

Винсографов В. Б.

Б1-10-85-84

С 344.1Т

Б-493

2486/85



ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Б 1-10-85-84

ДЕПОНИРОВАННАЯ ПУБЛИКАЦИЯ

Дубна 19 85 г.

Б1-10-85-84

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Лаборатория ядерных проблем

В.Б.Виноградов, Ю.А.Кульчицкий*, А.С.Курилин*,

В.Г.Одинцов

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ КОНСТАНТ УСТАНОВКИ "ГИПЕРОН"
ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ.

Депонированная публикация ОИЯИ

*ИФ АН БССР, г.Минск

Дубна, 1985 г.



Рукопись поступила
.. 06 02 1985

В работах /1,2/ описана методика и алгоритмы для определения геометрических констант установки "Гиперон" /3/. Алгоритм, описанный в работе /1/, используется для определения констант установки, созданной для изучения гиперзарядообменных процессов. Он включен в состав программы геометрической реконструкции событий.

Алгоритмы, предложенные в работе /2/, реализованы в виде программных средств, которые будучи объединены функционально составили программу под общим названием *SHIFT*.

Программа *SHIFT* написана на языке ФОРТРАН, имеет размеры 50К слов и адаптирована на базовых ЭВМ ОИЯИ ЕС-1060, БЭСМ-6 и СДС-6500.

Описанию программы *SHIFT*, предназначенной для определения геометрических констант установки "Гиперон", посвящена данная работа.

Структура программы

Блок-схема программы определения геометрических констант приведена на рис.1.

Программа составлена из четырех основных частей, каждая из которых имеет одно из следующих функциональных назначений:

- 1) чтение и декодировка "сырых" событий;
- 2) восстановление треков заряженных частиц;
- 3) отбор восстановленных событий по заданным критериям, вычисление и накопление величин, необходимых для расчета констант установки;
- 4) собственно вычисление геометрических констант.

На рис.1 эти группы подпрограмм обведены пунктирной линией и обозначены соответствующей римской цифрой.

SHIFT - основная управляющая программа. Выполняет следующие действия: считывает с п/к параметры, управляющие работой программы, считывает с п/к и магнитного диска данные, необходимые для вычислений (в частности, предварительные значения координат детекторов), инициирует программу HBOOK /4/ статистической обработки данных, организует вычислительный процесс.

Группа подпрограмм **BLAN**, **EC-IOIO**, **DECOD** выполняет следующие действия: считывает экспериментальные данные с первичной ленты, записанные в виде 16-ти разрядных слов ЭВМ EC-IOIO установки "Гиперон", декодирует их, представляя в словах соответствующей большой ЭВМ, и подготавливает упорядоченные массивы с информацией в виде, удобном для последующего анализа.

Подпрограммы **SORTCH**, **PASCCH**, **SPARPA** производят сортировку проволочных детекторов по проекциям, упорядочивают их в направлении оси установки, вычисляют координаты "искр" на плоскостях ИПК, формируют из этих "искр" упорядоченные массивы данных, на основе которых затем восстанавливаются треки частиц.

С помощью подпрограмм **TRG2EN**, **REDAT**, **ABCALC**, **CALXMI**, **FITAB**, **CALX**, **TRCICH**, **DERIV** опознаются треки заряженных частиц и вычисляются их параметры.

Подпрограммы **EVENB**, **SHFTCH**, **SNHOD**, **CALXM** осуществляют отбор событий по заданным критериям, вычисляют для них отклонения "искр" от восстановленного трека и другие величины, необходимые для определения констант установки, и накапливают результаты на рабочей магнитной ленте (МЛ).

По завершению обработки всей или заданной части статистики зарегистрированных событий пучковых частиц с помощью подпрограмм **PARAM**, **FUN**, **PARM** и **MTXINV** с рабочей МЛ считывается информация об обработанных событиях и на ее основе вычисляются

* Под термином "искра" будем понимать один или несколько подряд сработавших элементов на плоскости проволочного детектора (по аналогии с искровыми камерами).

ся геометрические константы экспериментальной установки.

