

7/159306
Б-90

23/111

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



2420/2-73

10 - 7193

Н.А. Буздавина, И.М. Василевский, Н.Н. Говорун,
Л. Дорж, А.Г. Заикина, В.Г. Иванов, А.Ф. Лукьянцев

ПРОГРАММА РЕКОНСТРУКЦИИ И ИДЕНТИФИКАЦИИ
СОБЫТИЙ, РЕГИСТРИРУЕМЫХ В ПЯТИМЕТРОВЫМ
МАГНИТНОМ ИСКРОВОМ СПЕКТРОМЕТРЕ

1973

**ЛАБОРАТОРИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ
ТЕХНИКИ И АВТОМАТИЗАЦИИ**

10 - 7193

Н.А. Буздавина, И.М. Василевский, Н.Н. Говорун,
Л. Дорж, А.Г. Заикина, В.Г. Иванов, А.Ф. Лукьянцев

ПРОГРАММА РЕКОНСТРУКЦИИ И ИДЕНТИФИКАЦИИ
СОБЫТИЙ, РЕГИСТРИРУЕМЫХ В ПЯТИМЕТРОВЫМ
МАГНИТНОМ ИСКРОВОМ СПЕКТРОМЕТРЕ

Программа SPARKS предназначена для восстановления пространственной картины событий, регистрируемых с помощью пятиметрового магнитного искрового спектрометра (МИС-5)^{/1/}, вычисления параметров треков события в точке взаимодействия и кинематической идентификации событий.

Она написана на алгоритмическом языке ФОРТРАН для ЭВМ БЭСМ-6 и разделена на отдельные секции, из которых с помощью специальной программы^{/2/} можно собирать требуемые версии программы, вносить изменения в имеющиеся подпрограммы и процедуры вычислений или заменять их новыми и т.д.

§ I. Исходные данные для реконструкции и идентификации событий

Исходными данными для реконструкции и идентификации событий, регистрируемых в МИС-5, являются координаты изображений реперных точек и треков, снабженные соответствующими метками и необходимой служебной информацией, а также данные о пучковом треке, образовавшем анализируемое событие.

Результаты обмера стереоснимков события записываются на магнитную ленту в формате, указанном в таблице I. Первое слово массива - его идентификатор VAMP, за которым следует заголовок события и результаты обмера его элементов на стереоснимках. Эта информация записывается на магнитную ленту магнитофона СДС-608 в виде двоичных, двоично-десятичных и восьмеричных чисел в соответствии с принятым в ОИЯИ форматом^{/3/}. Массивы данных располагаются на магнитной ленте последовательно один за другим. После признака конца последнего записанного на ленту события должен следовать признак конца файла (END FILE). Обмер стереоснимков первое время предполагается производить с помощью полувтоматической измерительной системы^{/4/}, а затем на сканирующем автомате типа НРД^{/5/}.

Для уточнения значений параметров пучковых треков в канале частиц установлено восемь проволочных искровых камер. Информация с этих камер будет записываться на магнитную ленту на малой ЭВМ. В дальнейшем предполагается эту информацию также выводить на лампы регистры служебной информации и регистрировать на фотопленку вместе с картиной, наблюдаемой в искровых камерах.

Таблица I

Номер слова в массиве	Номера разрядов				Примечание
	36	30	24	18 12 6	
1	Идентификатор массива				
2	номер события				
3	Длина события				номер параметра
4	номер эксперимента				
5	шифр оператора	номер полуавтомата	дате измерения		номер эксперимента
			день	месяц	
6	число реперов	число вершин	число треков		
7	число банков пучковых треков				
8 - 10	P e z e r v				N - длина банка пучка
11 - N	Банки пучковых треков				
N + 1	NV				MV - номер снимка
N + 2	Координаты первого репера снимка				
N + NI	Координаты последнего репера снимка				NI - число реперов
	нулевое слово				Признак конца реперов
	нулевое слово				
	координаты измеренных точек трека				номер трека
	нулевое слово				Признак конца трека
	нулевое слово				
	То же самое для остальных треков				Признак конца снимка
	То же самое для остальных снимков				
	нулевое слово				Признак конца события
	нулевое слово				
	нулевое слово				

Данные о параметрах пучковых треков, регистрируемых установкой, предполагается включать в массив исходных для реконструкции данных в форме банка пучкового трека. В этом банке задаются масса, заряд частицы, импульс и углы, определяющие направление пучковой частицы, и их ошибки, координаты точки взаимодействия в вертикальной плоскости. Если в массиве данных нет информации о пучковом треке, программа использует значения, заданные на перфокартах в специальном блоке информации ВЕАМ. Информация о параметрах оптической системы спектрометра, коэффициентах различного рода искажений, топографии магнитного поля и т.п. задается в виде блоков информации на перфокартах или магнитных лентах.

