

индекс 3624

**ԵՐԵՎԱՆԻ ՖԻԶԻԿԱՅԻ ԻՆՍՏԻՏՈՒՏ**  
**ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ**

ЕФИ-616(6)-83

Բ.Բ.ԱԻՎԱԶՅԱՆ, Մ.Վ.ԲԱՐՏԻԿՅԱՆ, Ա.Ս.ԿԱԶԱՐՅԱՆ,  
Մ.Տ.ԿՈՐԾՈՆՏՔԻՅԻ, Զ.Մ.ՄԱՏԵՎՈՍՅԱՆ, Ա.Տ.ՆԱՆԱՅԱՆ,  
Ա.Մ.ՏԻՐՄԱՆՅԱՆ, Տ.Ա.ՏՈՐՈՍՅԱՆ, Կ.Կ.ՈՒՄՅԱՆ

ОПЫТНАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ МПК В  
СОСТАВЕ МАГНИТНОГО СПЕКТРОМЕТРА  
НА ЕРЕВАНСКОМ СИНХРОТРОНЕ

ԵՐԵՎԱՆ 1983 ԵՐԵՎԱՆ

Многопроволочные пропорциональные камеры (МПК), обладая рядом исключительных характеристик (высокое координатное и временное разрешения, эффективность, близкая к 100%, автоматический съём информации и т.д.) становятся основным детектором в технике физического эксперимента.

В работе [1] описаны МПК, разработанные и изготовленные в ЕрФИ, с целью модернизации и автоматизации экспериментальных установок. Были даны их основные характеристики, полученные в лабораторных условиях.

В настоящей работе описывается следующий этап - оснащение экспериментальной установки "Большой магнитный спектрометр" (БМС) [2] автоматизированной системой МПК из 4 камер с числом каналов 1024 для определения угла вылета частицы из мишени.

Цель опытной эксплуатации - проверка рабочих характеристик МПК в реальных условиях эксперимента, отладка и временная привязка всех систем и получение траекторий заряженных частиц (протонов,  $\pi$  - мезонов), пересекающих установку.

## 1. Основные характеристики магнитного спектрометра

Установка БМС [2], схематически показанная на рис.1, предназначена для регистрации заряженных частиц с импульсами выше 0,7 ГэВ/с в реакциях фоторождения мезонов.  $L_1$  и  $L_2$  - квадрупольные линзы,  $M$  - отклоняющий магнит,  $S_1$  и  $S_4$  - сцинтилляционные счетчики, формирующие триггер установки,  $\Gamma_1$  и  $\Gamma_3$  - годоскопические счетчики для измерения импульса частицы. За счет выбора определенной геометрии расположения магнитных элементов и соответствующих размеров регистрирующих счетчиков магнитный спектрометр имеет следующие основные характеристики: импульсный акцептанс  $\frac{\Delta P}{P} = \pm 12\%$ , телесный угол  $\Delta\Omega = 4 \cdot 10^{-3}$  ср, угловой захват в горизонтальной плоскости  $\Delta\theta_x = \pm 15$  мрад, угловой захват в вертикальной плоскости  $\Delta\theta_y = \pm 65$  мрад. Годоскопические счетчики  $\Gamma_1$ ,  $\Gamma_2$  и  $\Gamma_3$  обеспечивают импульсное разрешение  $\delta_p/P = 1,1 \pm 1,5\%$  в интервале измеряемых импульсов 0,7 + 2,5 ГэВ/с. Для определения угла рождения заряженных частиц в БМС между линзами  $L_1$  и  $L_2$ , а также за  $L_2$  были установлены четыре двухплоскостные МПК размерами 25,6 x 25,6 см<sup>2</sup> с шагом сигнальных нитей  $\Delta = 0,2$  см, что обеспечило высокое угловое разрешение  $\delta_\theta \approx 1,9$  мрад.

## 2. Опытная эксплуатация МПК

Эксплуатация МПК в составе БМС производилась на пучке вторичных частиц (протоны,  $\pi$  - мезоны), образуемых в реакции фоторождения на полиэтиленовой мишени  $(CH_2)_n$  толщиной  $d = 3$  см. При интенсивности  $\gamma$  - пучка  $Q \approx 2 \cdot 10^6$  эфф.кВ/с общие средние загрузки на каждую МПК составляли  $\sim 10$  кГц ( или одну проволочку

$\sim 10^2$  Гц) , что соответствует мгновенным нагрузкам на проволочку  $\sim 1$  кГц. Учитывая, что индивидуальная сигнальная нить МПК выдерживает средние загрузки до  $\sim 10^3$  кГц [3] , нормальная эксплуатация камер возможна при интенсивности  $\gamma$  - пучка до  $Q \approx 10^{10}$  эфф.кВ/с. Рабочие характеристики МПК были получены при интенсивности  $\gamma$  - пучка  $\sim 2 \cdot 10^6$  эфф.кВ/с.