Результаты вычислений в виде таблиц и гистограмм выдаются на печать, либо записываются в виде файла на магнитный диск.

Статистическая обработка результатов вычислений производится с помощью библиотечной программы HBOOK /4/.

Поиск треков заряженных частиц и условия отбора событий

Важным моментом в процессе определения геометрических констант установки является этап, связанный с опознаванием треков заряженных частиц и восстановлением их параметров.

Прежде, чем описать алгоритм поиска треков, введем два определения.

Система координат XYZ . Определим ее как это сделано в работе /2/. Система XYZ есть правая система координат, жестко связанная с экспериментальной установкой: ось Z направлена вдоль пучка, ось Y лежит в горизонтальной, а ось X - в вертикальной плоскости. Все рассуждения, связанные с опознаванием треков, будем проводить относительно с XYZ -системой.

Конфигурация детекторов - есть совокупность из n сцинтиляционных годоскопов и m плоскостей проволочных камер, положение которых известно в XYZ -системе координат (известны Z -координаты плоскостей и $Y(x)$ -координаты первых сигнальных проволочек).

Поскольку процедура поиска трека аналогична в X - и Y -проекциях, будем рассматривать ее для одной из проекций, например, Y . Использовался следующий алгоритм опознавания треков.

Пусть произошло событие, связанное с прохождением заряженной

частицы через конфигурацию трековых детекторов. Координаты "искр", зарегистрированных К-ой камерой конфигурации, будут представлены в XYZ -системе выражением:

$$R_{ke} = G_k + S_k \left(n_{ke} + \frac{l_{ke} - 1}{2} \right) h_k, \quad k = 1, \dots, m \quad (I)$$

где G_k - координата первой сигнальной проволоки К-ой камеры;
 n_{ke} - номер первой проволоки в l -ой группе l_{ke} подряд сработавших проволок; h_k - шаг намотки проволок, $S_k = \pm 1$ определяет направление считывания проволок.

В соответствии с (I) вычисляются координаты "искр" на всех камерах конфигурации. Если число l_{ke} подряд сработавших проволок, образующих "искру", больше некоторого заданного числа NW , то координата "искры" не вычисляется и она исключается из дальнейшего рассмотрения (в нашем случае $NW = 3$).

Для каждой камеры задается зона прохождения пучка и формируется упорядоченный массив "искр", принадлежащих этой зоне. "Искры", лежащие вне зоны, также исключаются из обработки.

Следующий этап - опознавание "искр", принадлежащих следу заряженной частицы. Для этого выбираются две камеры из состава конфигурации (например, первая и m -ая). На каждой из них берется по одной "искре", по координатам которых проводится прямая линия. Затем перебираются все оставшиеся камеры конфигурации и на каждой из камер ищется "искра", ближайшая к проведенной прямой. Требуется, чтобы их удаление от прямой не превышало заданной величины (3-5 мм). Если число таким образом отобранных "искр" не меньше некоторого заданного числа MP , то трек считается опознанным. В противном случае перебираются все возможные комбинации "искр" на выбранных камерах до тех пор, пока не будет достигнут положительный результат. Если трек и в этом случае не опознан, то выбирается другая

пара камер (например, первая и $(m-1)$ -ая) и процедура опознавания трековых "искр" повторяется. Процесс опознавания трека продолжается до момента, когда либо трек будет опознан, либо будут перебраны все возможные комбинации камер.

В случае отрицательного результата программа переходит к рассмотрению следующего события.

Опознанный трек представляет собой набор из не менее чем M "искр", расположенных вдоль некоторой прямой в коридоре заданной ширины.

Параметры трека a и b определяются в результате фитирования совокупности трековых "искр" уравнением прямой. Фитирование связывается с минимизацией в пространстве параметров a и b функционала

$$\delta^2 = \sum_{k=1}^N \left(\frac{R_k - a z_k - b}{\sigma_k} \right)^2 \quad (2)$$

где R_k - координата трековой "искры"; N - число трековых "искр"; σ_k - геометрическое разрешение проволочного детектора (для камер с 1 мм шагом намотки $\sigma = 0,3$ мм, с 2 мм шагом - $\sigma = 0,7$ мм).

