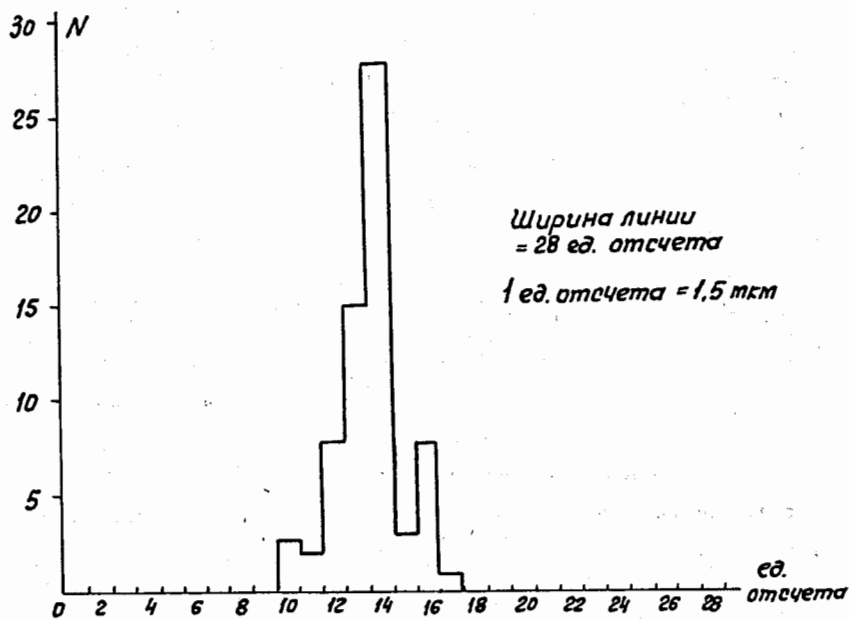


Рис. 4. Распределение Y координат при сканировании прямой линии.

время промера одного снимка в двух направлениях равно 10-12 сек. Стабильность шага в установившемся режиме сохраняется лучшей, чем $\pm 2,5$ мкм.

V.

Пятая глава посвящена вопросам связи сканирующего автомата с ЭВМ CDC -1604A. Логическая структура электронной аппаратуры СА позволяет работать с ЭВМ, имеющими различную логику обмена, но удовлетворяющими требованиям по быстродействию. Для согласования логики обмена СА с ЭВМ CDC -1604A разработано устройство связи, которое обеспечивает обмен данными между автоматом и ЭВМ, а также с помощью ЭВМ осуществляет проверку выполнения отдельных команд СА и контроль состояния аппаратуры автомата.

ЭВМ CDC - 1604A работает с внешними устройствами либо по буферным каналам, в которых обмен данными инициируется программой, но проводится автономно, либо по каналу прямой передачи, где обмен проводится программой через арифметическое устройство. Оптимальным вариантом связи СА с ЭВМ является связь по буферному каналу. Так, при обмене данными по каналу прямой передачи необходимо обеспечить "жесткую" синхронизацию работы ЭВМ с приемом данных от СА, используя режим прерывания. Частота появления сигнала прерывания определяется временем заполнения буферной памяти СА и составляет в среднем одно прерывание за 2-5 мсек. Обмен при этом будет проводиться фиксированным массивом в 40-60 машинных слов. Обмен по буферному каналу позволяет проводить прием данных либо без прерывания, либо с ограниченным числом прерываний основной программы, с той же средней скоростью обмена.

Далее в этой главе дается описание программы управления сканирующим автоматом. Программа управления написана на автокоде ЭВМ CDC -1604A. Она обеспечивает выполнение всех операций при работе СА и записывает данные измерения на магнитную ленту.

Для проверки правильности работы сканирующего автомата создан ряд тестовых программ, проверяющих функционирование отдельных узлов и всего автомата в целом.