§ 2. Схема фотографирования

Оптическая схема спектрометра показана на рис. 1 и 2. Фотографирование искровых камер производится через щели в верхней балке электромагнита десятью фотообъективами. Изображения треков и реперных точек с помощью системы плоских зеркал проецируются на две параллельные фотопленки, образуя две стереопроекции (рис. 3). Каждая стереопроекция состоит из пяти отдельных снимков, расположенных на пленке последовательно один за другим.

Эта схема эквивалентна схеме фотографирования снимаемого объема пятью стереопарами фотообъективов с параллельными оптическими осями. Каждая стереопара фотографирует только одну пятую часть снимаемого объема. Высота съемки - около девяти метров, база фотографирования - около трех метров.

В связи с тем, что толщина стекол искровых камер, через которые производится фотографирование, равна нескольким миллиметрам, а угол их наклона к направлению световых лучей - около 90° , преломлением световых лучей в этих стеклах при вычислении пространственных координат можно пренебречь, ограничившись лишь введением экспериментально подбираемых поправок на искажения, вносимые реальной оптической системой.

В установке имеется три типа реперных точек.

I. Реперные точки оптической системы предназначены для определения координатной системы, в которой заданы координаты фотокамер

2000
 13° 30'
 4.47

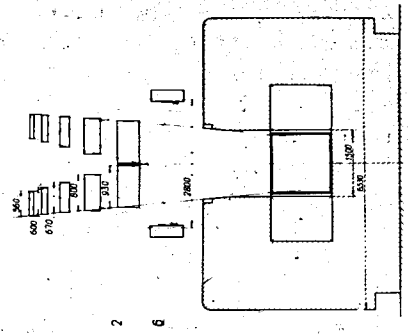


Рис. 2.

13° 30'
 4.47

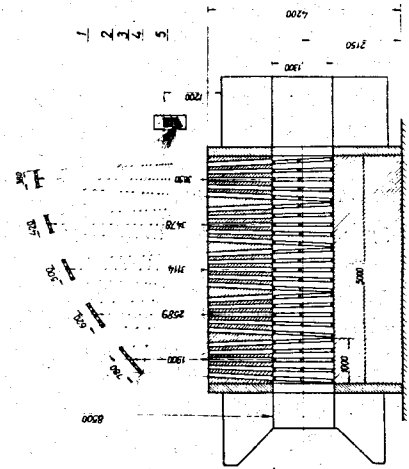


Рис. 1.

в плоскости изображения, и учета деформации пленки. На каждой проекции имеются 12 таких реперов внутреннего ориентирования (рис. 3).

2. Реперные точки верхней плоскости электромагнита. На каждом снимке может быть до четырех реперных точек этого типа, а на стереопроекции - до 20.

3. Реперные точки нижней плоскости электромагнита. На каждом снимке может быть до четырех реперных точек этого типа. Причем каждый из соседних снимков содержит различные изображения от двух общих для них пространственных реперов.

Реперные точки фотографируемого объема установки предназначены для учета искажений, вносимых реальной оптической системой, уточнения значений ее параметров, которые могут меняться в процессе экспозиции установки, перевода результатов измерений на снимках в рабочую плоскость и "сшивки" частей треков, измеренных на снимках различных стереопар.

Вопрос об уточнении значений параметров оптической системы по координатам изображений реперов на различных стереоснимках будет рассмотрен в специальной работе после проведения соответствующих исследований с использованием реальных снимков.

Рабочей плоскостью называется плоскость, в которой производится предварительная обработка проекций треков события (анализ качества измеренных точек, выброс "плохих" точек и т.п.). В нашем случае эта плоскость совпадает с верхней плоскостью электромагнита.

Координаты реперов установки задаются в координатной системе спектрометра и пересчитываются в другие системы специальными подпрограммами.

§ 3. Методика обработки результатов обмера стереоснимков и реконструкции пространственных координат

Обработка результатов обмера стереоснимков событий производится в следующей последовательности:

- перевод координат изображений искр и реперов из координатной системы измерительного прибора в координатные системы стереопар (рис. 3) и учет деформации фотопленки;
- пересчет координат изображений искр из координатной системы стереопар в рабочую плоскость и учет погрешностей оптической системы;

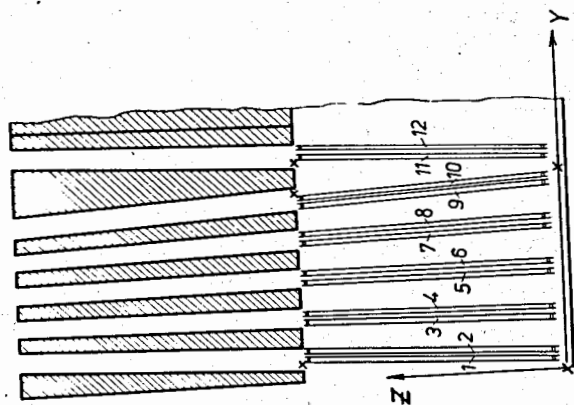


Рис. 4.

