

7939

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



Экз. чит. зала

10 - 7939

В.М.Котов, Г.Н.Буланова, В.Г.Васильев,
К.Ваттенбах, В.И.Зайцев, В.М.Живаев,
Ю.А.Каржавин, З.М.Косарева, Л.А.Кулюкина,
Р.Х.Кутуев, А.И.Кушулун, В.Н.Лысяков,
Л.Ш.Маркозашвили, М.Г.Мещеряков,
Г.А.Ососков, О Хи Ен, Р.Позе, М.Понятовский,
А.Е.Селиванов, И.И.Скрыль, В.И.Устинов, Г.Шуманн

СПИРАЛЬНЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ
ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ И РЕЗУЛЬТАТЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
ТОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

1974

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ
ТЕХНИКИ И АВТОМАТИЗАЦИИ

10 - 7939

В.М.Котов, Г.Н.Буланова, В.Г.Васильев,
К.Ваттенбах, В.И.Зайцев, В.М.Живаев,
Ю.А.Каржавин, З.М.Косарева, Л.А.Кулюкина,
Р.Х.Кутуев, А.И.Кушулун, В.Н.Лысяков,
Л.Ш.Маркозашвили, М.Г.Мещеряков,
Г.А.Ососков, О Хи Ен, Р.Позе, М.Понятовский,
А.Е.Селиванов, И.И.Скрыль, В.И.Устинов, Г.Шуманн

**СПИРАЛЬНЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ
ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ И РЕЗУЛЬТАТЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
ТОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК**

Направлено в ПТЭ

**Научно-техническая
библиотека
ОИЯИ**

ВВЕДЕНИЕ

"Спиральный измеритель" (СИ) предназначен для сканирования событий на снимках с пузырьковых камер. Принцип спирального сканирования камерных снимков, предложенный Альваресом в 1958 году, основан на той особенности элементарных взаимодействий, что следы заряженных частиц, участвующих в данном взаимодействии, выходят в радиальном направлении из одной общей точки - вершины события /1/. Процесс спирального сканирования начинается с вершины и выполняется с постоянной угловой скоростью; шаг спирали переменный изменяется от 0,24 мм в начале развертки до 2 мм - в конце. Сканирующая щель, размерами 0,24 x 0,02 мм² (приведенные в плоскость пленки), ориентирована строго по радиусу спирали. Поэтому в процессе самого сканирования сильно уменьшаются амплитуды сигналов от следов частиц, не выходящих из вершины промеряемого события, в результате чего осуществляется некоторая предварительная фильтрация данных.

В процессе сканирования определяются значения полярных координат R, θ точек пересечения следов щелью. Эти значения, найденные на нескольких стереопроекциях, используются в дальнейшем для пространственного восстановления события.

Управление последовательностью работы всей аппаратуры СИ, а также измерение и накопление данных во время сканирования осуществляется при помощи ЭВМ, однако совмещение вершины события с началом развертки, а также измерение координат "особых точек" на следах производится оператором. Запроектированная производительность СИ в режиме автоматического измерения координат реперных крестов составляет 60-70 событий в час. Общий вид установки показан на рис.1,2.

1. Общее описание спирального измерителя

Исходные технические условия и необходимые точностные характеристики основных узлов СИ приведены в работе /2/ и соответствуют характеристикам аналогичных устройств, разработанных в Беркли, Стенфорде и ЦЕРНе /3,4,5/.

Оптико-механическая аппаратура СИ, схема которой приведена на рис.3, состоит из следующих основных устройств:

- Измерительный стол (I2), который может перемещаться по направлению координатных осей X,Y. Величина рабочих перемещений кареток равна 230 и 80 мм, соответственно.

- Фильмопротяжное устройство (I0), имеющее четыре отдельных фильмопротяжных механизма для одновременной установки четырех рулонов пленки шириной 50, 70 или 80 мм и длиной до 300 м. В момент измерения в фильмовом канале (7) измерительного стола фиксируется только одна пленка, остальные в это время находятся в натянутом состоянии.

- Устройство получения спиральной развертки - перископ (9), вращающийся с угловой скоростью 600 об/мин; максимальный радиус сканирования в плоскости пленки составляет 55 мм.

