

K-736

464/2-76

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

ДУБНА



9/11-76

P10 - 9314

Ф.Котеробай, В.И.Мороз, А.И.Родионов

ПОДГОТОВКА ИЗМЕРЕННЫХ НА **НРД** СОБЫТИЙ
К ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ

1975

P10 - 9314

Ф.Которбай, В.И.Мороз, А.И.Родиснов

**ПОДГОТОВКА ИЗМЕРЕННЫХ НА НРД СОБЫТИЙ
К ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ**

Направлено в ПТЭ

§ I. ПОДГОТОВКА ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ РАБОТЫ ПРОГРАММЫ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ

Информация с НРД при обработке данных эксперимента по изучению пр-взаимодействий ($E=I+5$ ГэВ) методикой 1-метровой водородной камеры проходит по цепочке программ: MASY, FICIT, NAZE1, NAZE2, SNOG, TRAP"1-6" [1 + 4, 7] .

Отметим основные особенности выходной информации, связанные со спецификой работы НРД .

Опознавание событий и задание основной управляющей информации для НРД осуществляется на просмотрно-измерительных столах БПС-2, работающих под контролем программы MASY /1/. Оператор на каждой проекции измеряет координаты вершины события и еще две точки на каждом из треков - в середине и в конце^{*)}. Точность измерений ± 60 мкм вдоль пленки и ± 30 мкм поперек пленки. Последовательность измерения треков на разных проекциях должна совпадать, если предусмотрена дальнейшая обработка по программе "I-6" /5/, и может быть произвольной, если дальнейшая обработка планируется по программе "I-8" /6/.

*) Три измеренные точки (вершина и две дополнительные) образуют маску трека.

Примор НРД измеряет на каждом треке точки, отстоящие друг от друга на расстояние ~ 50 мкм. Группы последовательных точек (по 30 ± 40 штук) проходят процедуру фильтрации, в результате которой получается одна усредненная точка (мастер-точка). Координаты мастер-точки практически совпадают с серединой ~ 2 -миллиметрового сегмента трека, на котором была измерена исходная группа точек.

Указанная процедура позволяет получить до ~ 50 мастер-точек на треке, что, однако, превышает возможности программы геометрической реконструкции. Поэтому в HAZE-2 и SMOG включен алгоритм равномерного прореживания точек, так, чтобы на выходе их количество не превышало 25 для любого из треков.

Если на треке по каким-либо причинам НРД измеряет мало точек, то программа фильтрации использует вспомогательную ветвь, пытаясь сформировать для такой проекции трека 8 точек (на выходе). Для мастер-точек характерен разброс в $\pm 2,5$ мкм относительно оси проекции, в случае вспомогательной ветви разброс увеличивается до (5-15) мкм.

Процедура фильтрации позволяет точно определить положение оси трека, однако она не дает возможности определить координаты вершины события и конца останавливающегося трека, так как первая и последняя мастер-точка отстоят от них на величину порядка 1 мм.

Поэтому восстановление с возможно большей точностью координаты вершины взаимодействия представляет собой специальную задачу, важную не только для реконструкции направления полета v^0 -частиц, но и для определения истинных направлений треков в точке взаимодействия. Действительно, трек частицы с $P=200$ МэВ/с на пути в 1 мм (на пленке) поворачивается на ~ 25 мрад, что в несколько раз превышает измерительную ошибку в определении азимутального угла.

Для правильной работы программы геометрической реконструкции "I-6" (или "I-8") необходимо, чтобы вершина события была измерена на разных проекциях, как соответствующая точка, поэтому в программу TRAP, осуществляющую преобразование выходной информации SMOG во входную "I-6", включен алгоритм, позволяющий восстановить вершину события.

Важным условием для правильного определения импульса частиц по пробегу является точное вычисление видимой длины трека. В программе TRAP с этой целью используется информация о мастер-точках и точках маски трека.

Поскольку программа "I-6" требует постоянного набора реперных крестов, а HPD может выдать их произвольный набор, в TRAP включен алгоритм, осуществляющий приведение измеренных реперов к стандартному набору.

Информация, выдаваемая SMOG, закодирована существенно иначе, чем требуется "I-6", поэтому в TRAP включен блок, осуществляющий изменение форматов.

