

индекс 3624

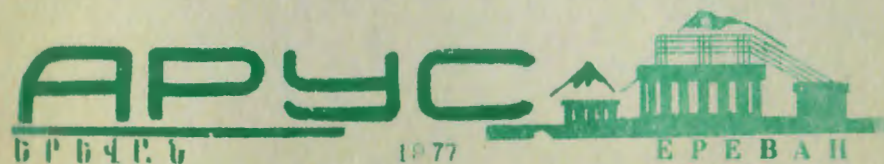
ԵՐԵՎԱՆԻ ՖԻԶԻԿԱԿԱՆ ԻՆՏԻՏՈՒՏ
ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

2

ЕФИ-241(34)-77

В.Н.ПРОХОРОВ, А.А.ЧИЛИНГАРЯН

ЮСТИРОВКА АРАГАЦСКОГО МАГНИТНОГО
СПЕКТРОМЕТРА.



ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ЕФИ-241(34)-77

В.Н.ПРОХОРОВ, А.А.ЧИЛИНГАРЯН

ЮСТИРОВКА АРАГАЦСКОГО МАГНИТНОГО
СПЕКТРОМЕТРА.

Ереван 1977

Импульсное разрешение магнитных спектрометров определяется параметрами магнитного поля и угловым разрешением измерительной системы. В современных мюонных спектрометрах [1-4] анализирующее магнитное поле создается в намагниченных до насыщения блоках железа, разумные значения для напряженности магнитного поля ограничены величиной $\sim 2 \cdot 10^3$ гаусс, и дальнейшее повышение импульсного разрешения спектрометров может быть достигнуто прежде всего совершенствованием их измерительной системы.

В Арагацском мюонном магнитном спектрометре [1] детектирование траекторий частиц осуществляется системой из 12 проволочных искровых камер с рабочими размерами 1000×1000 мм² и шагом координатных нитей в измерительных электродах, равным 1 мм [5]. Наряду с пространственным разрешением самих координатных детекторов важнейшим фактором, определяющим угловое разрешение спектрометра, является высокая точность установки детекторов - качественная юстировка спектрометра. Конечной целью юстировки спектрометра следует считать однозначную функциональную связь координатных нитей с некоторой выбранной системой координат.

Пусть измерительные электроды проволочных искровых камер ПИК располагаются в плоскости $Z OY$ (Рис.1). Плоскость магнитного отклонения XOY . Траектория зарегистрированной частицы восстанавливается по экспериментальным отсчетам n_i (номера работавших про-

волоков) и соответствующим координатам измерительных электродов X_i . Возникающие при этом ошибки в определении истинной координаты Y_i в плоскости электрода, обусловленные погрешностями в установке камер в телескопе, показаны на рис.1.

Суммарная ошибка, приведенная для удобства к ошибке в определении координаты Y , равна

$$\delta y_i = \Delta y_i + z_i \operatorname{tg} \psi_i + (n_i \operatorname{tg} \psi_i + z_i \operatorname{tg} \xi_i + \Delta x_i) \operatorname{tg} \theta \quad (1)$$

В случае малых углов ψ и φ для истинной Y — координаты проекции трека на i -тый измерительный электрод имеем:

$$y_i = n_i + \delta y_i + D y_i \quad (2)$$

где ошибка $D y_i$ обусловлена дискретностью регистрирующей системы и равномерно распределена в интервале $n_k - 0,5 \div n_k + 0,5$. Величина $D y_i$ не может быть уменьшена произвольно и в конечном счете определяет верхнюю границу максимально измеримого импульса P_{\max} установки.