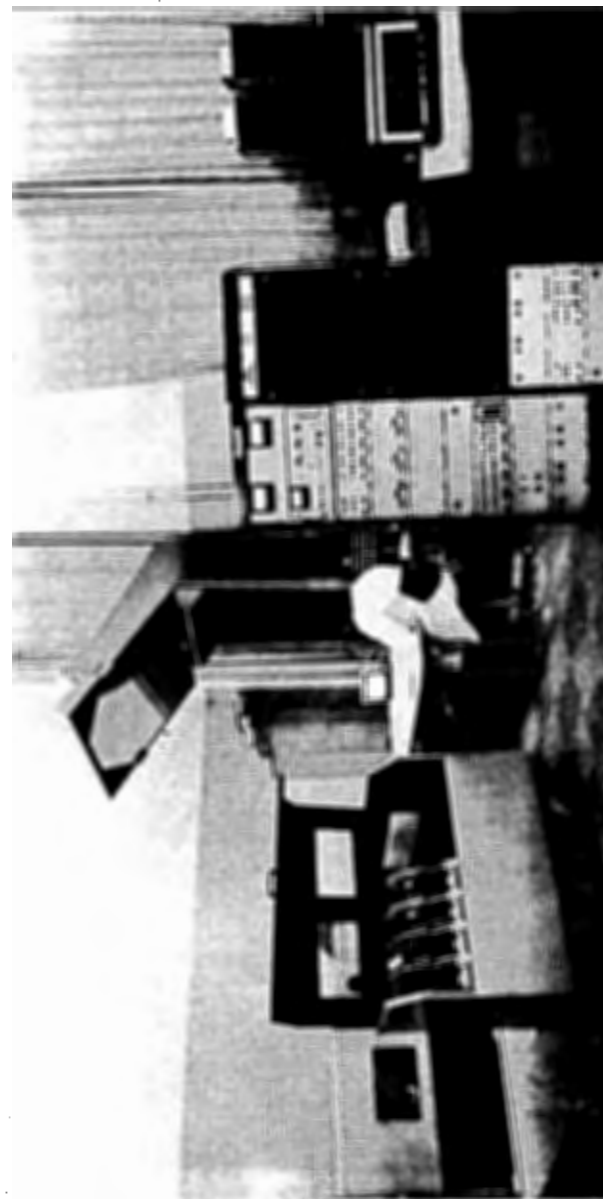


Рис.1. Общий вид "Спирального измерителя".

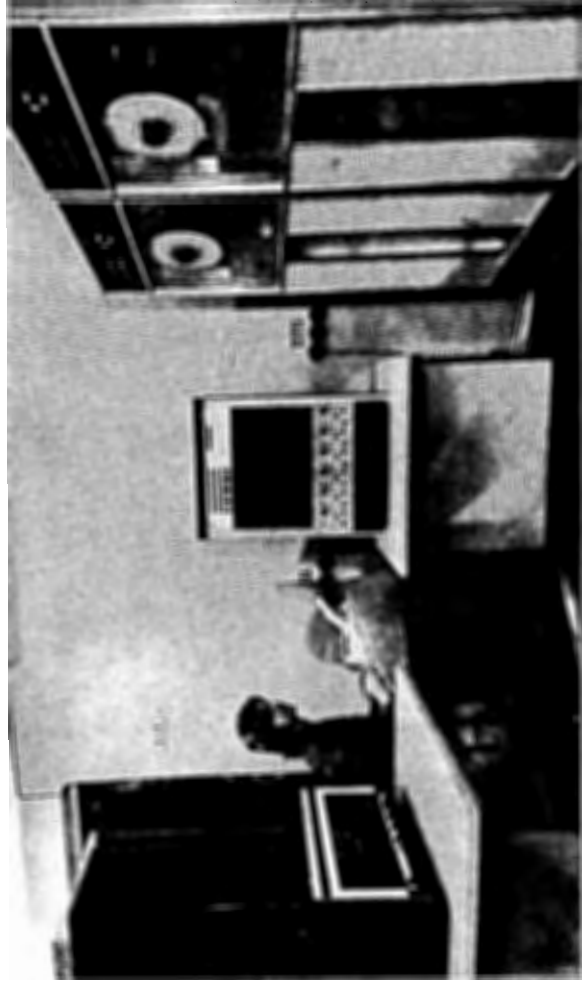


Рис. 2. Общий вид управляющей ЭВМ и магнитофонов ЕС-501Г

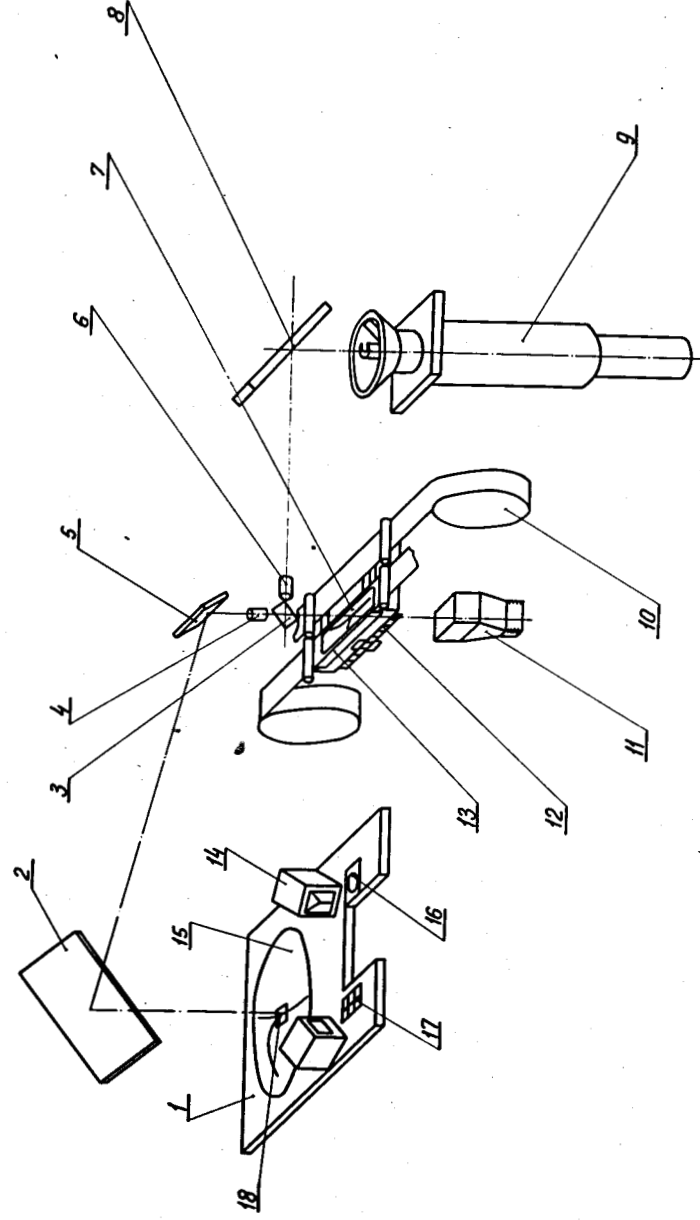


Рис. 3. Схема оптико-механической части СИ .