В выходной информации HPD, как и в выходной информации любой измерительной системы, встречаются разного вида ошибки. Для исключения ошибок на возможно более ранней стадии, в программу TRAP включен целый ряд тестов. Кроме того, измерения событий проводятся, как правило, на 3-х проекциях, т.е. с некоторой избыточностью. Использование тестов и избыточной информации позволило сократить количество отказов в 2,5 раза.

Остальные функции программы TRAP будут ясны из дальнейшего изложения.

§ 2. ОРГАНИЗАЦИЯ ВВОДА И ВЫВОДА ИНФОРМАЦИИ

Ввод информации для последующей обработки осуществляется подпрограммой ART и вызываемыми ею TABIMP , INFINIT , PT , THREAD .

Работа ART начинается с ввода перфокарт, на которых находятся константы. После того, как управление будет передано программе

INFINIT , оператор получает возможность с помощью телетайпа ввести требуемые номера пленки, кадра, дату и указать один из двух режимов работы:

- (а) - вспомогательный режим определения средних значений координат реперов, измеренных HPD;
- (б) - режим полной обработки события.

Набор введенных констант с перфокарт и телетайпа выдается на печать подпрограммами PT и INFINIT .

Ввод информации по событиям с выходной ленты SMOG осуществляется подпрограммой THREAD , использующей буферный режим чтения МЛ с контролем. После работы THREAD в ART производится проверка введенной информации, относящейся к данному событию. Проверяется, соответствует ли возможностям последующих программ число измеренных проекций, треков и точек, после чего ART формирует рабочие массивы.

Обработка событий выполняется подпрограммой FER , после чего производится анализ результата. Если обработка прошла успешно, то производится перекодировка информации в соответствии с

выходным форматом "I-6" и выдача ее на выходную МЛ, в противном случае событие бракуется.

После каждого записанного на выходную МЛ события оператор может с телетайпа прервать выполнение программы и изменить режим последующей работы.

В ART имеется подпрограмма ACCOUNT, которая ведет подсчет введенных и успешно обработанных событий.

§ 3. ПРЕОБРАЗОВАНИЕ КООРДИНАТ РЕПЕРНЫХ КРЕСТОВ И КООРДИНАТ ТОЧЕК ТРЕКОВ

3.1. Анализ измерения реперов

В варианте программы NAZE-1, управляющей процессом измерений на НРД /7/ пленок, полученных в эксперименте "пр", заложена возможность измерения до 9 реперных крестов на снимке.

В зависимости от качества пленки сканирующим автоматом опознается и, следовательно, измеряется от 3 до 9 крестов, в среднем измеряется 7 крестов (см. табл. I).

Реперные кресты на пленке имеют ширину 60-150 мкм, зачастую с неровным, расплывчатым краем. Это приводит к тому, что центр изображения реперного креста (ХЕТ, УЕТ), определенный визуально с помощью измерительного микроскопа, может систематически отличаться на величину до 30 мкм от того же центра (ХРБ, УРБ), определенного системой НРД. Эта разница не является постоянной, а зависит от настройки НРД, условий фотографирования камеры и проявления пленки (рис. 2). Если настройка не меняется и качество изображений реперов на всей пленке

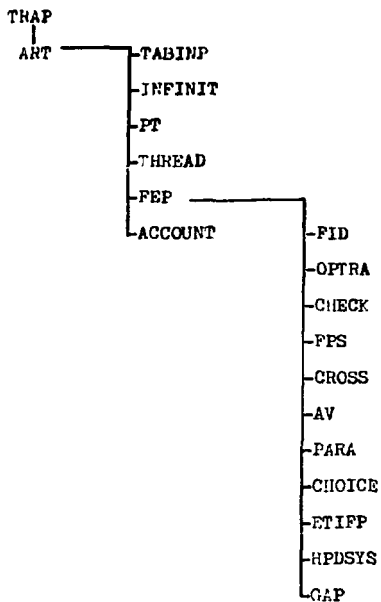


Рис.1. Схема обращения к основным подпрограммам.