Управляющий триггер установки был сформирован от сцинтилляционных счетчиков  $S_1 + S_4$  (4-х кратный "мастер") со средней эффективностью каждого счетчика на уровне  $\sim 98\%$ . Разделение протонов и  $\pi$  - мезонов производилось время-пролетной системой с компенсацией [2] между счетчиками  $S_1$  и  $S_4$  .

Эффективность регистрации частиц камерами определялась как отношение числа совпадений камерных импульсов "Быстрое или" [1] с триггером к числу триггеров установки. Поведение эффективности одной из камер в зависимости от напряжения показано на рис.2. При  $U = 4,5$  кВ кривая эффективности выходит на значение  $\epsilon = 0,996$ . Длительность строб-импульса при этом соответствовала ширине временного спектра при основании. Временные спектры, один из которых представлен на рис.3, получены стандартным методом [1] , причем стартовым сигналом служил триггер установки. Как видно из рисунка, временное разрешение, определяемое шириной пика у основания, не превышает  $t \approx 45$  нс.

Таким образом, на вторичном пучке от мишени физической установки были получены в реальных условиях эксперимента основные характеристики каждой МПК в отдельности. Результаты исследований показали надежность работы всех установленных в магнитном спектрометре МПК при длительной эксплуатации, а также по-

казали возможность их использования в условиях электронного ускорителя (загрузки, эффективность и т.д.).

### 3. Программное обеспечение системы сбора информации с МПК

В работе [1] подробно описана блок-схема аппаратуры съема и обработки информации с МПК, работающей на линии с ЭВМ "Электроника 60". Ниже приводится описание программного обеспечения этой системы. Система предназначена для сбора данных с МПК, их визуального наблюдения и передачи в ЭВМ ЕС-1022 для накопления и дальнейшей обработки.

В состав оборудования системы входят:

1. Мини-ЭВМ "Электроника 60" процессор, ОЗУ-4К слов, ПЧЗУ-2К слов, крейт КАМАК, А/ц-дисплей ВТ-340.

2. Модули КАМАК:

модуль управления МПК;

модуль последовательного опроса каналов МПК [4];

установочный счетчик КС 002 [5] - для счета триггеров;

модуль графического дисплея [6];

модуль передачи в ЕС-1022 [6].

Матобеспечение системы реализует следующие функции:

- диалог с оператором
- прием данных с МПК в ОЗУ "Электроника-60"
- вывод принятых данных на А/ц-дисплей
- передача данных на ЭВМ ЕС-1022
- вывод информации с камер в виде гистограмм.

На рис.4 изображена его функциональная блок-схема.

После запуска система на экран ВТ-340 выдает сообщение

MPC READY

(курсор дисплея)

Каждый раз появление символа "?" в начале строки означает, что система находится в ожидании управляющего символа - директивы оператора, которые выполняют различные функции: задание номера камеры для наблюдения на графическом дисплее, прием информации с модуля опроса МО и выдача на ВТ-340, прием с модуля опроса и установочного счетчика с пересылкой в ЕС-1022, а также с выдачей гистограммы. Помимо этого имеются служебные директивы, позволяющие прервать любой процесс системы, которым она была занята, и установление ее в исходное состояние. Обслуживание ввода/вывода телетайпа ВТ-340 осуществляется двумя подпрограммами, позволяющими обслуживать ввод с клавиатуры и вывод на экран, соответственно. Матобеспечение системы создано на базе RT - II.

Работа системы осуществляется следующим образом. После принятия одной из директив секция DIALOG вызывает подпрограмму, которая осуществляет прием информации с модуля опроса и установочного счетчика; с модуля опроса поступает информация о координатах события в МПК, а со счетчика - номера триггера. Она также занимается накоплением информации в буфер для передачи в ЕС-1022, сортировкой и набором статистики для получения гистограммы, а также подключением необходимых подпрограмм вывода. Имеются также подпрограммы для вывода гистограммы на графический дисплей и организации поблочной передачи в ЕС-1022. Длина одного блока  $2 \cdot 10^3$  байтов.