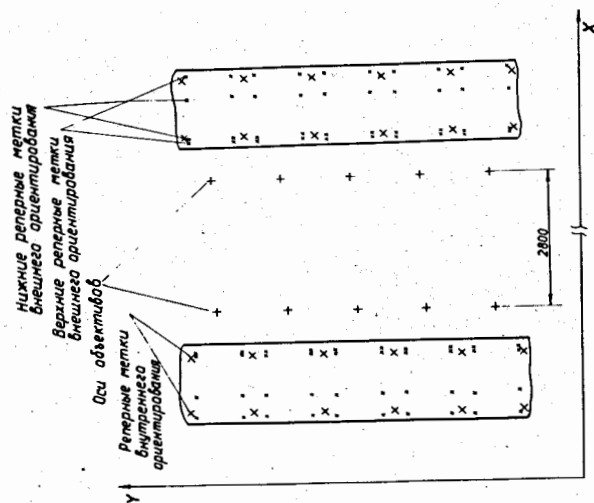


Рис. 3.

- проверка качества обмера изображений треков на стереопроекциях и выброс плохо измеренных точек;
- вычисление коэффициентов уравнений линий реконструкции (см. ниже);
- поиск соответствующих изображений точек треков на снимках стереопары и вычисление пространственных координат искр и их ошибок.

Рассмотрим процедуры, применяемые при решении указанных выше задач.

Как уже отмечалось, событие фиксируется на десяти снимках, образующих пять стереопар. В координатной системе снимков каждой стереопары вычисляются координаты четырех реперных точек оптической системы. Для этого по заданным в плоскости пленки и измеренным на снимках значениям координат этих реперов с помощью стандартной процедуры [6] вычисляются шесть коэффициентов для преобразования результатов измерения из координатной системы измерительного прибора в координатную систему снимка. Затем с помощью этих коэффициентов координаты измеренных реперов пересчитываются в координатную систему снимка, и полученные значения сравниваются с заданными. Если разность между заданными и измеренными значениями координат репера превышает определенную величину, то такой репер выбрасывается из рассмотрения, и коэффициенты преобразования вычисляются по оставшимся измерениям. Для учета деформации фотопленки в двух направлениях необходимо на снимках иметь не менее четырех хорошо измеренных реперных точек. Если на снимке хорошо измерено только три репера, то программа находит коэффициенты преобразования в предположении, что деформация пленки в продольном и поперечном направлениях одинакова. Снимки, на которых хорошо измерено не более двух реперных точек, из рассмотрения исключаются.

Для хорошо измеренных снимков, т.е. снимков, на которых осталось не менее трех реперов внутреннего ориентирования, координаты реперов снимаемого объема и изображений искр преобразуются в координатные системы соответствующих снимков. Коэффициенты для пересчета результатов измерений из координатных систем снимков в рабочую плоскость вычисляются по заданным и измеренным значениям координат реперов фотографируемого объема с помощью ранее описанной процедуры.

При пересчете координат в рабочую плоскость также производится частичный учет погрешностей оптической системы и все координаты искр переводятся в общую координатную систему установки.

Для более полного учета искажений, вносимых системой фотографирования, будет необходимо экспериментально определить поправки к измеренным значениям координат изображений искр и задать их в виде таблиц или коэффициентов. Тогда при пересчете координат в рабочую плоскость программа сможет вносить соответствующие коррекции в измеренные значения.

Для проверки качества измерений проекций трека и выброса плохо измеренных точек через координаты изображений трека на каждой стереопроекции (в рабочей плоскости) проводится окружность и вычисляются расстояния от измеренных точек трека до окружности. Качество обмера проекции трека характеризуется разбросом измеренных точек относительно кривой, проведенной через эти точки. Точки, расстояние которых от окружности превышает заданный допуск, исключаются.

Линией реконструкции ^{1/6/} называется прямая, проходящая через фотографируемую точку, её изображение на фотопленке и узловую точку объектива. Пространственные координаты (X, Y, Z) точек, определяемых линией реконструкции, вычисляются с помощью следующих уравнений:

$$\begin{aligned} X &= F_x \cdot Z + G_x \\ Y &= F_y \cdot Z + G_y \end{aligned} \quad (I)$$

Здесь: F_x , G_x , F_y , и G_y - коэффициенты уравнений линии реконструкции, определяемые параметрами сред, через которые производится фотографирование, и углом наклона линии реконструкции к оптической оси фотокамеры.