Таблица I

Вероятность опознавания реперного креста
(пленка I77A)

крест № проекция	I	4	5	6	8	9	10	13	14
I	0.89	0.94	0.89	0.95	0.69	0.89	0.56	0.99	0.92
2	0.42	0.94	0.78	0.84	0.50	0.93	0.33	0.94	0.43
3	0.89	0.73	0.75	0.24	0.53	0.31	0.36	0.86	0.39

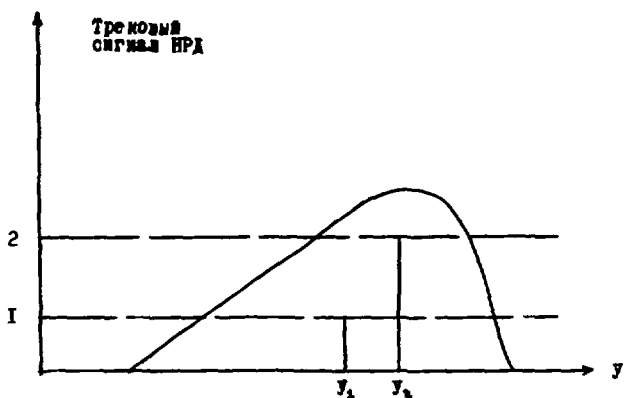


Рис. 2. Зависимость положения центра реперного креста (с расплывчатым левым краем) от уровня дискриминации сигнала .

y - координата;

1, 2, - уровни дискриминации;

y_1, y_2 - определенный НРД центр креста при уровне дискриминации 1 и 2 соответственно.

остается постоянным, то среднеквадратичный разброс измеренных координат центров реперных крестов менее 5 мкм.

В этих условиях определение коэффициентов перехода от системы координат НРД к системе координат, связанной с оптическими осями^{*)} целесообразно производить в два этапа.

На первом этапе определяется положение усредненных на данной пленке измеренных НРД реперных крестов в оптической системе.

На втором этапе производится преобразование измеренных в системе НРД координат в оптическую систему с использованием усредненных координат реперных крестов.

Такое двухэтапное определение позволяет уменьшить влияние набора опознающих на каждом кадре реперов на точность определения углов между направлениями вторичных частиц и пучка нейтронов.

3.2. Последовательность обработки реперов и точек

Подпрограмма FID определяет аффинное преобразование с коэффициентами $DX^{**})$ и DY для каждой измеренной проекции; DX и DY образуют в минимум χ^2 , где

$$\chi^2 = (2M - 6)^{-1} C_7 * \sum_{i=1}^M (X_{FT_i} - DX_1 - DX_2 * X_{FE_i} - DX_3 * *Y_{FE_i})^2 + (Y_{FT_i} - DY_1 - DY_2 * X_{FE_i} - DY_3 * Y_{FE_i})^2, \quad (2)$$

C_7 - константа,

M - число измеренных на НРД реперов.

^{*)} Коротко - оптическая система координат.

^{**)}

Здесь и далее в качестве переменных используются названия соответствующих массивов (DX вместо D_x , X_{FE_i} вместо X_{FEi} и т.д.).

Подпрограмма FID проверяет по величине μ^2 (2) качество измерений реперных крестов и бракует в случае необходимости худшие кресты. Проверяется величина детерминанта линейной системы, следующей из (2) и, если этот детерминант слишком мал, то целиком бракуется проекция. Этим исключаются случаи расположения опознаемых НРД реперов вдоль одной прямой.

Все измеренные на НРД точки (XTE, YTE) в FID преобразуются (3) из системы ЧРД в оптическую систему (XTE1, YTE1), в которой заданы (XFT, YFT)

$$\begin{pmatrix} XTE1 \\ YTE1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} DX1 \\ DY1 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} DX2 & DX3 \\ DY2 & DY3 \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} XTE \\ YTE \end{pmatrix} . \quad (3)$$

Подпрограмма FID вызывает ARTFID, которая по формуле (3) переводит (XFE, YFE) в оптическую систему и вычисляет средние значения по всем событиям на данной пленке для каждого из измеренных реперов; в оптической системе это среднее значение обозначается как (XR, YR), где

$$\begin{pmatrix} XR \\ YR \end{pmatrix} = N_1^{-1} * \sum_1^{N_1} \begin{pmatrix} XTE1 \\ YTE1 \end{pmatrix} . \quad (4)$$

Для каждого соотога события (если $CS_1=100\%$) уходим на программу AFINE. В AFINE вычисляются (XGL, YGL) - новые реперы, которые заменяют в дальнейшем при втором просчете, если он необходим, XFT, YFT.

$$\begin{pmatrix} XGL \\ YGL \end{pmatrix} = SF * \begin{pmatrix} XD1 \\ YD1 \end{pmatrix} + SF * \begin{pmatrix} XD2 & XD3 \\ YD2 & YD3 \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} XR \\ YR \end{pmatrix} , \quad (5)$$

*) Константы, которые используются в TRAP, образуют массивы C и CS.