Чтобы оценить влияние $D y_i$ и определить P_{\max} спектрометра для различного числа сработавших камер, следуя работе [6], была создана имитационная модель установки. Модель имитировала прохождение частиц бесконечного импульса через апертуру спектрометра. Для каждого случая определялись номера проволок n_i , которые бы сработали при прохождении частицы вблизи них. По этим величинам вычислительная подпрограмма выполняла построение прямолинейных траекторий для обоих плеч спектрометра:

$$y = a_1 x + b_1 \quad y = a_2 x + b_2$$

Далее вычислялось значение угла $\Delta \psi$ между этими прямыми:

$$\Delta \psi = \operatorname{arctg} a_1 - \operatorname{arctg} a_2$$

Угол $\Delta \psi$ не равен нулю из-за наличия ошибок $D y_i$, которые обуславливают отличие экстраполирующих траекторий от моделирующих прямых. Значение максимально измеримого импульса определялось из условия:

$$P_{\max} = \operatorname{const} / \Delta \psi$$

Здесь константа определяется параметрами магнитного поля и в нашем случае равна 1,33, импульс измеряется Гэв/с.

На рис.2 приведено распределение величин $1/P_{\max}$, полученных в результате имитации при срабатывании четырех камер из шести. Из распределения следует, что P_{\max} составляет ~ 5 Гэв/с. Реальное значение P_{\max} ввиду наличия ошибок типа $D y_i$ естественно будет ниже.

Из соотношения (1) видно, что ошибки в установке камер (юстировочные погрешности $\Delta \psi, \Delta \varphi, \Delta \xi, \Delta x, \Delta y$) в различной степени влияют на результирующую ошибку δy_i . Наибольший вклад вносят постоянная ошибка Δy_i и ошибка, вызванная поворотом электрода в его же плоскости на угол $\Delta \psi_i$, которая зависит от координаты z_i . Остальные ошибки зависят от угла входа частицы $-10^\circ < \theta < 10^\circ$. Легко видеть, что влияние этих ошибок сказывается слабее, по крайней мере на порядок.

Операции по юстировке камер в спектрометре были выполнены обычными геодезическими методами с использованием серийных теодолитов Т-2. Технические подробности методики юстировки Арагацкого спектрометра приведены в работе [7], здесь мы ограничимся иллюстрацией достигнутых значений точности выполнения отдельных юстировочных операций (таблица 1). Из табли-

цы 1 видно, что геодезический метод юстировки доста-

Таблица 1

Измеряемая величина	ψ	φ	ξ	x	y
Точность измерения	1	3	3	1 мм	0,5мм
Приведенная ошибка измерения в мм	0,2	0,05	0,05	0,1	0,5

точно точен для выполнения всех юстировочных операций, кроме измерения постоянного сдвига Δy_i отдельных камер. Между тем, расчеты показывают, что для получения $P_{\text{макс}} > 1$ Тэв/с ошибки Δy_i должны быть определены с точностью не хуже 0,2 мм.

Уточнение геодезического метода нахождения юстировочных поправок может быть достигнуто в процессе машинной обработки информации. Разработан специальный алгоритм случайного поиска наилучших поправок, который может работать как со статистической выборкой произвольно заданного числа событий, так и со всем имеющимся набором экспериментальных данных.

Работа алгоритма начинается с определения и запоминания величины

$$S(m, n) = \sum_j^m \sum_i^n (f_j(x_i) - y_{ij})^2,$$

где $f_j(x_i)$ - координата точки пересечения j - ой траектории с плоскостью i - камеры,

y_{ij} - отсчет i - камеры,

Затем следует обращение к оператору случайного шага, выбирающему номер камеры, y - координате которой дается приращение, и вычисляющему величину этого приращения $\delta_i(\tau)$. Далее экспериментальные точки преобразуются по формуле:

$$y_{ij} = \pi_{ij} + \delta_i^{(0)} + \delta_i(\tau),$$

где $\delta_i^{(0)}$ - начальная юстировочная поправка, $\delta_i(\tau)$ приращение поправки, полученной на τ - шаге.

С новым значением y_{ij} вычисляется величина $S(m, n)$ и, если $S(\tau) < S(\tau-1)$ шаг признается удачным, величина $S(\tau)$ запоминается и принимается новое значение начальной $\delta_i^{(0)}$. В противном случае полученное приращение вычитается и следует повторное обращение к оператору случайного шага. Программа работает до достижения заданной точности S^0 . Обычно, нужные значения точности достигаются за ~ 500 проб.