Выражения для параметров a и b имеют вид:

$$a = \frac{\sum_{k=1}^N \frac{R_k}{\sigma_k^2} \sum_{k=1}^N \frac{z_k}{\sigma_k^2} - \sum_{k=1}^N \frac{R_k z_k}{\sigma_k^2} \sum_{k=1}^N \frac{1}{\sigma_k^2}}{\left(\sum_{k=1}^N \frac{z_k}{\sigma_k} \right)^2 - \sum_{k=1}^N \frac{z_k^2}{\sigma_k^2} \sum_{k=1}^N \frac{1}{\sigma_k^2}} \quad (3)$$

$$b = \frac{\sum_{k=1}^N \frac{R_k z_k}{\sigma_k^2} \sum_{k=1}^N \frac{z_k}{\sigma_k^2} - \sum_{k=1}^N \frac{R_k}{\sigma_k^2} \sum_{k=1}^N \frac{z_k^2}{\sigma_k^2}}{\left(\sum_{k=1}^N \frac{z_k}{\sigma_k} \right)^2 - \sum_{k=1}^N \frac{z_k^2}{\sigma_k^2} \sum_{k=1}^N \frac{1}{\sigma_k^2}}$$

Ошибки в определении параметров представляются, соответственно, выражениями:

$$(\Delta a)^2 = \frac{\delta^2}{N-2} \frac{\sum_{k=1}^N \frac{1}{\sigma_k^2}}{\left(\sum_{k=1}^N \frac{z_k}{\sigma_k} \right)^2 - \sum_{k=1}^N \frac{z_k^2}{\sigma_k^2} \sum_{k=1}^N \frac{1}{\sigma_k^2}} \quad (4)$$

$$(\Delta b)^2 = \frac{\delta^2}{N-2} \frac{\sum_{k=1}^N \frac{z_k^2}{\sigma_k^2}}{\left(\sum_{k=1}^N \frac{z_k}{\sigma_k} \right)^2 - \sum_{k=1}^N \frac{z_k^2}{\sigma_k^2} \sum_{k=1}^N \frac{1}{\sigma_k^2}}$$

Затем вычисляются точки пересечения прямой $y = az + b$ с плоскостями камер заданной совокупности и определяются величины

$$\Delta_k = (R_k - az_k - b), \quad k = 1, \dots, N \quad (5)$$

Если для K -ой камеры величина

$$\Delta_k > 3\sigma_k \quad (6)$$

то "искра", зарегистрированная K -ой камерой, исключается из совокупности трековых "искр". Оставшийся в результате описанного выше перебора набор из $N - L$ "искр" (L - число исключенных по критерию (6) "искр") снова подвергается процедуре фитирования уравнением прямой (если $N - L \geq MP$. В случае, когда $N - L < MP$, трек считается неопознанным, и программа переходит к рассмотрению следующего события).

Параметры a и b , полученные в соответствии с формулами (2)-(4) в результате двукратного фитирования набора трековых "искр", используются для дальнейших расчетов в качестве параметров опознанного трека заряженной частицы.

На рис. 2 приведены распределения величин $\xi_1 = \sqrt{\frac{\sigma_1^2}{N-2}}$ и $\xi_2 = \sqrt{\frac{\sigma_2^2}{N-4-2}}$, рассчитанные для совокупности 6-ти искровых камер, размещенных на базе ≈ 2 м.

Величина ξ_1 характеризует среднеквадратичное отклонение "искр" от прямой при однократном фитировании набора трековых "искр", а ξ_2 - при двукратном, с исключением "искр", удаленных от прямой более чем на 3σ . Из рис. 2 видно, что при двукратном фитировании набора трековых "искр" точность определения параметров a и b повышается более чем на 20%.