где BF - константа;

$XREF, YREF$ - постоянная таблица координат реперных крестов на плёчке;

XB, YB - определяются из условия

$$\sum_{X_L, Y_L} \left[(XREF - XB_1 - XB_2 \cdot X'' - XB_3 \cdot Y'')^2 + (YREF - YB_1 - YB_2 \cdot X'' - YB_3 \cdot Y'')^2 \right] (6)$$

Величины (XOL, YOL) записываются на магнитную ленту на место (XET, YET) и перфорируются на картах.

По окончании работы АРПМ управление возвращается в АРТИД, где вычисляется косоугольность преобразования (3) и производится переопределение коэффициентов (DX, DY) следующим образом:

$$\begin{aligned} DX_1 &= 0, & DY_1 &= 0, \\ DX_2 &= \text{const}_1, & DY_2 &= 0, \\ DX_3 &= 0, & DY_3 &= \text{const}_1. \end{aligned} \quad (7)$$

Переопределяются и реперные кресты. Вместо измеренных M крестов вводятся следующие 4 креста для каждой проекции:

I проекция	2 проекция	3 проекция	
(-57.0; 32.0)	(-57.0; -20.0)	(-25.0; 32.0)	(8)
(27.0; 32.0)	(27.0; -20.0)	(59.0; 32.0)	
(-16.0; 38.0)	(-16.0; -38.0)	(16.0; 38.0)	
(-16.0; 15.0)	(-16.0; -15.0)	(16.0, 15.0)	

Обозначая компоненты в каждой строке через (X, Y), получим переопределенные (XFE, YFE):

$$\begin{vmatrix} XPE \\ YPE \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} DX_2 ; DX_3 \\ DY_2 ; DY_3 \end{vmatrix}^{-1} * \begin{vmatrix} X - DX_1 \\ Y - DY_1 \end{vmatrix}, \quad (9)$$

где DX и DY взяты из (7). Далее управление возвращается в FID .

Заключив этот раздел, отметим сразу, что в программу геометрической реконструкции вводится таблица реперов (8), поэтому определяемые там коэффициенты преобразования полностью совпадают с (7).

Перед выдачей результатов в программу геометрической реконструкции в программе HFDSYS происходит преобразование всех измеренных точек ($XTE1$, $YTE1$) аналогично (9).

$$\begin{vmatrix} XTE \\ YTE \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} DX_2 ; DX_3 \\ DY_2 ; DY_3 \end{vmatrix}^{-1} * \begin{vmatrix} XTE1 - DX_1 \\ YTE1 - DY_1 \end{vmatrix}. \quad (10)$$

Таким образом, выполняемое в программе геометрической реконструкции "I-6" приведение к реперным крестам переводит все измеренные точки в оптическую систему координат.

§ 4. ОБРАБОТКА И КОНТРОЛЬ ИЗМЕРЕННЫХ ТРЕКОВ

После работы FID управление последовательно передается в подпрограммы OPTRA , SNECK , FPS , которые производят ряд проверок качества измерения треков и вычисление массивов вспомогательных величин.

Для каждой проекции каждого трека проверяется, измерено ли на ней достаточное количество точек N , если

$$N \leq CS_{10}, \quad (11)$$

то данная проекция трека полностью исключается из обработки.

Предусмотрена ветвь для обработки двухточечных треков; для трехточечных треков проверяется, не слишком ли близко лежит средняя точка к одному из краев, в этом случае трек считается двухточечным.