- Стол оператора (I) (увеличение изображения в 10 раз) с телевизионным экраном (I4), на котором изображение центральной области сканирования приводится с 200-кратным увеличением.

- Проекционная система (2-6.8), передающая изображение измеряемого снимка одновременно на плоскость стола оператора и на устройство получения спиральной развертки - перископ.

Электронные устройства СИ состоят из:

- Логических электронных схем, собранных на микросхемах с использованием двухстороннего печатного монтажа /6/.

- Усилителей сервоприводов электродвигателей и источников питания.

- Пульта двухсторонней связи.

- Управляющей ЭВМ с аппаратурой ввода-вывода.

Последовательность операций при измерении снимков на СИ задается программой управления, функциональная схема которой приведена на рис.4. Начальные данные (номер снимка, содержащего нужное событие, номера проекций, значения координат вершин событий, их топология и т.д.) определяются при предварительном просмотре. Эта информация используется программой управления для поиска нужного кадра и перемещения измерительного стола в зону расположения реперных крестов на снимке. Функции оператора при измерении координат реперных крестов сводятся к точному совмещению их изображения с меткой на экране телевизора. Координаты особых точек на следах в случае необходимости измеряются таким же образом.

Процесс спирального сканирования начинается после совмещения оператором вершины события с меткой на телевизионном экране. Совместное функционирование всей аппаратуры СИ в процессе измерения, а также накопление данных сканирования на магнитной ленте осу-

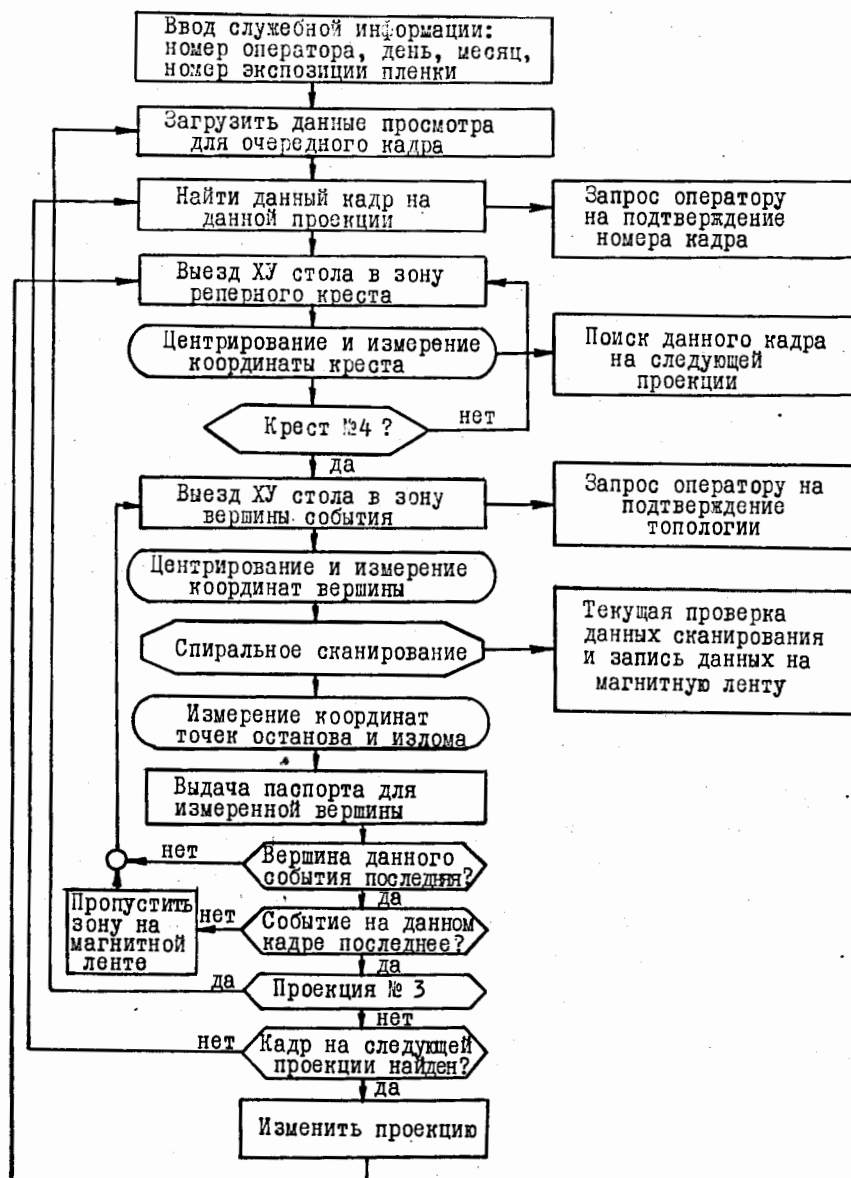


Рис.4. Функциональная схема программы управления СИ.

ществляется при помощи программ управления. Формат выходных данных подробно описан ранее /7/.

Дальнейшая обработка полученной информации производится на БЭСМ-6. При этом используются:

- Программа "ФИЛЬТР" /8/, при помощи которой точки на следах измеряемого события отделяются от точек пересечения сканирующей щели с посторонними следами, а также от фоновых точек.

- Программы геометрической реконструкции и кинематической идентификации событий /9,10/.

Периодически, не реже одного раза в неделю, производится калибровка СИ путем сканирования специальной тестовой пластины. Результаты этих измерений обрабатываются на БЭСМ-6 по программе "КАЛИБР" /11/. При этом определяются параметры преобразования координат из полярной системы R, θ в прямоугольную X, Y с учетом искажений в оптико-механической аппаратуре СИ.