В нашем случае, пренебрегая преломлением световых лучей в верхних стеклах искровых камер, мы получаем траекторию светового луча в виде прямой линии, проходящей через изображение искры на снимке и узловую точку объектива.

При достаточно точном учете погрешностей, вносимых фотокамерами и системой зеркал, на этой прямой также находится и проекция

изображения на рабочую плоскость. В этом случае коэффициенты уравнений линии реконструкции вычисляются по следующим формулам:

$$\begin{aligned} G_{xi} &= X_i - X_c, & F_{xi} &= (X_i - X_c) / Z_c \\ G_{yi} &= Y_i - Y_c, & F_{yi} &= (Y_i - Y_c) / Z_c \end{aligned} \quad (2)$$

здесь: X_i и Y_i - координаты изображения i -ой точки трека в рабочей плоскости;

X_c , Y_c , Z_c - координаты узловой точки фотокамеры.

Для каждой искры, изображения которой хорошо измерены на двух стереоснимках, имеем следующую систему уравнений:

$$\begin{aligned} X_i &= F_{xi} \cdot Z_i + G_{xi} && \text{Уравнения линии реконструкции точки} \\ Y_i &= F_{yi} \cdot Z_i + G_{yi} && \text{на первом снимке.} \\ X_i &= F_{xi} \cdot Z_i + G_{xi} && \text{Уравнения линии реконструкции точки} \\ Y_i &= F_{yi} \cdot Z_i + G_{yi} && \text{на втором снимке.} \end{aligned} \quad (3)$$

Решая эту систему из четырех уравнений относительно трех неизвестных (X_i , Y_i , Z_i) методом наименьших квадратов ^{1/6/}, находим пространственные координаты искры и их ошибки (ΔX_i , ΔY_i , ΔZ_i).

Если суммарная ошибка координат искры превышает заданный допуск, то точка исключается из дальнейшего рассмотрения.

Если выражения (3) не дают достаточно точных значений для пространственных координат (X_i , Y_i , Z_i), то для каждого искрового промежутка нужно определить поправки к вычисляемым значениям коэффициентов (F_{xi} , G_{xi} , F_{yi} и G_{yi}) или задать матрицу преобразований для перехода от пленки к пространству.

В этом случае для каждой измеренной точки нужно найти номер искрового промежутка. Для нахождения номеров искровых промежутков (рис.4) программе задается таблица координат центров промежутков и максимально допустимый разброс измеренных точек относительно центров искровых промежутков. Сравнивая значения координат изображений искр с соответствующими величинами заданной таблицы, специальная подпрограмма находит номер соответствующего промежутка, по которому определяются значения поправок к координатам изображения точки в рабочей плоскости или коэффициентам уравнений линии реконструкции.

В связи с тем, что треки спектрометра состоят из отдельных

искр, разделенных промежутками известной длины, задача поиска соответствующих изображений на снимках стереопары сводится к задаче определения номеров искровых промежутков для каждой измеренной точки.

§ 4. Методика определения параметров треков в фотографируемом объеме установки

Траекторию заряженной частицы в магнитном поле можно определить, задав пять следующих параметров в первой (по направлению движения частицы) восстановленной точке трека:

- + λ - угол наклона трека к горизонтальной плоскости;
- + β - угол между нормалью к треку в горизонтальной плоскости и осью X-ов;
- $\left. \begin{array}{l} C \\ A \text{ или } B \end{array} \right\}$ где A, B, C - координаты первой восстановленной точки трека;
- I/P, где P - импульс частицы.

Для определения параметров трека по результатам обмера его проекций на стереоснимках и координатам восстановленных пространственных точек используется методика, изложенная в работе /7/, с той лишь разницей, что при интегрировании уравнений движения не учитываются потери энергии. Эта методика позволяет учитывать координатную зависимость всех трех компонент магнитного поля и дает хорошие результаты для больших неоднородностей магнитного поля в снимаемом объеме /8/.

Суть используемого метода заключается в нахождении минимального значения выражения

$$W = \sum_{i=1}^N d_i^2,$$

здесь: N - число измеренных точек на двух проекциях;
 d_i - расстояние (по перпендикуляру) от проекции траектории частицы в плоскости снимка до i-ой измеренной точки трека, выраженное через поправки для каждого из пяти вышеупомянутых параметров.

В качестве начальных значений этих параметров используются значения, полученные при проведении через восстановленные точки трека винтовой линии.

При вычислении значений d_i пространственные координаты точек трека, вычисляемые путем интегрирования уравнений движения в неоднородном магнитном поле, проецируются на плоскость фотопленок. В качестве параметра интегрирования на первой итерации берется расстояние между двумя последовательными точками трека (ΔS). Первое приближение для пространственных координат искр находится путем решения системы уравнений (3). Если величина ΔS между двумя соседними точками превышает заданный допуск, то интервал интегрирования делится на несколько подинтервалов. Максимальное значение шага интегрирования задается в блоке информации CONS.