Каждый из треков на проекции преобразуется в систему треков (X_{TE1}, Y_{TE1}) , в которой

$$X_{TE1_1} = -X_{TE1_N}; \quad Y_{TE1_1} = Y_{TE1_N} = 0 \quad (12)$$

(индексы относятся к первой и последней измеренной точке). Этой системе треки аппроксимируются параболой

$$Y = D_1 + D_2 * X + D_3 * X^2, \quad (13)$$

коэффициенты которой подбираются из условия минимума χ^2 , где

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^N [(Y_{TE1_i} - Y_i)^2 * F_i] \quad , \quad (F_i - \text{вес.}) \quad (14)$$

Если детерминант линейной системы, следующей из (14), оказывается слишком малым, то данная проекция трека считается двухточечной. Для проекций треков с достаточно большим детерминантом на первых $N' \leq C_{17}$ точках повторно проводится аппроксимация параболой (13), коэффициенты которой запоминаются для последующего использования при восстановлении вершины события на данной проекции.

Проекция треков частиц, останавливающихся в камере, аппроксимируются параболой (13) на N' последних точках. Последняя точка маски данного трека, которая была измерена оператором в точке остановки трека, проектируется на эту параболу. Полученная таким образом на параболе точка $(X_{TE1_END}; Y_{TE1_END})$ включается в общий список измеренных на данной проекции точек, и проверяется, лежит ли $(X_{TE1_END}; Y_{TE1_END})$ далее последней "мастер"-точки, измеренной HPD.

§ 5. РЕКОНСТРУКЦИЯ ВЕРШИНЫ СОБЫТИЯ

5.1. Реконструкция вершины на отдельной проекции

Реконструкция вершины события $(X_1; Y_1)$ на отдельной проекции выполняется в подпрограмме `SNOSZ`, которая определяет (X_L, Y_L) как точку, наименее удаленную от парабол (13), аппроксимирующих проекции треков, к точки (X_{L1}, Y_{L1}) , измеренной в вершине события при снятии маски.

Обозначим через

$(X_N, Y_N)_\alpha$ — основание перпендикуляра, опущенного из (X_L, Y_L) на параболу, аппроксимирующую трек с номером α ,

ℓ_α, m_α — направляющие косинусы перпендикуляра;

w_α — вес трека α ;

w_{L1} — вес точки маски;

тогда величина χ^2 , характеризующая (X_L, Y_L) , может быть записана в виде:

$$\chi^2 = \sum_{\alpha} \left[[(X_L - X_{N\alpha}) \ell_{\alpha} + (Y_L - Y_{N\alpha}) m_{\alpha}]^2 w_{\alpha} \right] + [(X_L - X_{L1})^2 + (Y_L - Y_{L1})^2] w_{L1}. \quad (15)$$

Точка (X_L, Y_L) определится из системы

$$\frac{\partial \chi^2}{\partial X_L} = 0, \quad \frac{\partial \chi^2}{\partial Y_L} = 0, \quad (16)$$

которая приводится к виду

$$\begin{vmatrix} A_{XX} & A_{XY} \\ A_{XY} & A_{YY} \end{vmatrix} * \begin{vmatrix} X_L \\ Y_L \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} B_1 \\ B_2 \end{vmatrix}, \quad (17)$$

где

$$\Delta X X = \dots L_1 + \sum_i l_i^2 = w_i .$$

$$\Delta Y Y = \dots L_1 + \sum_i m_i^2 = w_i , \quad (18)$$

$$\Delta X Y = \sum_i l_i \cdot m_i = w_i .$$

Система (17) нелинейная, так как (B1, B2) зависит от (XL, YL), поэтому она решается итерационным путем.

В результате работы CROSS каждой проекции K сопоставляется набор (XL, YL, ΔXX, ΔXY, ΔYY)_K.

5.2. Согласование вершин на разных проекциях

Согласование вершин на разных проекциях выполняет подпрограмма AV и вызываемые ею подпрограммы SAVEX и FCT; уточненные координаты вершины обозначаем (XL', YL').

Если событие измерено только на двух проекциях (условно K=1;2), то для уравнивания выполняем следующий ряд операций:

а) Производим поворот системы координат так, чтобы были равны X-координаты осей (X_{A1} = X_{A2}) объективов для проекций K=1;2, и преобразуем (XL, YL, ΔXX, ΔXY, ΔYY)_{1,2} в новую систему координат (обозначения не меняем).

б) По формулам пространственной реконструкции соответствующих точек /B/ вычисляем z-координату вершины.