Для проверки работы буферной памяти, входного и выходного регистра, суммирующего устройства и устройства связи с ЭВМ используется тестовая программа Z. Эта программа обеспечивает занесение в буферную память СА контрольных кодов и последующее их считывание в ЭВМ, где проводится анализ этих кодов. В случае несовпадения переданного и принятого кодов она указывает вид ошибки.

Программа "Анализ" предназначена для анализа данных, поступающих из буферной памяти СА в режиме сканирования. Программа выполняет следующие операции:

1. Контролирует последовательность информации, поступающей из СА. Данные с одной строки развертки поступают в виде:

$$Y_1 \dots Y_i \dots Y_{max}, X, W.$$

В случае нарушения этой последовательности указывается вид ошибки.

2. Анализирует наличие признака переполнения БП.

3. Контролирует величину Y_{max} , т.е. правильность работы Y-счётчика.

4. Выделяет коды с неопределёнными признаками и указывает их адрес в БП СА.

5. Определяет $\Delta Y = Y_i - Y_{i-1}$ и выделяет $\Delta Y < 0$ и $\Delta Y < L_p$, проверяя тем самым работу интерполирующей системы и Y-счётчика.

6. Проверяет стабильность движения кареток стола, определяя $\Delta X = X_i - X_{i-1}$.

7. Определяет количество координат на одной строке и общее количество данных, полученных со снимка.

По данным программы "Анализ" можно судить о правильности функционирования сканирующего автомата в целом, а в слу-

чае выхода из строя того или иного узла определить вид неисправности.

Основные результаты диссертации состоят в следующем:

1. Создана установка для скоростной автоматической обработки снимков с трековых камер на базе механического сканирующего устройства типа "Бегающий луч". Установка является полностью автоматизированным прибором, работающим совместно с ЭВМ. Управление всеми функциями сканирующего автомата осуществляется программным путем. Установка подобного типа в странах социалистического лагеря создана впервые.

2. Разработке сканирующего автомата предшествовал ряд работ автора по созданию установок для обмера снимков с трековых камер с ручным и автоматическим слежением по следу, а также аппаратуры, обеспечивающей связь различных установок и приборов с ЭВМ. Установки типа ПУОС в настоящее время эффективно используются во многих физических институтах СССР и других стран. В ОИЯИ на базе этих установок работает измерительный центр с производительностью более 50 тыс. событий в год. Группа полуавтоматов в этом центре подключена на линию с ЭВМ БЭСМ-4.

3. В процессе создания сканирующего автомата были проведены следующие исследования и разработки:

а) Проведены исследования по формированию сигналов с фотодатчиков оптико-механического сканирующего устройства, созданы электронные схемы, обеспечивающие дальнейшую обработку этих сигналов в дискретной форме.

б) Разработана специальная система элементов, необходимая для построения быстродействующих логических схем в отсчётном канале сканирующего автомата.

в) Предложена схема отсчётного канала, обеспечивающая при выбранном методе отсчёта максимальное быстродействие и разрешающую способность установки.

г) На основании исследований и расчетов по определению разрешающей способности в качестве буферной памяти применено быстродействующее запоминающее устройство на тонких магнитных пленках, разработана логическая схема управления этим запоминающим устройством.

д) Проведены расчеты основных погрешностей автомата, возникающих при отсчете координат. На основании этих расчетов определены требования к стабильности электронных схем и узлов оптико-механического устройства.

е) Проанализированы предельные возможности автомата при сканировании снимков с различной контрастностью и плотностью.

ж) Предложен метод определения размера сканирующего пятна по сигналам с отсчетных решеток.

з) Проведены исследования по логической структуре управления сканирующим автоматом со стороны ЭВМ. Структура построения электронной аппаратуры СА позволяет работать с ЭВМ, имеющими различную логику обмена, но удовлетворяющими требованию по быстродействию.

и) Созданы управляющая программа СА, обеспечивающая полное функционирование автомата, и ряд тестовых программ, позволяющих при помощи ЭВМ контролировать работу автомата в целом, а также его отдельных узлов.