Определение параметров треков производится в следующей последовательности:

1. Через восстановленные координаты точек методом наименьших квадратов проводится винтовая линия и вычисляются её параметры в начальной точке трека: радиус кривизны и два угла.

2. Вычисляются поправки к параметрам винтовой линии в предположении, что вертикальная компонента магнитного поля H_z вдоль траектории частицы постоянна и равна значению H_z в средней точке трека. Влияние радиальных компонент поля на этом этапе не учитывается.

3. Поправки к параметрам трека определяются с учетом координатной зависимости всех компонент магнитного поля.

Итерационный процесс повторяется до тех пор, пока сумма значений поправок не станет меньше заданной.

§ 5. Методика вычисления параметров треков в центре мишени

В связи с тем, что мишень, в которой образуются регистрируемые спектрометром события, находится за пределами фотографируемого объема, параметры треков, определяемые при геометрической рекон-

струкции за исключением импульсов, отличаются от соответствующих значений в точке рождения. Изменение параметров при движении частицы от мишени к спектрометру в основном обусловлено топографией магнитного поля в этой области.

При кинематической идентификации событий необходимо знать параметры треков события в точке взаимодействия, которая в дальнейшем будет называться вершиной события.

В первых экспериментах на МИС-5 будет использоваться мишень, длина которой по пучку составляет 0,6 см, и поэтому в качестве нулевого приближения для y -ой координаты вершины события можно взять соответствующую координату центра мишени и вычислить параметры треков события в окрестности этой точки. Напомним, что x и z -ая координаты вершины задаются вместе с параметрами пучкового трека.

Исходными данными для вычисления параметров треков в центре мишени являются его параметры в первой восстановленной точке, расстояние от неё до центра мишени и шаг интегрирования.

По исходным данным вычисляются величины, определяющие траекторию трека в точке, удаленной от начальной на расстояние, равное шагу интегрирования, и т.д. Процесс продолжается до тех пор, пока координаты текущей точки трека не совпадут с координатами центра мишени с заданной точностью.

Параметры, определяющие траекторию частицы в магнитном поле, вычисляются путем решения следующей системы уравнений:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dN_x}{dS} &= \frac{0.0002998}{P} (H_y \cdot N_z - H_z \cdot N_y) \\ \frac{dN_y}{dS} &= \frac{0.0002998}{P} (H_z \cdot N_x - H_x \cdot N_z) \\ \frac{dN_z}{dS} &= \frac{0.0002998}{P} (H_x \cdot N_y - H_y \cdot N_x) \\ \frac{dx}{dS} &= N_x \\ \frac{dy}{dS} &= N_y \\ \frac{dz}{dS} &= N_z \end{aligned} \right\} (4)$$

здесь: P - импульс частицы,
 H_x, H_y, H_z - компоненты магнитного поля в точке (x, y, z) ,
 N_x, N_y, N_z - направляющие косинусы трека в точке (x, y, z) ,
 S - длина дуги между двумя соседними точками траектории.

Эта система решается методом Рунге-Кутты с помощью стандартной подпрограммы INTSTR. При вызове этой подпрограммы в качестве параметров задается:

- число уравнений, в нашем случае - шесть;
- шаг интегрирования, в нашем случае приращение дуги DS ;
- длина траектории - S , отсчитываемая от начальной точки трека;
- массив значений для зависимых переменных (N_x, N_y, N_z, x, y, z) , вычисляемых подпрограммой в точке $S + DS$;
- название подпрограммы, вычисляющей значения правых частей уравнений системы (3).

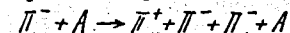
Подпрограмма INTSTR заменяет величину S на $S + DS$ и вычисляет значения зависимых переменных в новой точке траектории.

В результате интегрирования уравнений движения мы получаем параметры треков события в окрестности нулевого приближения для координат вершины. Далее с помощью стандартной процедуры /II/ производится уточнение координат вершины события и вычисляются расстояния всех треков события от найденной вершины. Эти расстояния в дальнейшем могут быть использованы как для выброса фоновых треков, так и для выбора истинной вершины и соответствующего ей пучкового трека при наличии в исходных данных о событии нескольких треков пучка.

§ 6. Кинематическая идентификация событий

Рассмотрим кинематическую идентификацию событий на примере когерентного рождения.

Случай когерентного рождения пионов пионами



характеризуются тем, что ядро A остается в основном состоянии, и передаваемый ему импульс мал. Таким образом, кинематическая иден-

тификация в этом случае сводится к выделению событий с малым значением импульса, передаваемого ядру отдачи.