в) Решаем систему

$$\frac{\partial f^2}{\partial X'_1} = 0 , \quad \frac{\partial f^2}{\partial Y'_1} = 0 , \quad \frac{\partial f^2}{\partial Z'_1} = 0 \quad (19)$$

и вычисляем $\min x^2$, где

$$x^2 = \sum_{k=1}^2 \left\{ \begin{matrix} XL'_k - XL \\ YL'_k - YL \end{matrix} \begin{vmatrix} AXK & AXY \\ AXY & AYY \end{vmatrix}^{-1} \begin{matrix} XL'_k - XL \\ YL'_k - YL \end{matrix} \right\}, \quad (20)$$

$$XL'_1 = XL'_2 = \Theta, \quad (21)$$

Θ - считается константой при взятии производных.

Величина Θ определяется из формул проектирования пространственной точки (X, Y, Z) , которые записываются в виде:

$$XL_1 = \frac{X - XA_1}{Z * F1_1 + F_1}, \quad XL_2 = \frac{X - XA_2}{Z * F1_1 + F_2}, \quad (22)$$

откуда

$$\Theta = \frac{Z * F1_2 + F_2}{Z * F1_1 + F_1}. \quad (23)$$

Здесь $(Z * F1_K + F_K)$ - масштаб на проекции K .

Θ - может считаться константой, так как в оптической системе I-метровой водородной камеры объективы отличаются очень мало и практически избавлены от дисторсий.

Работа алгоритма (19) поясняется рисунком (3).

г) Пользуясь уточненными (XL', YL') , вычисляем пространственные координаты вершины (X, Y) (Z определено раньше).

Для событий, измеренных на 3 проекциях, вначале определяются 3 набора величин $(\min x^2, X, Y, Z)$ на всех возможных стереопарах.

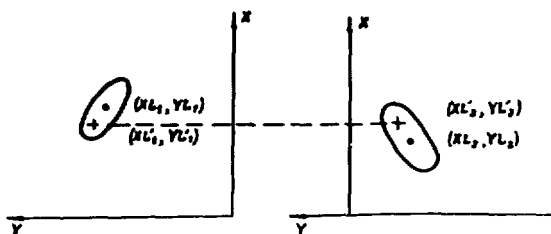


Рис. 3. Согласование верши на двух проекциях.

- - $(x_L, y_L)_K$ - вычисление в CROSS для проекции K координат вершины события (около вершины показан эллипс ошибок, соответствующий матрице с элементами A_{XX}, A_{XY}, A_{YY}).
- + - $(x'_L, y'_L)_K$ - точки, обращающие в минимум выражение (19).

Если можно считать, что при измерениях не было ошибок (все χ^2 малы, точки (X, Y, Z) близки для всех стереопар), то производится совместная обработка всех трех проекций. Искомые $(XL; YL')$ вычисляются по формулам

$$XL'_K = \frac{X - XA_K}{Z \approx F1_K + F_K}, \quad YL'_K = \frac{Y - YA_K}{Z \approx F1_K + F_K}, \quad (24)$$

где (X, Y, Z) обращает в минимум

$$\chi^2 = \sum_K \left[\begin{array}{c} |XL'_K - XL| \\ |YL'_K - YL| \end{array} \right]^T \approx \begin{array}{c} |AXX, AXY \\ |AXY, AYY| \end{array} = \begin{array}{c} |XL'_K - XL| \\ |YL'_K - YL| \end{array} \Bigg]_K, \quad (25)$$

т.е. является решением системы

$$\frac{\partial \chi^2}{\partial X} = 0, \quad \frac{\partial \chi^2}{\partial Y} = 0, \quad \frac{\partial \chi^2}{\partial Z} = 0. \quad (26)$$

Для определенной из (26) вершины (X, Y, Z) рассчитываются (24) ее изображения (XL'_K, YL'_K) на каждой из K проекций. Из $(XL'_K, YL'_K)_K$ опускается перпендикуляр на каждую из парабол, аппроксимирующих N' первых точек проекции трека α . Точка $(XN', YN')_{K_{\text{пл}'}}$ лежащая в основании перпендикуляра, добавляется к списку измеренных точек проекции K трека α в качестве начальной точки (трека).

Изложенная процедура обеспечивает высокую точность определения вершины события и малый вклад от вычисленной начальной точки в χ^2 -функционалы программы геометрической реконструкции, из которых определяются кривизна и пространственные углы каждого трека в его начальной точке.