2. Описание электронной аппаратуры СИ

Включение в состав сканирующей системы управляющей ЭВМ позволило упростить электронные устройства, передав значительную часть их функций вычислительной машине, повысить надежность и упростить эксплуатацию системы в целом. Для максимального использования ресурсов управляющей ЭВМ была разработана и включена в состав электронной аппаратуры СИ развитая система мультиплексорных каналов, благодаря чему появилась возможность проведения тестовых проверок аппаратуры с детальной диагностикой возможных неисправностей.

2.1. Структура электронных устройств СИ

Основные особенности электронных устройств заключаются в следующем:

- Связь всех блоков с ЭВМ стандартизована при помощи системы статус-командных регистров, показания которых могут легко передаваться в ЭВМ или из ЭВМ.

- В качестве счетчиков положения измерительного стола, перископа и т.д. используются ячейки МОЗУ ЭВМ, работающие в режиме "Увеличения памяти".

- Система приоритетов в обслуживании прерываний обеспечивает работу отдельных устройств в режиме разделения времени.

- Управление всеми движущимися блоками СИ может осуществляться как под контролем ЭВМ, так и в ручном режиме.

На рис.5 приведена структурная схема электронной аппаратуры СИ, которая состоит из трех основных частей:

- Управляющая ЭВМ и аппаратура ввода-вывода.

- Электронные устройства управления СИ и логические схемы сопряжения с ЭВМ.

- Устройства отсчета и обработки данных.

Ниже приводится краткое описание перечисленных устройств.

2.1.1. ЭВМ и аппаратура ввода-вывода

Управляющая ЭВМ, входящая в состав спирального измерителя, имеет оперативную память объемом 8К с циклом обращения 2 мксек, длиной слова в 12 разрядов и одним уровнем программного прерывания. Канал прямого доступа в оперативную память обеспечивает возможность работы в одноцикловом режиме со скоростью 2 мксек на одно слово, в

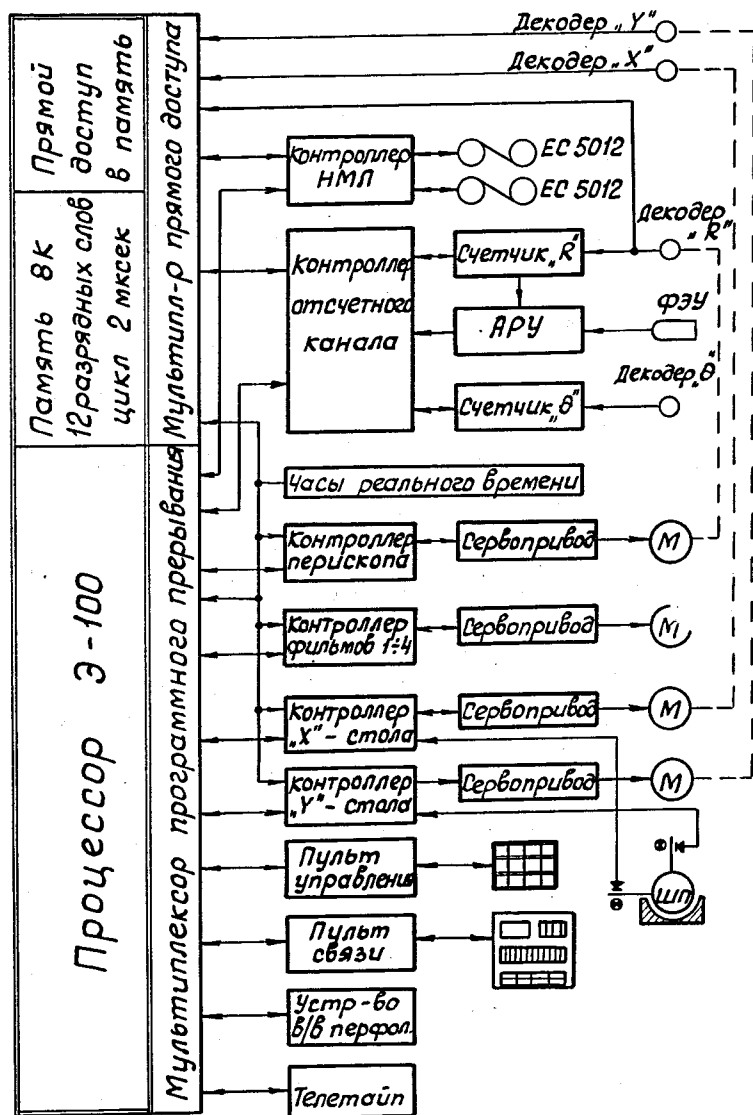


Рис. 5. Структурная схема электронной аппаратуры СИ.

трёхцикловом режиме (6 мксек на одно слово), а также в режиме увеличения содержимого ячейки памяти с циклом 2 мксек. Внешнее оборудование ЭВМ состоит из телетайпа АSR-33, перфоратора ПЛ-150, читающего устройства СП-3 и часов реального времени с разрешением 1/50 сек. Имеется также контроллер для двух девятидорожечных магнитофонов ЕС-5012Р, обеспечивающий возможность производить запись и считывание информации, с поперечным и продольным контролем по чётности, а также генерировать и определять конец зоны массива.

2.1.2. Электронные устройства управления и логические схемы сопряжения

Перископ, измерительный стол X, Y, а также четыре фильмопротяжных механизма снабжены идентичными схемами контроля и сопряжения. Ручной режим управления осуществляется при помощи кнопок, расположенных на соответствующих блоках усилителей сервоприводов. Для ручного управления перемещения измерительного стола X, Y оператор использует специальное устройство "шар перемещения". ЭВМ управляет скоростью перемещения стола через 5-разрядный регистр, 4 разряда которого используются для задания 16 градаций скорости и один разряд — для направления движения. В качестве двигателей сервоприводов используются в перископе — двигатель FM 87/40; в измерительном столе — двигатель с печатным ротором типа ЧЭМ4 и двигатель типа Д-38. В каждом ведущем ролике фильмопротяжного устройства используются двигатели ДПМ-35.