#### 4. Реконструкция траекторий заряженных частиц на основе данных МПК

Система четырех двухплоскостных МПК, установленных в БМС, предназначена для определения углов вылета вторичных частиц из мишени. Использование в установке квадрупольных линз  $L_{1,2}$  приводит к значительному усложнению поставленной задачи. Реконструкция углов вылета заряженных частиц в магнитном спектрометре проводилась на основе матричного метода, в котором кроме информации о координатах, полученных с помощью МПК, использовались значения импульса частицы, а также матрицы передачи квадрупольных линз. Нетрудно показать, что для определения углов вылета частицы из мишени, при условии, что размер мишени не влияет на угловое разрешение спектрометра, достаточно иметь информацию лишь с двух МПК (например, МПК1 и МПК3, см. рис.1). Однако с целью выделения истинных траекторий, а также повышения надежности системы нами были добавлены еще две МПК.

Ниже приводится алгоритм восстановления углов вылета частиц на основе данных четырех МПК в обеих плоскостях  $XOZ$ ,  $YOZ$ .

Для каждого триггера БМС определяется импульс трассируемой частицы и расчет углов производится следующим образом (рис.1). Обозначим номера событий в камерах МПК4, МПК3, МПК2, МПК1 -  $i, j, k, \ell$ , соответственно. Из точки  $i = 1$  проводится прямая к точке  $j = 1$  и доводится до пересечения с выходным краем линзы  $L_2$ , которая работает в режиме фокусировки в плоскости  $XOZ$  и дефокусировки в плоскости  $YOZ$ . Далее на основе матриц передачи: в случае дефокусировки

$$\begin{pmatrix} chKL & \frac{1}{K} shKL \\ KshKL & chK \end{pmatrix}$$

в случае фокусировки

$$\begin{pmatrix} cosKL & \frac{1}{K} sinKL \\ K sinKL & cosKL \end{pmatrix},$$

где  $K$  - коэффициент, зависящий от градиента линзы и импульса частиц,

$L$  - эффективная длина линзы,

рассчитывается траектория до входного края линзы  $L_2$ .

Имея входную точку в  $L_2$  и соответствующий пространственный угол, продолжаем траекторию до пересечения с плоскостью МПК2. Если координаты события ( $K = 1, 2, \dots$ ) МПК2 находятся в области  $\Delta_1$  около точки пересечения прямой с плоскостью, то траектория продолжается в виде прямой к плоскости МПК1. При этом проверяется попадание координаты события ( $\ell = 1, 2, \dots$ ) МПК1 в область  $\Delta_2$  (выбор областей  $\Delta_1$  и  $\Delta_2$  оказывает влияние на разрешение по углу вылета частицы из мишени) вокруг точки пересечения с плоскостью. В случае попадания траектория продолжается через линзу  $L_1$  до мишени  $T$  (рис.1) и определяются координаты точки рождения вторичной частицы ( $x_0, y_0, z_0$ ) и ее углы вылета ( $\theta_0, \varphi_0$ ). Наряду с этим проверяется условие рождения заряженной частицы на мишени в пределах, задаваемых профилем падающего пучка фотонов с учетом многократного рассеяния в мишени. Последнее определено нами на основе расчетов методом Монте-Карло. В случае невыполнения хотя бы одного из вышеуказанных условий на МПК1, МПК2 и  $T$  траектория считается ложной, тот же цикл повторяется при фиксированном номере события  $i$  (МПК 4) перебором точек  $j = 2, 3, \dots$  МПК3. Если при

таким переборе точек  $j$  не выделяется траектория, то аналогичная операция повторяется для других точек МПК4 ( $j = 2, 3, \dots$ ) того же триггера БМС. Таким же образом производится обработка данных всех триггеров БМС.

Реконструкция траекторий заряженных частиц проводилась на ЭВМ ЕС-1022. Обработка данных одного триггера по времени составляла 2 с. В результате опытной эксплуатации МПК в составе БМС нами была набрана определенная статистика, для которой более половины составляли случаи с одним событием в каждой МПК ( $i = j = k = l = 1$ ) и около 5% триггеров приходило на случаи с четырьмя событиями лишь в одной МПК (фоновое событие). Как показали наши расчеты, программа "Восстановление" эффективно выделяла реальные траектории на фоне сопутствующих. Контроль правильности работы программы проверялся прямыми расчетами траектории в БМС, на основе исходных данных, полученных при обработке.

Анализ полученных результатов показал, что использование МПК для определения угла вылета частицы из мишени позволяет при выборе ширины областей  $\Delta$  в пределах 2 шагов сигнальных нитей иметь угловое разрешение  $\theta_0 \approx 1,9$  мрад.

Таким образом, проведенная нами впервые в условиях Брванского синхротрона опытная эксплуатация автоматизированной системы МПК показала возможность ее эффективного использования в физических экспериментах.