При решении этой задачи проверяется соответствие параметров треков события в точке взаимодействия заданной гипотезе. Под гипотезой понимается присвоение конкретных значений масс частицам, образующим данное взаимодействие, с учетом законов сохранения. Из всех наборов частиц, удовлетворяющих уравнениям связи, выбирается набор, наилучшим образом соответствующий экспериментальным данным. В качестве критерия соответствия используется критерий χ^2 . Нахождение минимального значения χ^2 производится с помощью метода неопределенных множителей Лагранжа. За начальное приближение берутся значения параметров треков события в точке взаимодействия.

Кинематическая идентификация событий производится программой в следующей последовательности:

1. Данные о параметрах треков события заносятся в специальные массивы, называемые фитбанками.

2. Вычисляются значения недостающего импульса и его ошибка, которые приписываются ядру отдачи.

Если величина недостающего импульса превышает его ошибку в заданное число раз, событие не проверяется по гипотезам. В этом случае на ленту результатов записываются только результаты реконструкции, недостающий импульс и его ошибка.

3. В соответствии с типом анализируемого события из блока гипотез выбирается нужная гипотеза и составляется список номеров фитбанков для выбранной гипотезы.

4. Проверяется согласие экспериментальных данных с законом сохранения энергии-импульса для выбранной гипотезы. На этом этапе помимо величины χ^2 находятся уточненные значения параметров треков и ядра отдачи с ошибками.

5. В соответствии с заданными критериями отбираются случаи когерентного рождения пионов пионами.

Рассмотренная методика может применяться и для идентификации событий других типов аналогичной топологии в соответствии с задаваемыми гипотезами. Число треков в анализируемых событиях опре-

деляется размерами массивов, отведенных для записи результатов реконструкции.

§ 7. Блоки информации и управляющие карты

Помимо результатов измерений программе SPARKS необходимо задать следующие данные:

- параметры оптической системы установки и таблицы поправок;
- координаты реперных точек оптической системы и снимаемого объема;
- топографию магнитного поля в рабочем объеме установки;
- координаты и размер мишени;
- блок гипотез;
- критерии отбора треков, принадлежащих событию;
- критерии отбора событий для статистического анализа;
- набор разнообразных констант (максимально допустимый разброс измеренных точек трека относительно его траектории, точность обмера реперов, точек треков и т.д.);
- параметры пучкового трека.

Обычно блоки информации задаются на перфокартах, т.к. в таком случае пользователю наиболее удобно вносить изменения в задаваемые им величины.

Для каждого эксперимента составляется набор блоков информации. Первые две карты набора являются идентификационными. На них указывается название набора (первая перфокарта, столбцы I-6), номер эксперимента и пределы изменения номеров событий, к которым относится данный набор (вторая перфокарта, столбцы I-5, 6-15, I6-25, соответственно). Если столбцы 6-15 и I6-25 второй карты набора не заполнены, это значит, что набор относится ко всем обрабатываемым событиям данного эксперимента.

Каждый блок информации составляет отдельную группу перфокарт. На первой карте блока указывается его название, число заданных в блоке величин и формат для их считывания.

Столбец I - ж, за которой следуют пять пустых столбцов.

Ст. 7-12 - название блока.

Ст. 13-20 - число заданных в блоке величин.

Ст. 22-70 - формат для считывания данных с последующих перфокарт блока.

Остальные карты блока пробиваются в соответствии с форматом, заданным на первой карте.

В любом наборе после первых двух карт должны располагаться перфокарты блока $CENS$, а за ним другие блоки в любой последовательности.

Рассмотрим данные, задаваемые программе в основных блоках информации.

$CENS$ - разнообразные константы, используемые в различных подпрограммах. К ним относятся: точность измерения реперных точек и точек треков, точность измерения координат в плоскости пленки, расстояние объектив-пленка, пределы изменения координат изображений точек трека в рабочей плоскости, максимально допустимый разброс между двумя соседними измерениями и т.д.

$CAMERA$ - пространственные координаты фотокамер.

$MEDIA$ - показатели преломления и толщины сред, через которые производится фотографирование, включая рабочую среду.

$FIDCAM$ - координаты (x, y) реперов внутреннего ориентирования в плоскости фотопленки.

$FIDUPL$ - координаты (x, y, z) реперов верхней плоскости электромагнита.

$FIDLPL$ - координаты (x, y, z) реперов нижней плоскости электромагнита.

$SAMPLM$ - координаты частей снимаемого объема, фотографируемого различными стереопарами в рабочей плоскости.

$GUPNUM$ - координаты центров зазоров модулей искровых камер.

$LSCUV$ - константы, используемые программой при определении параметров треков в неоднородном магнитном поле.