Любой контроллер имеет 5 уровней запроса и обслуживания в мультиплексоре программного прерывания. Сигналы запроса возникают при срабатывании концевых выключателей, при поступлении сигнала опорной метки и импульса переполнения 12-ти младших разрядов счёт-

чика положения, при поступлении сигнала прерывания с часов реального времени, а также при поступлении сигнала переполнения еще одного двоичного счетчика, используемого для управления перемещением измерительных кареток. Счетчики положения этих контроллеров размещаются на нулевой странице памяти ЭВМ.

Отсчет значений X,Y – координат осуществляется при помощи двух преобразователей линейных перемещений на дифракционных решетках фирмы Heidenhain (ценой отсчета 2 мкм). Отсчет линейной координаты производится при помощи датчика угол-код фирмы VEB Carl Zeiss Jena с ценой отсчета 1,86 мкм.

Управление работой фильмопротяжных механизмов осуществляется блоком сервопривода электродвигателей, каждый из которых имеет статусный регистр и фотодатчик для считывания специальных меток, нанесенных на камерные снимки при фотографировании. В качестве счетчиков кадров в фильмопротяжных механизмах также используются ячейки МОЗУ ЭВМ, работающие в режиме "Увеличения памяти".

Контроль за работой всей системы СИ осуществляется оператором при помощи десятикнопочного пульта управления, имеющего один уровень прерывания. Для двусторонней связи оператора с ЭВМ служит пульт, имеющий 16 кнопок, 12 десятипозиционных переключателей, 5 цифровых десятичных табло, а также два световых табло для выдачи из ЭВМ сообщений оператору. Этот пульт тоже имеет один уровень прерывания.

Мультиплексор программного прерывания (МПП) обеспечивает запоминание сигналов запроса на обслуживание прерываний от внешних устройств и посылает сигнал прерывания в ЭВМ. В ответ на обращение вычислительной машины МПП осуществляет выбор запроса, имеющего высший приоритет в данный момент времени. Запрос представляется в дво-

ичном коде, передается в сумматор ЭВМ и служит стартовым адресом подпрограммы обслуживания выбранного запроса. МПП имеет пятьдесят уровней приоритетов на обслуживание прерываний.

Назначение мультиплексора прямого доступа (МЦД) в оперативную память ЭВМ – принимать запросы от пятнадцати внешних устройств, функционирующих в режиме разделения времени. При поступлении запроса в нем генерируются необходимые сигналы, соответствующие всем возможным режимам работы канала прямого доступа в оперативную память.

2.1.3. Устройство считывания и обработки данных

Информация, получаемая в результате сканирования камерных снимков, может быть искажена вследствие наличия на них разного рода бликов. Помехой может также явиться переменная контрастность снимков из-за неравномерного освещения камеры при фотографировании. Кроме того, следует считаться с возможным наличием дисторсий в оптическом канале измерительного устройства.

Для того, чтобы обеспечить получение на СИ неискаженной цифровой информации о событии, были разработаны и использованы в системе СИ специальные устройства автоматической регулировки усиления (АРУ). Кроме того, были также разработаны логические схемы дискриминации, входящие в состав блока обработки трекового сигнала. Устройства АРУ, а также устройства определения середины видеоимпульса трека, разработанные в ОИЯИ /12/, имеют разрешающую способность (с учетом записи данных измерения в ЭВМ) порядка 12–14 мксек; амплитуда видеоимпульса может быть определена с точностью $\pm 10\%$. Для записи считанных значений полярных координат R, θ каждой регистрируемой точке требуется 3 слова в памяти управляющей ЭВМ /7/.

Логика построения схем отсчётного канала отличается от структуры остальных электронных устройств СИ большой автономностью. Это обусловлено тем, что процессы, происходящие в отсечном канале, требуют более высокого быстродействия в обслуживании, чем тактовая частота ЭВМ.

3. Программы управления

Программное обеспечение управлением СИ включает в себя следующие два основных блока:

- Операционную систему (ОС), представляющую собой совокупность функциональных алгоритмов и программ, реализующих конкретную логику управления СИ и обработку полученной информации в процессе сканирования.

- Средства автоматизации программирования, включающие в себя как собственно машинно-ориентированный символический язык программирования для данной управляющей ЭВМ, так и систему редактирования и отладки программ.

Возможности первого блока программного обеспечения - операционной системы - очень сильно зависят от типа управляющей ЭВМ, её конфигурации, а также от структуры электронных устройств спирального измерителя. Выбор типа управляющей ЭВМ, в свою очередь, определяет состав второй части программного обеспечения, а именно машинно-ориентированного входного языка и систем отладки программ.

Кроме того, несмотря на такую сильную машинную ориентацию, операционная система должна также обладать в известной мере универсальными свойствами и обеспечивать определенную гибкость управления системой СИ в целом. "Гибкость" программ в терминах программирования предполагает существование простого способа изменения возмож-

ностей программ за счет добавления или исключения отдельных подпрограмм. Это означает, что программа должна обладать свойствами монитора, который отвечает на запросы оператора и имеет отдельные подпрограммы для обслуживания этих запросов.

Особенностями структуры операционной системы СИ является:

- Широкое использование прерываний, что обусловлено большим различием времен реакции механических устройств СИ и отзыва ЭВМ.