В таблице 2 приведены значения поправок, полученных геодезическим способом и способом программного поиска для 1 плеча спектрометра.

Таблица 2

Номер камеры	1	2	3	4	5	6
Начальная поправка	0	9	10	2	16,5	17,5
Уточненная поправка (мм)	0,1	9,4	9,7	1,5	16,3	17,9

Уточненные значения поправок были использованы для обработки серии измерений, содержащей ~ 600 событий.

Гистограммы отклонений d_k экспериментальных точек n_i от прямой, построенной методом наименьших квадратов по точкам n_i для 6 камер одного плеча спектрометра, приведены на рис.4. Дисперсии распределения лежат в интервале 0,5 - 0,8 (мм) и могут служить для оценки как пространственного разрешения отдельных камер, так и качества выполнения юстировочных операций. С учетом геометрии установки и параметров магнитного поля приведенные распределения согласно методике, предложенной в работе [8], позволяют вычислить значение $P_{\text{макс}}$ спектрометра, которое для данной серии измерений составило 2,5 Тэв/с.

В заключение авторы выражают свою признательность руководителю работ по созданию Арагацского магнитного спектрометра проф. Асатиани Т.Л., а также сотрудникам ЕФИ Схторяну Е.М., Григоряну К.В., Хачатряну Г.Л. за полезные советы и практическую помощь в процессе составления и отладки программ.

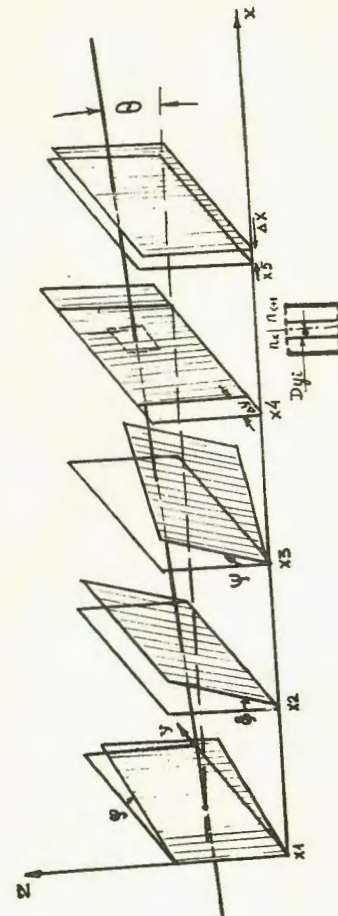


Рис.1

ПОДПИСИ К РИСУНКАМ

Рис.1. Возможные юстировочные ошибки, вызванные смещениями измерительных электродов камер.

Рис.2 Результаты имитации прохождения мюона через спектрометр.

Рис.3 Отклонения экспериментальных точек от прямой восстановленной методом наименьших квадратов.

ЛИТЕРАТУРА

1. LaMay L. et al. N.I.M. 54,7(1972)
2. Alkofer O.C. et al. N.I.M. 83,317(1970)
3. Kitamura T. et al. PICCR vol.9,3301(1975)
4. Kasha H.R. et al. PICCR vol.6,1868(1975)
5. Asatiani T.L. et al. PICCR vol.6,2151(1975)
6. Ayre C.A. et al. N.I.M. 102,19 (1972)
7. В.Н.Прохоров. Диссертация на соискание ученой степени кандидата физ.-мат.наук Ереван, 1976 г.
8. Н.Н.Говорун и др. Препринт ОИЯИ Р5-5397, 1970.

Рукопись поступила 15-го июня 1977 г.

Редактор Л.П.Мукаян
Тех.редактор А.С.Абрамян

Заказ 1118 ВФ- 03369 Тираж 299
Подписано к печати 18/X-77г. Формат издания 30x40
1,0 уч.изд.л. Ц. 7 к.

Издано Отделом научно-технической информации
Ереванского физического института, Ереван-36, пер.Мар-
каряна 2.