к) Разработано устройство визуального представления данных, работающее совместно как со сканирующим автоматом, так и с ЭВМ. В качестве основного узла этого устройства используется серийный осциллограф с запоминанием.

л) Предложены электронные устройства, имитирующие работу оптико-механической части автомата и ЭВМ, что позволяет вести автономную проверку и настройку электронной аппаратуры автомата в режимах, близких к реальным.

4. Проведены испытания сканирующего автомата по определению его точностных и скоростных характеристик при измерении снимков с различных трековых камер.

Точность измерения координат равна 2,5 мкм, разрешающая способность - 30 мкм, при выбранной плотности сканирования 60 мкм время промера одного снимка размером 50 x 150 мм² в двух направлениях составляет 10-12 сек.

В марте 1970 г. сканирующий автомат сдан в эксплуатацию и передан в отдел обработки filmовой информации ЛВТА.

5. Создание сканирующего автомата и проведенные исследования открывают возможности дальнейшей автоматизации этапов обработки камерных фотографий, в частности, автоматизации просмотра.

Л и т е р а т у р а

1. В.Я. Алмазов, Ю.Г. Войтенко, В.В. Ермолаев, В.Д. Инкин, Ю.А. Каржавин, В.М. Котов, В.К. Ляпустин, М.Г. Мещеряков, А.Е. Селиванов, О. Хи Ен, И.И. Скрыль, Ю.И. Сусов, В.И. Устинов. Установка для скоростной автоматической обработки снимков с трековых камер на базе механического сканирующего устройства типа "Бегущий луч". Препринт ОИЯИ 10-4513, Дубна, 1969.
2. В.Я. Алмазов, А.С. Буров, А.А. Горяинов, В.И. Зайцев, В.Д. Инкин, Ю.А. Каржавин, М.А. Либерман, В.Д. Неустроев, В.Я. Рубцов, И.И. Скрыль, А.И. Староверов. ПТЭ, № 6, 1969, стр. 36-37.
3. В.Я. Алмазов, Ю.Г. Войтенко, В.В. Ермолаев, В.Д. Инкин, Ю.А. Каржавин, В.М. Котов, В.К. Ляпустин, М.Г. Мещеряков и др. ПТЭ №1, 1970.
4. В.Д. Инкин, Ю.А. Каржавин, В.М. Котов, В.К. Ляпустин, В.И. Устинов, Ю.И. Сусов. Отсчетный канал сканирующего автомата (СА) для измерения камерных снимков. Препринт ОИЯИ 10-4770, Дубна, 1969.

5. А.Д. Бех, Ю.Г. Войтенко, Г.П. Жариков, В.Д. Инкин, Ю.А. Каржавин, В.М. Корсунский, Г.А. Михайлов. Быстродействующее магнитоплечное запоминающее устройство сканирующего автомата для измерения камерных снимков. Препринт ОИЯИ 10-4525, Дубна, 1969.
6. В.Д. Инкин, Ю.А. Каржавин, В.К. Ляпустин, В.И. Устинов. Имитатор трековых и опорных сигналов для сканирующего автомата (СА). Препринт ОИЯИ 10-4771, Дубна 1969.
7. П. Амбро, В.Д. Инкин, В.Н. Капустина, Н.С. Мороз. Цифровая логическая схема для определения координат середины треков на фотографиях с пузырьковых камер. Препринт ОИЯИ 2056, Дубна, 1965.
8. V.A. Almazov, I.A. Golutvin, V.D. Inkin, Yu.A. Karzhavin, V.D. Neustroev, V.D. Stepanov, I.V. Chuvilo. A Device for Automatic Measurement of Chamber Photographs APS-IM. Nucl. Instr. and Meth., 20 (1963).
9. П. Амбро, В.Д. Инкин, Ю.А. Каржавин, В.Д. Неустроев, И.В. Чувило. Труды 6 конференции по ядерной радиоэлектронике. Атомиздат 1966 г., стр. 86-97.
10. В.В. Ермолаев, В.Д. Инкин, В.Н. Капустина, Ю.А. Каржавин, А.Е. Селиванов, Хон Ген Ха. Аппаратура связи группы полуавтоматов с вычислительной машиной БЭСМ-3М. Препринт ОИЯИ 10-3938, Дубна 1968.
11. А.Я. Астахов, В.В. Ермолаев, В.Д. Инкин, Г.М. Кадыков, Ю.А. Каржавин, А.Е. Селиванов, Хон Ген Ха. Система связи физической аппаратуры с вычислительной машиной БЭСМ-3М. Препринт ОИЯИ Р10-3592, Дубна 1967.
12. В.Я. Алмазов, В.В. Вальчук, И.А. Голутвин, А.С. Дворецкий, В.Д. Инкин и др. Бюллетень изобретений 1964 г. № 13, авторское свидетельство № 144036.
13. Методы и устройства преобразования графической информации. "Наукова думка", Киев, 1968.
14. Р. Позе. Материалы II Симпозиума по ядерной электронике. Дубна, 10-14 ноября 1964 г., Препринт ОИЯИ 2205, Дубна, 1964.