- Возможность задания оператором последовательности обработки с пульта управления с учетом данных просмотра. Пульт связи используется только в случае необходимости изменить последовательность операций или вмешаться в процесс обработки.

- Широкое использование прерываний по часам, особенно для контроля выполнения внешними устройствами команд управления.

- Обслуживание прерываний, которое требует больших вычислений, выполняется с программным приоритетом. При этом освобождается канал прерываний для обслуживания запросов прерывания, поступающих аппаратно от других устройств.

- Наличие программы управления, обеспечивающей выполнение нескольких работ в соответствии с их программным приоритетом.

- Максимальное использование одинаковых подпрограмм обслуживания сигналов прерываний от устройств с аналогичной структурой.

При работе СИ одновременно с выполнением функциональных алгоритмов производится в реальном масштабе времени съем информации с отсечных систем. Скорость поступления данных измерения имеет статистический характер распределения во времени, что требует включения в операционную систему программ диспетчеризации обслуживания заявок от электронных устройств. Учитывая различные временные характеристики обслуживания заявок и допустимые потери

информации, связанные с задержками в обслуживании, диспетчеризация осуществляется по дисциплине обслуживания с абсолютными приоритетами, которые допускают прерывание низшего приоритета при поступлении заявок с более высоким приоритетом, а обслуживание равноприоритетных заявок производится в порядке их поступления.

В соответствии с этими требованиями операционная система включает в себя следующие основные функциональные группы программ:

- Программа-диспетчер, которая обеспечивает заданную дисциплину обслуживания заявок.
- Набор программ обслуживания прерываний от электронных устройств СИ, вызов которых осуществляется аппаратно через резидент мультиплексора программного прерывания.

- Библиотека подпрограмм, выполнение которых и обеспечивает собственно функционирование системы СИ.

Для реализации такой структуры операционной системы потребовалось использование средств автоматизации программирования, а также программ редактирования и настройки.

В качестве символического языка был использован машинно-ориентированный ассемблер SABR фирмы DEC для ЭВМ PDP8. В связи с тем, что ассемблер SABR входит в качество второго прохода в алгоритмический язык FORTRAN BK, при написании программ в SABR была использована библиотека стандартных программ.

Размещение всего комплекса программ управления потребовало объема оперативной памяти ЭВМ не менее 8К. Диспетчер операционной системы, резидент и все программы обслуживания прерываний загружаются в нулевой куб памяти. Программы, выполняемые диспетчером, составляют библиотеку обслуживающих программ и представляют собой, как правило, внешние подпрограммы, которые имеют точку

входа ENTRY и поэтому могут транслироваться отдельно. Такая возможность, представляемая пользователю ассемблером SABR, наряду с передачей фактических параметров и "COMMON" средствами, позволяет легко адаптировать программу управления для конкретной задачи.

В состав программ управления входит также система тестовых программ, позволяющих в настоящее время локализовать ошибку в пределах отдельного контроллера.

4. Программы обработки результатов сканирования на БЭСМ-6

Помимо управляющих программ в математическое обеспечение СИ входят также программы ФИЛЬТР /8/ и КАЛИБР /II/.

Первая из них предназначена для выделения информации об исследуемом событии из результатов сканирования; вторая - для внесения поправок, учитывающих наличие возможных искажений в оптико-механических устройствах СИ. Обе программы написаны на ФОРТРАНе.

4.1. Программа фильтрации

Обработка результатов спирального сканирования по программе ФИЛЬТР производится в два этапа. На первом из них происходит опознавание кандидатов в треки по результатам отсчетов, полученных в первых 10-15 витках спирали, когда фильтрующее действие щели наиболее значительно.

Опознавание ведётся методом гистограммирования, при котором область плоскости (R, θ) , где обнаруживается трек, разбивается на ряд коридоров, имеющих последовательные наклоны, расположенные

веером между двумя экспериментальными значениями, соответствующими минимальному в данном эксперименте радиусу кривизны треков заряженных частиц. Если количество точек, попадающих в какой-то интервал гистограммы, больше половины числа витков спирали, покрывающих область гистограммирования, то по ним конструируется трек-кандидат. В существующем варианте программ фильтрации ширина интервала гистограммирования принята равной $2\pi \cdot b$, - таким образом, веер пятнадцати возможных направлений исходит из 128 позиций, которые могут содержать треки. При этом за счет перекрытия соседних гистограмм и направлений неизбежно появляются "лишние" треки, которые затем исключаются специальной программой. Гистограммирование выполняется также в районе точек излома или концов треков, а также вблизи "особых точек", около которых не оказалось подходящих треков-кандидатов.

Следующий этап фильтрации - подгонка найденных точек треков методом наименьших квадратов к уравнению трека в R, θ - коор на- тах:

$$\theta = \theta_0 + \alpha R + \beta R^{-1} + \gamma R^3,$$

(I)

где α, β, γ - параметры кривой, аппроксимирующей трек. Прогнозирование осуществляется совместным решением уравнения (I) и уравнения спирали, причем на каждом этапе подгонки осуществляется выброс точек, отстоящих от вычисленной кривой более, чем на утроенную величину среднеквадратичного отклонения. По окончании прослеживания полученные точки группируются с целью получения массива "мастер-точек" путем усреднения координат отобранных точек. Затем координаты "мастер-точек" преобразуются из полярной в декартову систему. Результаты работы программы ФИЛЬТР, записанные на магнитную ленту, содержат значения декартовых координат "мастер-точек" измеренных

событий, а также константы и другие данные, необходимые для обработки результатов сканирования по программам геометрической реконструкции.

4.2. Программа калибровки

Необходимость калибровочной программы предопределяется использованием двух различных систем координат:

а) декартовой - для измерения X, Y - координат вершин событий, реперных крестов и "особых точек";

б) полярной - для измерения координат точек на следах события.

