

К-317

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

(На правах рукописи)

КАЩУК

Анатолий Петрович

РАЗРАБОТКА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В ФИЗИЧЕСКИХ ЭКСПЕРИМЕНТАХ
СИСТЕМ БЫСТРОГО ОТБОРА СОБЫТИЙ РАССЕЯНИЯ
ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ ПРИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЯХ

(специальность: 05.13.06 – автоматизированные системы)
переработки информации и управления

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Дубна
1978

Работа выполнена в Ленинградском институте ядерной физики
им. Б. П. Константинова АН СССР.

Научный руководитель:

доктор физико-математических наук А. А. ВОРОБЬЕВ.

Официальные оппоненты:

доктор технических наук И. В. ШТРАНИХ,

доктор технических наук Ю. В. ЗАНЕВСКИЙ.

Ведущее научное учреждение-

- Институт физики высоких энергий (Серпухов).

Защита диссертации состоит "21" декабря 1978 г.
в "11" часов на заседании специализированного совета
ДО47.01.04 по присуждению ученых степеней в Лаборатории вычислительной
техники и автоматизации Объединенного института ядерных исследований,
г. Дубна, Московской обл.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОИЯИ.

Автореферат разослан "20" октября 1978 г.

Ученый секретарь Совета
кандидат физико-математических наук

Пузынина Т. П. ПУЗЫНИНА

- 3 -

I. Общая характеристика работы.

Актуальность проблемы. Проблема отбора событий была всегда и остается актуальной в экспериментальной физике высоких энергий. Практические достижения в решении проблемы отбора полезных событий создают возможности для постановки экспериментов по изучению редких или не доступных ранее процессов.

К числу таких экспериментов, в частности, относятся эксперименты по адрон-адронному рассеянию в области малых переданных импульсов. Основная трудность постановки указанных экспериментов заключается в том, что необходимо выделять редкие события, вероятность которых $\sim 2 \cdot 10^{-5}$, когда частицы рассеиваются на очень малые углы, практически оставаясь в интенсивном пучке.

В Лаборатории физики высоких энергий ЛИЯФ им. Б. П. Константинова АН СССР разработан метод и создана установка, основу которой составляет импульсная ионизационная камера, служащая одновременно газовой мишенью и детектором частицы отдачи. Метод позволяет выполнить и з м е р е н и я дифференциальных сечений упругого рассеяния элементарных частиц на протонах (а также ядрах дейтерия, гелия при соответствующем наполнении камеры) с высокой точностью и в широком интервале энергий. Однако для успешного использования относительно медленного ионизационного детектора (в комплексе со спектрометрической электроникой условимся называть его ионизационным спектрометром) на пучках с интенсивностью $10^5 + 10^6$ частиц/сек необходима специальная система избирательного запуска, позволяющая уменьшить интенсивность запусков спектрометра до уровня, не превышающего 10^4 1/сек.

Настоящая работа посвящена решению прежде всего этой проблемы, но тесным образом связана с р а з в и т и е м относительно нового направления в технике отбора событий, которое появилось в 70-е годы и основывается на анализе траекторий частиц в годоскопах*) пропорциональных камер и выявлении в реальном масштабе времени специфических корреляций событий при помощи специализированных процессоров.

*) Годоскоп - "ходов" - след и "всере" - видеть.

Цель и задачи исследования.

1. Разработка методики избирательного запуска ионизационного спектрометра экспериментальной установки для изучения упругого адрон-адронного рассеяния:

интервал переданных импульсов - $0,002 \leq \tau \leq 0,05$ (ТэВ/с)²,
энергия рассеиваемых частиц - до 300 ТэВ,
максимальная интенсивность пучка - 10^6 частиц/сек.

2. Разработка принципов организации и построения систем быстрого отбора событий малоуглового рассеяния частиц и требований к их основным параметрам - "мертвому" времени и коэффициенту отбора;

3. Разработка основных функциональных модулей: съема и регистрации информации с пропорциональных камер, кодирования годоскопической информации, оптимизированных арифметических и логических устройств и создание на этой основе систем отбора событий для управления ионизационным спектрометром.

4. Экспериментальное исследование характеристик разработанных систем.

Научная новизна и значимость проведенной работы.

На основе анализа особенностей пропорциональных камер и обобщения существующего опыта, а также опыта, накопленного при разработке и применении первого варианта системы, осуществлявшей избирательный запуск спектрометра на пучках с интенсивностью 10^5 частиц/сек, создана система отбора событий, в которой применено переопределение пропорциональных камер в годоскопах для работы с повышенной интенсивностью пучка - 10^6 частиц/сек и при высоких энергиях частиц. С увеличением энергии рассеиваемых частиц "сужается" конус углов рассеяния, и необходимо, соответственно, улучшить пространственное разрешение годоскопов (а следовательно, угловое разрешение установки). Показано, что переопределение камер в годоскопах дает ряд важных преимуществ как с точки зрения решения указанной проблемы, так и повышения эффективности годоскопов, увеличения коэффициента отбора, а также надежности системы.