15. K. Flebo-Hansen, A. Fucci, C. Mazzari. CERN DD/DA/68/10.
16. P.V. Hough, B.W. Powell. Nuovo Cimento XVIII 1184 (1960).
17. Jon. D. Stedman. Spiral Reader Control and Data Acquisition with PDP-4, LRL, Berkely, California 1965.
18. O.R. Frisch, G.S.B. Street and D.J.M. Davies. Sweepnik, a Fast Track-Following and Measuring Machine. Processing of the International Symposium on Nuclear Electr. Paris, 1968.
19. G.R. Macleod, Nuclear Instruments and Methods 20, (1963).
20. H. Anders, T. Lingiaerde, D. Wiskott. Proceeding on the International Symposium on Nuclear Electronics, Paris, 1963, P.P. 349-356.
21. В.Ф. Борисовский, А.С. Буров, Н.Д. Дикусар, В.В. Ермолаев и др. Препринт ОИЯИ Р-2057, Дубна 1965.
22. L. Pless, L. Rosenson et al. XII Международная конференция по физике высоких энергий, Дубна, 1964.
23. R. Barr, R. Clark, D. Hodges et al. ANL/HEP 6806 1968.
24. И.А. Голутвин, В.Д. Инкин, Ю.А. Каржавин и др. ПТЭ № 1, 1964.
25. И.А. Голутвин, Ю.В. Заневский, В.Д. Инкин. Прибор для измерения ионизирующей способности заряженных частиц. Препринт ОИЯИ 1276, Дубна, 1963.
26. В.Я. Алмазов, А.С. Буров, А.А. Горяинов, В.И. Зайцев, Ю.А. Каржавин и др. Препринт ОИЯИ 10-4172, Дубна 1968.
27. F. Marciano CERN DD/DA/65/18 1965.
28. Е.Л. Орловский. Теоретические основы фототелеграфирования. Связьиздат, 1957.
29. А.П. Цитович. Ядерная радиоэлектроника ч. 1, МИФИ, Москва 1964.
30. Г.Р. Иваницкий, Л.Л. Литинская, В.Л. Шихматова. Автоматический анализ микрообъектов. Изд. "Энергия", 1967.

31. Н.О. Чечик, С.М. Файнштейн, Т.М. Лифшиц. Электронные умножители, Москва, ГИТТЛ, 1957.
32. Общее описание ЭВМ CDC -1604A. Перевод с английского, Дубна, 1968.
33. R.L. Block, Ph. Briandet, J. Goldberg. Le mini-IEP. Laboratoire de Physique de l'Ecole Polytechnique, Paris, 1969.

Рукопись поступила в издательский отдел
16 апреля 1970 года.