Калибровка СИ производится при помощи специальной пластины, на которой особым образом с высокой степенью точности нанесены кресты. В XU системе СИ измеряются координаты нескольких крестов по результатам этих измерений и вычисляются коэффициенты преобразования от XU -системы координат калибровочной пластины в XU -систему СИ. После этого пластина сканируется обычным образом, начиная с центрального креста, как вершина, затем по данным сканирования вычисляются полярные координаты центров крестов (R_c, θ_c). Полученные массивы декартовых и полярных координат центров крестов используются для того, чтобы методом наименьших квадратов найти коэффициенты преобразования $R, \theta_{CU} \rightarrow XY_{CU}$

$$X_{CU} = M_R (R - R_0) \cos [M_\theta (\theta - \theta_0)] + \Delta X \quad (2)$$

$$Y_{CU} = M_R (R - R_0) \sin [M_\theta (\theta - \theta_0)] + \Delta Y,$$

где R_0 и θ_0 - значения полярных координат начала спиральной развертки. M_r и M_θ - масштабные коэффициенты. Поправочные члены ΔX и ΔY вводятся в (2) для того, чтобы учесть систематические ошибки, возникающие из-за наличия искажений в оптико-механических

устройствах. Распределение по всему полю сканирования ошибок, найденных в каждом узле решетки — центре креста, позволяет вычислить с помощью двумерной интерполяции значения R_c и θ_c как функции координат.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Все работы по настройке и комплексному запуску СИ были завершены к середине 1973 года. Чтобы определить точностные характеристики СИ, параллельно на этой установке и на полуавтоматических измерительных микроскопах ПУОС было проведено измерение около 1000 актов DP-взаимодействий, зарегистрированных в однометровой жидководородной камере при импульсе дейтронов 3,3 Гэв/с *). Типичная картина выдачи на широкую печать результатов сканирования на СИ этих снимков приведена на рис.6, а на рис.7 показаны гистограммы распределения отклонений измеренных значений координат следов события от восстановленного по этим точкам в плоскости пленки методом наименьших квадратов пучковых и вторичных треков событий.

На рис.8 приведены гистограммы разброса измеренных значений координат крестов в плоскости пленки.

Из приведенных результатов видно, что достигнутая средняя точность измерения при помощи СИ координат точек на следах составляет порядка 3–4 мкм в плоскости пленки, что не отличается от точности измерений, достигнутой на аналогичных зарубежных измерительных устройствах.

*) Этот эксперимент будет описан в другом сообщении.

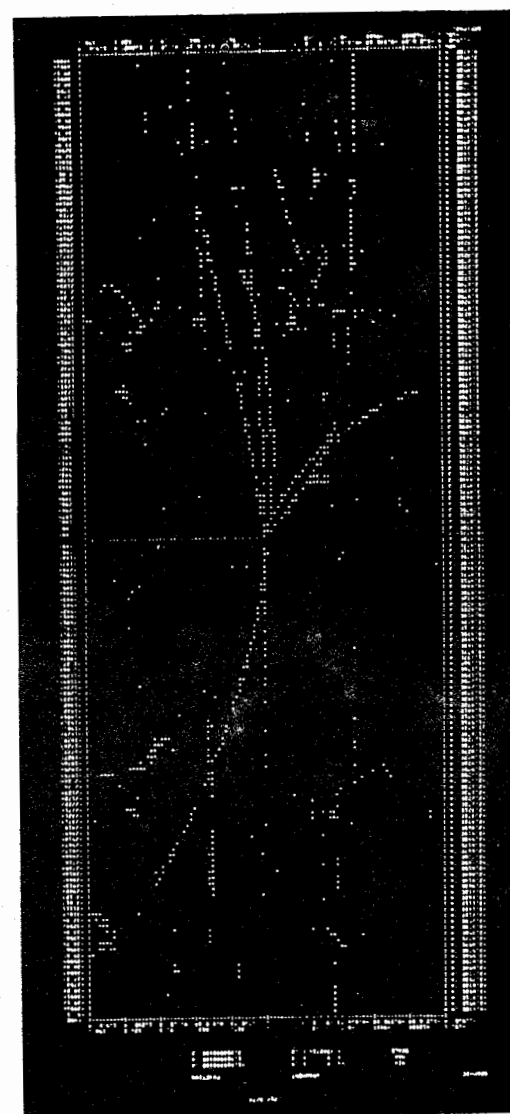


Рис.6.