5.3. Проблема исключения ошибок

В § I отмечалось, что nPD дает весьма высокую точность измерений, однако есть определенная вероятность того, что при измерениях или обработке по цепи программы /I-4/ появится ошибка. Поскольку алгоритмы (16), (19) и (26) вовлекают в вычисление координат вершин события маску и измеренные точки на всех треках всех проекций, появление ошибки хотя бы в одном из этих элементов приведет к тому, что координаты вершины будут определены неверно.

В эксперименте "пр" исследуются события с малым числом лучей, поэтому при реконструкции вершины на проекции далеко не всегда возможно установить, в каком из элементов, определяющих (16), имеется ошибка. Если $\min \chi^2$ (15) превышает допустимое значение, то в качестве координат вершины (x_L , y_L) берется или (x_{L1} , y_{L1}), или I точка трека, измеренная на nPD . В этом же случае резко увеличиваются соответствующие элементы матрицы (17).

Наличие ошибки в одном из измерений приводит к выходу из допустимых пределов χ^2 (20) или χ^2 (25). Если при этом событие измерено только на двух проекциях, то сравнение вершин не производится, т.е. основной контроль качества измерений передается в программу геометрической реконструкции.

Если же событие измерено на треках трех проекций, то делаются попытки последовательно определить проекцию, содержащую ошибочный элемент и исключить те проекции треков, которые наиболее далеко отстоят от подобранных вершин. Во всех случаях, после исключения элемента, который подозревается как ошибочный, подпрограммы FER , $CROSS$, AV организуют повторный обсчет события.

Организация такой проверки качества измерений потребовала включения в CROSS 8 ветвей, в AV - 10 ветвей, что привело к заметному увеличению объема подпрограммы, однако количество бракуемых событий сократилось в 2 раза.

§ 6. ВЫБОР СТЕРЕОПАРЫ

Программа геометрической реконструкции "I-6"^{n/5/}, в отличие от "I-8"^{n/ε/}, не имеет блоков выбора оптимальной стереопары для обчета проекций треков. Поэтому в TRAP включены подпрограммы PARA и CHOICE, первая из которых выбирает оптимальную стереопару для каждого из треков, а вторая осуществляет частичную проверку и исправление нумерации треков на разных проекциях.

Измерительная ошибка при реконструкции квазисоответствующих точек обратно пропорциональна стереобазе B и обратно зависит от $|\sin \Psi|$, где Ψ - угол между направлением трека и стереобазой. Для треков, измеренных на 3 проекциях, в качестве оптимальной стереопары PARA выбирает ту, для которой величина D_{ij} максимальна, где

$$D_{ij} = B_{ij} * |\sin \Psi_{ij}| * \sqrt{S_i * S_j * (1-s_i) * (1-s_j)} * k_{ij} \quad (27)$$

i, j - номера проекций (принимает значения 1;2, 1;3, 2;3);

S - отношение длины трека, измеренной HFD, ко всей длине трека;

s - неизмеренная относительная часть трека от вершины до первой мастер-точки HFD ;

k - численный коэффициент.

Из (27) видно, что в выражение для выбора оптимальной стереопары включен член, зависящий от качества измерений, и дополнительный коэффициент k .

Измерения событий эксперимента "пр", которые проводились на ПУОС, выполнялись по преимуществу на стереопарах (1,2) и (1,3), поэтому для сближения результатов основных измерений на НРД и дополнительных на ПУОС были выбраны значения ($k_{12}=k_{13}=2$, $k_{23}=1$), что несколько подчеркнуло выбор на НРД стереопар (1,2) и (1,3).

Программа SNOICE работает после PARAM анализирует знаки кривизны проекций треков, входящих в 3-лучевые события. Если на разных проекциях перепутана нумерация треков с положительной и отрицательной кривизной, то SNOICE восстанавливает правильную нумерацию и еще раз вызывает подпрограмму PARA.

Опыт показывает, что при измерении редких 5- и 7-лучевых событий операторы почти не делают ошибок, связанных с перепутыванием треков, поэтому было признано нецелесообразным усложнить SNOICE включением ветви для 5- и 7-лучевых событий.