$CONVEX$ - величины, необходимые для вычисления координат точки взаимодействия и параметров треков в этой точке.

$CONV$ - константы, управляющие итерационным процессом при определении минимума χ^2 .

$HYPMIS$ - список гипотез, которые проверяются программой при идентификации событий.

$BEAM$ - параметры пучкового трека.

Топография магнитного поля задается в блоках информации

$FIELD (H_z)$, $RFIELD$ или $XFIELD$ и $YFIELD (H_R$ или H_x и $H_y)$

Магнитное поле может быть задано в виде констант, полиномов или таблиц.

При необходимости значения компонент магнитного поля можно также задавать на магнитной ленте в удобном для пользователя формате. В этом случае потребуются включить в программу дополнительную подпрограмму для считывания данных о поле с магнитной ленты и их записи в соответствующие массивы общих блоков. Если форма записи данных отличается от стандартной, то нужно внести соответствующие изменения в подпрограммы вычисления компонент магнитного поля в заданной точке.

Управляющие карты определяют режим работы программы и отдельных подпрограмм, управляют количеством выдаваемой на печать информации, позволяют пропускать на лентах с исходными данными и результатами счета требуемое число записей.

Задаваемая на управляющей карте информация может состоять из одного слова (условие) и двух цифр, не считая названия карты. Управляющие карты пробиваются и читаются в одном формате (2 (A6,4X), 2I 10). Управляющие карты располагаются в колоде перфокарт пользователя перед блоками информации и заканчиваются картой $FINISH$. Порядок следования управляющих карт не имеет значения.

В настоящее время в программе используются следующие управляющие карты:

$DATE$ - указывает дату счета (разряды 2I-30).

$TITLES$ - указывает программе устройство, с которого нужно считывать блоки информации.

$LIST$ - управляет количеством выдаваемой на печать информации.

В программе SPARKS используются стандартные управляющие карты системы программы обработки данных с жидководородных пузырьковых камер /11,12,13/.

§8. Основные этапы работы программы и её организация.

Работа программы и обработка событий производится в следующей последовательности:

- ввод блоков информации, включая топографию магнитного поля, и запись их в массивы общих блоков;
- чтение и расшифровка результатов измерений и присвоение им соответствующих меток;
- обработка результатов обмера реперных точек, преобразование измеренных координат из плоскости пленки в рабочую плоскость, учет искажений, вносимых оптической системой;
- реконструкция треков в фотографируемом объеме установки (вычисление пространственных координат искр, составляющих треки, определение параметров треков в первых восстановленных точках);
- контроль качества реконструкции события, выброс случайных фоновых треков;
- подготовка данных для кинематического анализа (формирование банка пучкового трека и фитбанков треков события);
- кинематический анализ события по заданным гипотезам;
- вычисление величин, которые требуются для статистического анализа экспериментальных данных, и их ошибок, формирования массива с результатами реконструкции и идентификации события и запись его на магнитную ленту.

Для удобства работы с программой, облегчения внесения в нее различного рода изменений и исправлений, а также её модернизации текст программы SPARKS на алгоритмическом языке ФОРТРАН /9/ разделен на отдельные секции и колоды, из которых с помощью специаль-

ной программы редактирования /2/ можно собирать и передавать на трансляцию нужный вариант программы. Секционный вариант программы записывается на магнитную ленту в виде так называемого РАМ-файла.

§ 9. Структура и секции РАМ-файла программы

РАМ-файл программы SPARKS составляется по общим правилам /2/ и состоит из отдельных секций, которые, в свою очередь, состоят из колод (подпрограмм) и последовательностей (групп перфокарт с операторами ФОРТРАНа). Секции РАМ-файла располагаются на магнитной ленте в следующем порядке:

Управляющие секции (*RAMIS, *WMIS 5). Эти секции предназначены для сборки нужной версии программы и содержат управляющие карты с названиями секций, которые нужно использовать. В случае необходимости пользователь может включить в состав РАМ-файла свои личные управляющие секции, используя стандартные программы Сервис и редактирования мониторной системы "Дубна" /10/.

Секция наборов декларативных операторов (SCDES). Эта секция содержит наборы декларативных операторов (SCMMON , DIMENSION , EQUIVALENCE), встречающихся в большинстве подпрограмм.

Основные секции. Эти секции содержат управляющие подпрограммы и подпрограммы, производящие определенные вычисления.

Основные секции содержат текст программы, разделенный для удобства работы с ним на отдельные подпрограммы (колоды), объединенные в несколько групп (секций). В настоящее время РАМ-файл программы состоит из следующих основных секций: MAIN, COMRT , TKPRNT , MDØ , RECON , THFIT , GENTH , FILTER , GENERAL , VERTEX, GEØØLT , FIELD , MIKI , PREPAR , FIT , CUT и др.