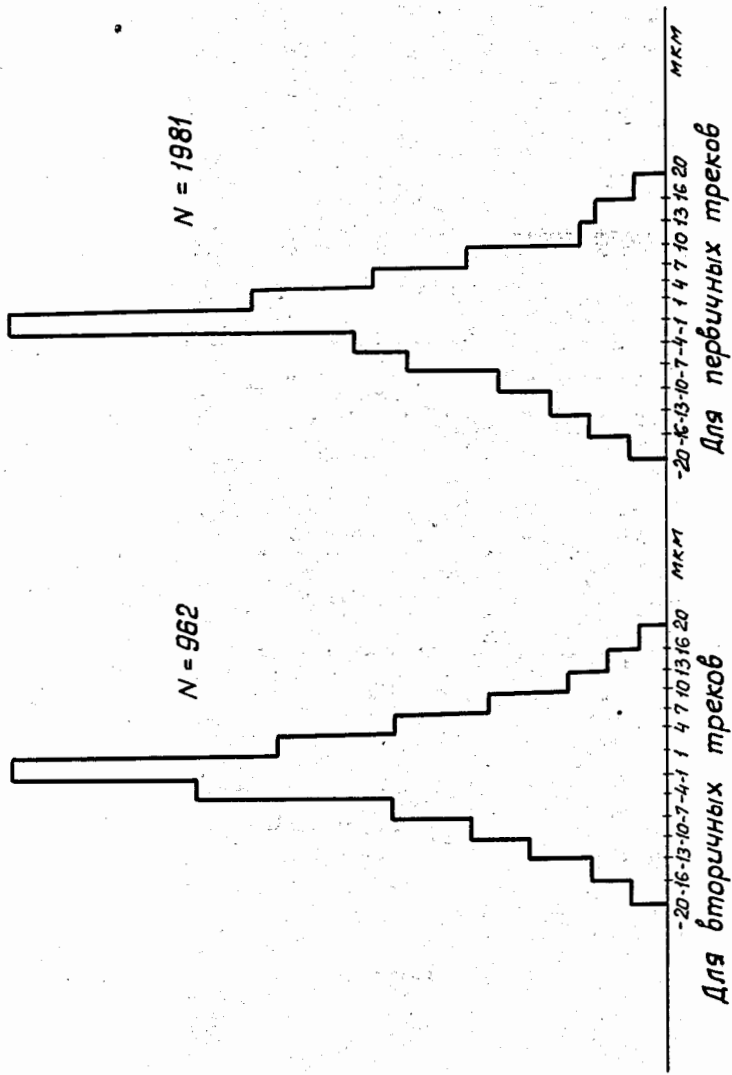
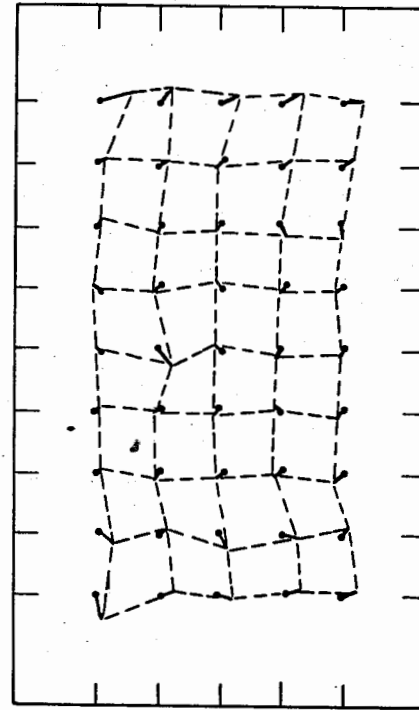


Рис. 7. Разброс измеренных угловых координат точек треков, полученных при сканировании банни на СИ от фритурованной траектории трека в плоскости пленки.



1 мм = 2 мкм

Рис. 8. Карта поправок СИ ОУЯЦ.

Создание измерительного комплекса СИ потребовало многолетнего труда большого коллектива сотрудников ЛВТА ОИЯИ, а также сотрудников других институтов и организаций Советского Союза и стран-участниц ОИЯИ.

Особенно значительный вклад в эти работы внесли: В.И.Биршков, А.В.Беляев, Н.П.Бовин, М.В.Зайцев, Л.Е.Зарубина, А.А.Казаков, В.П.Карпова, В.Е.Комолова, Е.К.Копылова, Р.П.Курятникова, М.И.Лукьянов, С.Н.Осипов, В.В.Павлова, Н.И.Родд, А.П.Суслов, А.И.Токарь, Т.А.Филимонова, Й.Эссенски, В.И.Шишов, А.М.Хожлова, В.А.Ямницкий.

Авторы выражают также признательность Д.Ллойд (Беркли) Д.Трембли (ЦЕРН), а также Г.Брендону, Л.Занелло, Е.Арнестранду, Ф.Гавийе и другим сотрудникам группы "Spiral Reader" (ЦЕРН) за полезные дискуссии и помощь в обсуждении проблем, связанных с разработкой "Спирального измерителя".

Авторы выражают благодарность В.В.Глаголеву, Ю.И.Сусову, В.Г.Иванову, Н.А.Буздавиной, А.Г.Зайкиной за полезные обсуждения первых результатов измерений на "СИ".

ЛИТЕРАТУРА

1. L.W.Alvarez: Round Table Discussions on Bubble Chambers. Proceedings 1966 Conference on Instrumentation to High Energy Physics.
2. А.Я.Астахов и др. Сообщение ОИЯИ, Р10-4943, Дубна, 1970.
3. G.V.Butler: Spiral Reader Electronics - Description and Specifications. UCID-2842. 101.10.1966.
4. J.C.Gouach, J.Trembley: The L.S.D. - Project CERN/D.Ph.I.I./Instr. 68-2. 14.8.1968.
5. Michael J.C.Hu. SLAC Spiral Reader SLAC Reprt No. 111.1970.
6. А.Я.Астахов, Г.Н.Буланова и др. ОИЯИ, II-584I, 1971 г.
7. А.В.Беляев и др. Сообщение ОИЯИ, IO-7429, Дубна, 1973.
8. З.М.Косарева и др. Сообщение ОИЯИ, IO-5574, Дубна, 1973.
9. Буздавина Н.А., В.Г.Иванов. Сообщение ОИЯИ, IO-II9I, Дубна, 1973.
10. А.Г.Зайкина, А.Ф.Лукьянцев. Сообщение ОИЯИ, II-5965, Дубна, 1971.
11. В.Е.Комолова, Г.А.Ососков. Сообщение ОИЯИ, IO-643I, Дубна, 1972.
12. Small Computer Handbook DEC Edition 1967, 1969.
13. К.Ваттенбах и др. Сообщение ОИЯИ, IO-76I7, Дубна, 1973.
14. European Spiral Reader Symposium. CERN 72-16, 1972.

Рукопись поступила в издательский отдел
13 мая 1974 года.