Событие считается восстановленным, если:

а) для выбранной конфигурации детекторов трек частицы опознан

в обеих проекциях;

б) координаты точек пересечения найденных проекций трека с плоскостями, включенных в данную конфигурацию годоскопов, соответствуют их сработавшим элементам.

Эти условия обеспечивают пространственное сшивание проекций трека, а также временную привязку трека к зарегистрированному событию.

В случае, если хотя бы на одной из плоскостей годоскопов сработал более чем один элемент, то такое событие бракуется.

С использованием отобранных по указанным выше критериям событий определяются геометрические константы установки.

Возможности программы

Программа *SHIFT* позволяет вычислять координатные и угловые поправки к пространственному положению проволочных камер и годоскопов с использованием нескольких различных алгоритмов, описанных в работе /2/.

Режимы работы программы определяются параметрами *ITER* и *IT*.

1. *ITER* = 0, *IT* - произвольное. Определяются координатные поправки проволочных камер по следующему алгоритму.

Задана некоторая совокупность камер, две из которых являются опорными (координаты опорных камер определяются геодезическим способом). Координаты остальных камер совокупности заданы произвольным образом.

Выбираются события, когда на опорных камерах имеется по единственной "искре". По координатам этих "искр" проводится прямая линия, которая принимается за трек заряженной частицы. Затем перебираются остальные камеры заданной совокупности и для тех из

них, на которых имеется единственная "искра" (считается, что она принадлежит треку), вычисляется отклонение координаты "искры" от точки пересечения трека частицы с плоскостью камеры.

Усредненные на статистике в несколько тысяч событий эти отклонения считаются предварительными поправками координат детекторов.

2. $ITER = 1$, $IT = 0$. Вычисляются координатные поправки проволочных камер и годоскопов в соответствии с формулами (2)–(6) работы /2/. Известны координаты опорных камер и предварительные значения координат остальных камер заданной совокупности (определенные либо геодезическим способом, либо способом, описанным в п.1 настоящего раздела).

Уточнение координат проволочных камер и годоскопов, включенных в конфигурацию, производится с использованием информации о треках заряженных частиц, восстановленных по заданной совокупности камер.

Вычисление поправок представляет собой итерационный процесс. На каждом последующем шаге входными значениями координат камер служат их значения, найденные на предыдущем шаге.

3. $ITER = 2$, $IT = 0$. Вычисляются углы поворотов камер вокруг продольной оси установки и их координатные поправки в соответствии с алгоритмом, представленным в работе /2/ формулами (7)–(19). Известны координаты опорных камер и угол поворота первой опорной камеры. Известны также координаты остальных камер совокупности, вычисленные в соответствии с п.2 настоящего раздела. Вычисляются углы поворотов второй опорной камеры и других камер совокупности.

4. $ITER = 2$, $IT = 3$. Уточняются углы поворотов камер и их координаты. В этом случае треки частиц восстанавливаются с учетом

углов поворотов и координат камер, определенных способом, описанным в п.3. Затем в соответствии с тем же алгоритмом вычисляются поправки к углу второй опорной камеры и остальных камер совокупности, а также их координатные поправки. Процесс носит итерационный характер.

5. $ITER = 3$, $IT = 0$. Вычисляются углы поворотов камер (исключая опорные) вокруг продольной оси установки и их координатные поправки в соответствии с алгоритмом, представленным выражениями (20)–(22) работы /2/.

Известны координаты опорных камер и предполагается, что их сигнальные проволоки параллельны (этого можно добиться, выставив, например, плоскости опорных камер с помощью теодолита). Известны также координаты остальных камер совокупности.

6. $ITER = 3$, $IT = 3$. Уточняются углы поворотов камер и их координаты, найденные одним из способов, описанных в пп. 3, 4, 5.

Известны углы поворотов опорных камер и их координаты (определенные либо геодезическим способом, либо способом, описанным в пп.3, 4), а также углы и координаты остальных камер совокупности (определенные в соответствии с пп.3, 4, 5). Используется тот же алгоритм, что и в п.5. Треки частиц восстанавливаются с учетом уже найденных углов поворотов и координат камер совокупности.