В ближайшее время планируется наращивание системы МПК в установке БМС (замена сцинтилляционных годоскопов) с целью увеличения точности определения импульса вторичных частиц.

В заключение авторы выражают благодарность А.Ц.Аматуни и Г.А.Вартапетяну за стимулирование разработок МПК и их внедрение в практику эксперимента.

#### ПОДПИСИ К РИСУНКАМ

Рис. 1 Расположение элементов магнитного спектрометра:

$L_1, L_2$  - квадрупольные линзы,  $M$  - отклоняющий магнит,  $S_1 + S_4$  - сцинтилляционные счетчики,  $\Gamma_1 + \Gamma_3$  - фотоскопические счетчики, МПК1 + МПК4 - двухплоскостные пропорциональные камеры.

Рис. 2 Зависимость эффективности МПК от напряжения.

Рис. 3 Временной спектр МПК при напряжении на камере  $U = 4,5$  кВ.

Рис. 4 Функциональная блок-схема системы сбора информации с МПК.

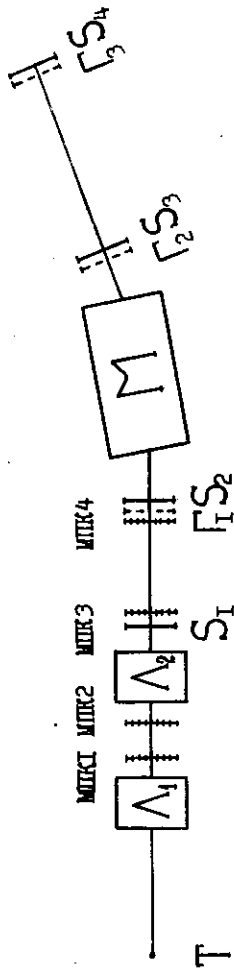


Рис. 1

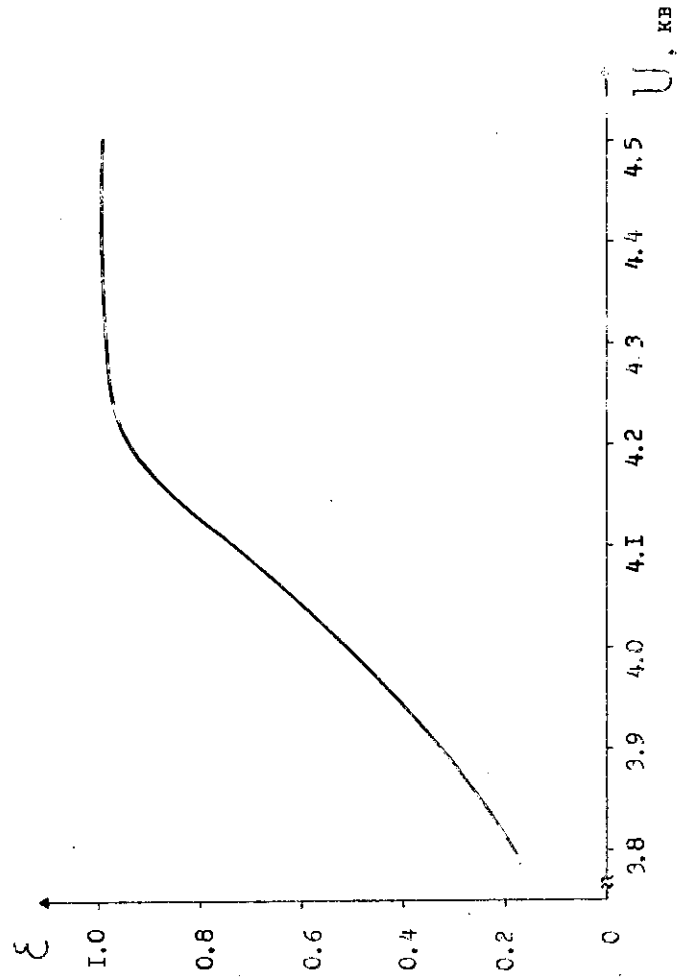


Рис. 2

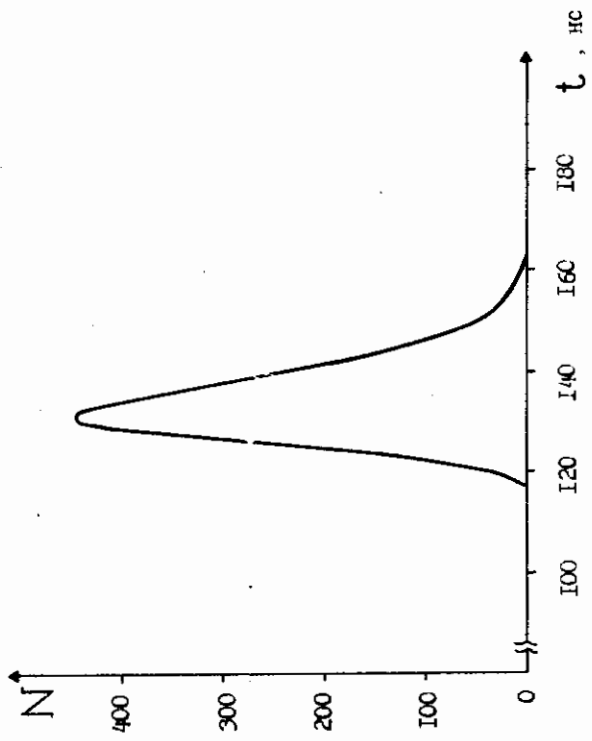


Рис. 3

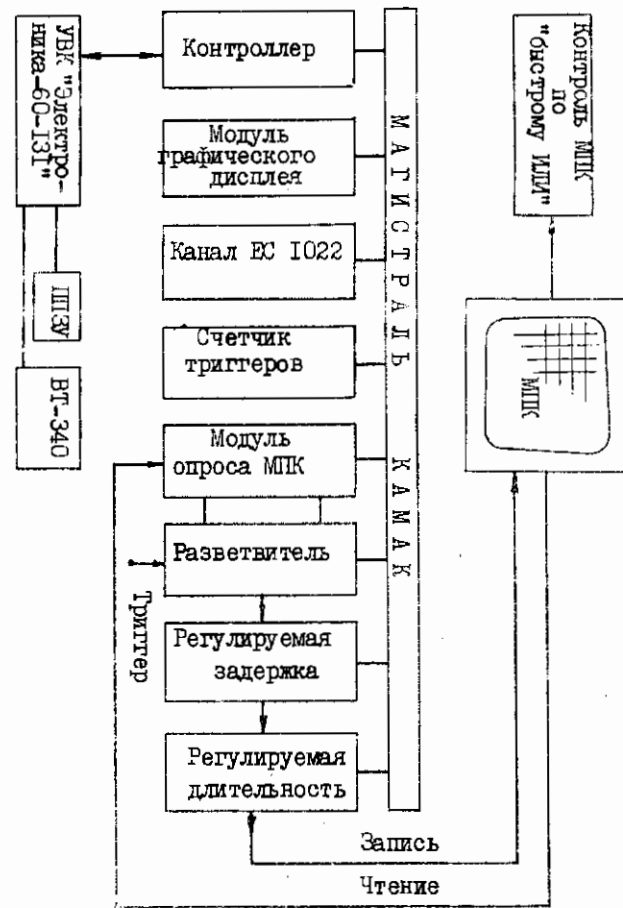


Рис. 4

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Апресян А.Н., Асатрян Р.А., Айвазян Р.Б. и др. Результаты разработок многопроводочных пропорциональных камер в Ереванском физическом институте. Препринт ЕФИ-486(29)-81, Ереван 1981.