Секция RECON содержит подпрограммы для реконструкции пространственной картины события, THFIT - для определения параметров треков события в неоднородном магнитном поле, GENTH - для реконструкции элементов события, FILTER - для обработки результатов измерений проекций треков в рабочей плоскости, VERTEX - для вычисления

точки взаимодействия, FIELD - для вычисления компонент магнитного поля в заданных точках, PREPAR - для вычисления импульса ядра отдачи и выборки гипотезы, FIT - для подгонки параметров треков под заданную гипотезу и т.д.

§ 10. Подготовка колоды пользователя для работы с программой SPARKS

При работе с программой может потребоваться колода перфокарт для редактирования PAM-файла, трансляции и передачи на счет исправленного варианта. Приведем пример для случая, когда PAM-файл и личная библиотека записаны на разных магнитных лентах и, кроме того, нужны еще две магнитные ленты: одна для исходных данных, другая для результатов счета.

- * NAME MIS 5
- * ASSIGN LTAPE - лента с личной библиотекой.
- * ASSIGN FTAPE 03 - лента с исходными данными.
- * ASSIGN FTAPE 05 - лента с результатами счета.
- * ASSIGN ATAPE 31 - лента с PAM- файлом программы.

[стандартный массив программы PATCHY]

- * CALL PATCHY
- + BESM, SUP.
- + EXECUTE.
- + USE, P=PAMIS.

[массив перфокарт для редактирования PAM-файла]

- + FILE, P=31001B.
- + FILE, P=NONE.
- * PERSONAL LIBRARY
- * READ DRUM

[стандартный массив программы FICMEMOR]

- * CALL FICMEMOR
- * EXECUTE

[управляющие карты и блоки информации программы SPARKS]

- * END FILE

Номера магнитных лент с исходными данными (03) и результатами счета (05) задаются в главной программе. PAM-файл программы находится на магнитной ленте с математическим номером 31, начиная с первой зоны.

При массовом счете событий целесообразно вместо ленты с личной библиотекой использовать ленту с личной библиотекой разделов /IO/, поскольку программа SPARKS сегментирована.

Для обсчета данных в этом случае нужно составить следующую колоду перфокарт:

- * NAME VVZT
- * ASSIGN ATAPE 60 лента с личной библиотекой разделов.
- * ASSIGN FTAPE 03 лента с исходными данными.
- * ASSIGN FTAPE 05-лента с результатами счета.
- * NO LOAD LIST

[стандартный массив программы FICMEMOR]

- * CALL FICMEMOR
- * CALL EXECUTE

[управляющие карты и блоки информации программы SPARKS]

- * END FILE

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Программа SPARKS является частью математического обеспечения для создаваемой в Лаборатории вычислительной техники и автоматизации ОИЯИ системы обработки данных /I⁴/ с пятиметрового искрового спектрометра /I/.

В связи с отсутствием экспериментальных данных с МИС-5 работа программы проверялась на искусственных событиях. Ряд алгоритмов проверен на снимках с шестиметрового магнитного искрового спектрометра.

ЛИТЕРАТУРА

1. Р.Анджеяк, Е.М. Андреев и др. ОИЯИ, I3-3588, Дубна, 1967.
2. Л.Дорж, В.Г.Иванов и др. ОИЯИ, IO-6882, Дубна, 1973.
3. Н.Ф.Маркова и др. ОИЯИ, P10-3768, Дубна, 1968.
4. В.В.Ермолаев и др. ОИЯИ, IO-5973, Дубна, 1971.
5. В.Я.Алмазов, Ю.Г.Войтенко и др. ОИЯИ, IO-4513, Дубна, 1969.
6. W.G. Moorhead, ЦЕРН, 60-33, ЖЕНЕВА, 1960.
7. W.G. Moorhead, ЦЕРН, ДД/ДР/67/6, Женева, 1967.
8. V.G. Ivanov, W.G. Moorhead, ЦЕРН, ДД/ДН/69, I2, ЖЕНЕВА, 1969.
9. З.М.Бродзински, Н.Н.Говорун и др. Труды первой всесоюзной конференции по программированию, секция В, Киев, 1968.
10. Г.Л.Мазный. ОИЯИ, II-5974, Дубна, 1971.
11. T.C. Program Library, V.1, 2, 3, CERN, 1968.
12. Н.А.Буздавина, Н.Н.Говорун и др. ОИЯИ, P10-5785, Дубна, 1971.
13. Н.А.Буздавина, Н.Н.Говорун и др. ОИЯИ, P10-6142, стр.398-411, Дубна, 1971.
14. И.М.Василевский, Н.Н.Говорун и др. ОИЯИ, IO-6469, Дубна, 1972.

Рукопись поступила в издательский отдел
25 мая 1973 года.