Работа программы SNOICE сокращает количество отказов приблизительно на 20%, так что общий эффект от CROSS, AV, SNOICE равен 2,5-кратному уменьшению числа бракуемых событий (при измерениях на 3 проекциях).

Анализ событий, которые все же были забракованы, показывает, что не менее 90% их имеют фатальные ошибки.

§ 7. ФОРМИРОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

После работы CROSS и LV для стереопроекции имеются вычисленные координаты вершины события (X_L' , Y_L'). Подпрограмма STIFF определяет для проекции каждого трека точку (X_M' , Y_M'), как основание перпендикуляра, опущенного из (X_L' , Y_L') на параболу (I3), аппроксимирующую первые M' точек проекции трека.

Система NFD для каждой проекции трека выдает до 25 точек, еще одна или две точки добавляются в этот список программой TRAP, так что общее их число N может быть равно 27. Поскольку программа "I-6" рассчитана на обработку до 20 точек на проекции трека, в TRAP включена подпрограмма GAP, которая оставляет не более 20 точек. Исключаются точки с номерами наиболее близкими к $0,25N$ и $0,75N$. Такой алгоритм выбран в связи с тем, что наименьшая ошибка в определении кривизны (импульса) получается, если половина измеренных точек ($N/2$) сосредоточена в середине трека и по $1/4$ -на концах.

Подпрограмма NFDSYS производит преобразование (I0) и сдвиг каждой проекции так, чтобы для реперов и точек треков было выполнено $2^{I5} > X > 0$, $2^{I6} > Y > 0$.

В соответствии с требованиями входного формата "I-6" координаты переводятся в двоичную систему.

Авторы выражают благодарность В.Н.Шигаеву за полезные обсуждения.

ЛИТЕРАТУРА

1. В.В.Ермолаев, Л.П.Калмыкова, Ю.А.Каржавин, Г.А.Ососков, Г.А.Погодина, В.Ф.Рубцов. Программа "LASK" для обработки снимков с водородных камер в системе БПС-2-ТРА. Сообщение ОИЯИ, IO-6517, Дубна, 1972.
В.В.Ермолаев, Л.П.Калмыкова, Ю.А.Каржавин, Г.А.Ососков, Г.А.Погодина. Программа-диспетчер для управления большими просмотрово-измерительными столами на линии с ЭВМ ТРА-1001. Сообщение ОИЯИ, IO-6516, Дубна, 1972.
2. В.Н.Шигаев. Быстрая программа измерения фотоснимков на сканирующем автомате НРД с анализом информации в реальное время сканирования. Сообщение ОИЯИ, IO-6799, Дубна, 1972.
3. В.Н.Шигаев Организация процессов измерения и обработки filmовой информации в гаммном комплексе НАЗЕ-1. Сообщение ОИЯИ, IO-5968, Дубна, 1971.
4. Ф.Которобай. Вариант программы SMOG, использованный в эксперименте "np(E=1-5 ГэВ)". Сообщение ОИЯИ, IO-8735, Дубна, 1975.
5. Н.Ф.Маркова, В.И.Мороз, В.И.Никитина, А.П. Стельмах, Г.Н.Тентюкова. Программа геометрической реконструкции для больших пузырьковых камер (вариант "I-6"). Препринт ОИЯИ, P10-3768, Дубна, 1968.

6. Н.Ф.Маркова, В.И.Мороз, В.И.Никитина, А.П.Стедьмах, Г.Н.Тенткова. Общее описание программы геометрической реконструкции. Сообщение ОИЯИ, IO-5994, Дубна, 1971.
- В.И.Мороз, В.И.Никитина, Г.Н.Тенткова. Метод автоматического опознавания треков в условиях пропановой камеры. Сообщение ОИЯИ, IO-7612, Дубна, 1973.
7. В.А.Алмазов и др. Установка для скоростной автоматической обработки снимков с трековых камер на базе механического сканирующего устройства типа "бегущий луч". Сообщение ОИЯИ, IO-4513, Дубна, 1969.
8. В.И.Мороз, И.И.Иванченко, Н.А.Круткова, Т.Г.Останевич, Г.Н.Тенткова. ПТЭ № 6, стр.56-57, 1967. Препринт ОИЯИ, P-2889, Дубна, 1966.

Рукопись поступила в издательский отдел
17 ноября 1975 г.