2. Абрамян Л.О., Аганьянц А.О., Адамян Ф.В. и др. Магнитный спектрометр для регистрации частиц в области до 4 ГэВ/с. Препринт ЕФИ-МЭ-10(72), Ереван 1972.
3. Clift R. Proportional and drift chambers for use in a high energy muon at the CERN SPS.  
Труды III Международного совещания по пропорциональным и дрейфовым камерам. Дубна, 1976, с.137.
4. Аракобян В.И., Беляков Э.С., Бужьян С.П. и др. Модуль последовательного опроса каналов МПК в стандарте КАМАК. Препринт ЕФИ-344(2)-79, Ереван 1979.
5. Журавлев Н.И., Нгуен Мань Шат, Сидоров В.Т. и др. Цифровые блоки в стандарте КАМАК, разработанные для исследований на синхротроне в 1972 - 73 г.г. Сообщение ОИЯИ, IO-7332, Дубна 1977.
6. Васиник И.Е., Дадян А.Т., Мартиросян Г.М. и др. Унифицированная система сбора, переработки экспериментальной информации и управления. Препринт ЕФИ-500(43)-81, Ереван 1981.

Рукопись поступила 16 ноября 1982 г.

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

Заказ 57 ВФ- 04269 Тираж 299

Препринт ЕФИ Формат издания 60x84/16  
Подписано к печати 3/III-83 I.O уч-изд.л II.15 к.

Издано Отделом научно-технической информации  
Ереванского физического института, Ереван 36, Маркьяна 2