Процесс уточнения поправок носит итерационный характер.

7. $ITER = 1$, $IT = 3$. Тестовый режим.

Треки частиц восстанавливаются с учетом вычисленных угловых и координатных поправок плоскостей камер.

Используется для проверки правильности определения геометрических констант установки.

Включение годоскопов в обработку осуществляется с помощью параметра *INODD*.

INODD = 1. Отбор событий производится с учетом информации, получаемой от годоскопов.

INODD = -1. Годоскопы выключены из обработки.

Заключение

С помощью программы *SHIFT* выполнялись расчеты геометрических констант для различных конфигураций установки "Гиперон". Результаты обработки экспериментальных данных, полученных в физических экспозициях установки в пучках заряженных частиц, подтверждают правильность рассчитанных значений констант. Точность определения констант соответствует расчетным разрешающим способностям спектрометра "Гиперон" /5,6/.

В заключение авторы благодарят Ю.А.Будагова, В.Б.Флягина, В.М.Кузина за постановку задачи и ряд ценных замечаний.

Литература

1. Виноградов В.Б. и др. ОИЯИ, 13-84-805, Дубна, 1984.
2. Виноградов В.Б. и др. ОИЯИ, P10-85-77, Дубна, 1985.
3. Антюхов В.А. и др. ОИЯИ, P13-84-562, Дубна, 1984.
4. Brun R. et al. HBOOK, CERN Program Library, Y250
5. Акименко С.А. и др. ОИЯИ, I-8948, Дубна, 1975.
6. Кульчицкий Ю.А. и др.
Депонированная публикация ОИЯИ, Б1-1-83-137, Дубна, 1983.

Кульчицкий

Кульчицкий

Кульчицкий

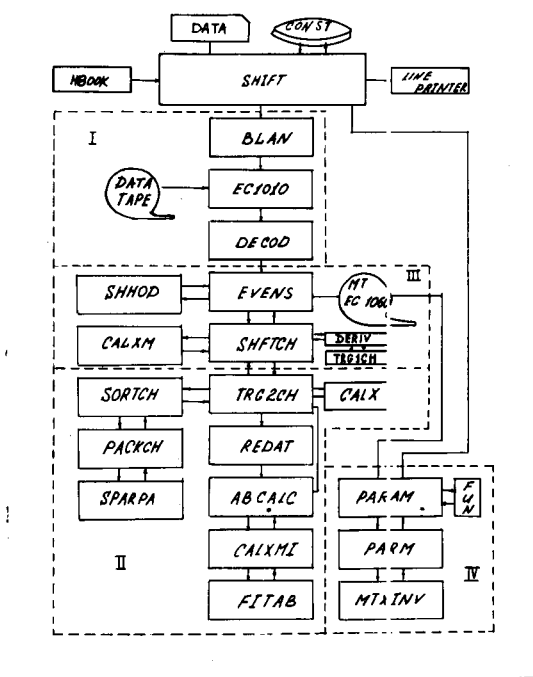


Рис.1. Блок-схема программы *SHIFT* для определения геометрических констант установки ГИПЕРЮН

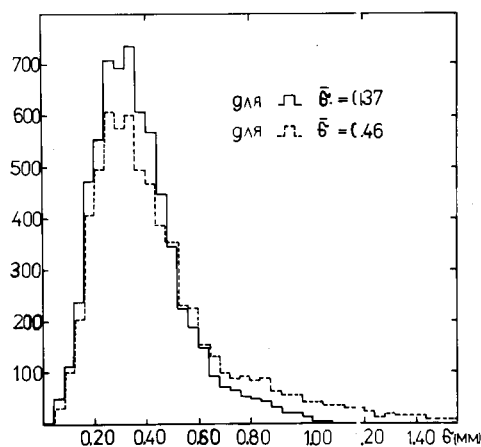


Рис.2. Распределения величин ξ_1 и ξ_2 .

Прерывистая линия - однократное фитирование набора трековых "искр".

Сплошная линия - двукратное фитирование с исключением "искр", удаленных от трека более чем на 3σ .