Для работы в реальном масштабе времени эксперимента важно минимизировать составляющие "мертвого" времени такие, как: время съема

и регистрации годоскопической информации с пропорциональных камер, поиска "значащей" информации, нахождения отдельных точек на траекториях (или координат), анализа траекторий (здесь - вычисления угла рассеяния) и принятия решения. С целью повышения быстродействия системы и точности определения координат частицы в годоскопах разработана методика комбинационного (однотактного) кодирования годоскопической информации о усреднении координат частицы в пакетах камер, составляющих годоскоп, при переопределении камер в пакетах до четырехкратного.

В сочетании с новым способом улучшения пространственного разрешения пропорциональных камер, основанном на увеличении вероятности двойных кластеров (авторское свидетельство № 562136), разработанная методика обеспечивает необходимый и достаточный запас в угловом разрешении системы отбора событий малоуглового рассеяния частиц, что существенно для постановки экспериментов в широком интервале энергий вплоть до максимальных энергий вторичных пучков современных ускорителей.

Широко используется существующая кинематическая связь угла рассеяния пучковой частицы с кинетической энергией частицы отдачи, регистрируемой ионизационным спектрометром. Так, для дальнейшего увеличения коэффициента отбора предложен и впервые реализован с использованием больших интегральных схем алгоритм отбора событий по пространственному углу рассеяния, основанный на квадратичной связи угла рассеяния рассеиваемой частицы и кинетической энергии частицы отдачи. Предложен и реализован режим управления ионизационным спектрометром, в котором в зависимости от угла рассеяния автоматически перестраивается логика отбора событий в ионизационном спектрометре, что значительно расширило диапазон измерений по переданному импульсу.

Принятое в работе представление эквивалентной схемы многоступенчатой системы отбора событий способствовало созданию формализованного описания системы, необходимого для оценки производительности системы, и может рассматриваться в качестве основы для развития структурного синтеза систем рассматриваемого класса.

Практическая полезность. Применение созданных систем быстрого отбора событий "рассеяния" в комплексе с ионизационным спектро-

метром позволило достичь рекордных показателей в избирательности экспериментальной установки (общий коэффициент отбора 10^4):

100 - отбор событий по углу рассеяния пучковой частицы и 100 - отбор событий по параметрам частицы отдачи) и скорости набора полезной статистики. Это достигнуто впервые в экспериментах по рассеянию P^+ , K^+ - мезонов и антипротонов на протонах, что качественно отличает данную установку от известных прототипов. Рассмотренные в работе системы использовались в экспериментах по измерению дифференциальных сечений упругого pp- и pd- рассеяния при энергиях 640 МэВ и 1 ГэВ на ускорителе ЛИЯФ (Гатчина), в совместном ИФВЭ-ЛИЯФ-ОИЯИ эксперименте по измерению реальной части амплитуды упругого P-p-рассеяния вперед при энергии 40 ГэВ на ускорителе ИФВЭ (Серпухов), в совместном советско-шведско-французском эксперименте по изучению упругого рассеяния P^- , K^- -мезонов и антипротонов на протонах при энергиях 30, 50, 80, 100, 120 и 140 ГэВ, а также на ядрах дейтерия и гелия в интервале энергии 50 + 140 ГэВ на 400 - ГэВ ускорителе в ЦЕРНе (Женева).

Апробация работы. Основные результаты работы докладывались на УП Международном симпозиуме по ядерной электронике (Будапешт, 1973), УП Всесоюзной школе по автоматизации научных исследований (Ленинград, 1974), Международных совещаниях по методике пропорциональных и дрейфовых камер (Дубна, 1975 г. и 1978 г.), опубликованы $I+IO$ в трудах указанных совещаний, а также в журнале "Nuclear Instruments and Methods", CERN SAMAC news, препринтах ЛИЯФ.

Структура диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и содержит 142 страницы, 50 рисунков и 14 таблиц.

Краткое содержание диссертации.

Первая глава является обзорной. Рассмотрены тенденции в организации отбора событий в экспериментальной физике высоких энергий, который основывается на анализе траекторий частиц в годоскопических установках с пропорциональными камерами (ПК).

Анализ современного состояния практических разработок в этой области показал, что в настоящее время получил развитие метод матриц совпадений, имеются примеры реализации ассоциативных и таб-

личных методов отбора событий на основе быстродействующих запоминающих устройств, используются вычислительные методы на основе быстродействующих арифметических устройств. Недостатком известных систем, использующих ЗУ, и в которых селективируемые события предварительно табулируются на всем множестве возможных комбинаций, является ограничение, накладываемое на число годоскопических каналов объемом ЗУ. Свободными от указанного недостатка являются вычислительные методы, использующие быстродействующие арифметические устройства. Это направление представляется наиболее перспективным в развитии техники отбора событий и решения проблемы увеличения избирательности физических установок.

Рассмотрены также особенности и предложена классификация годоскопической информации, считываемой с пропорциональных камер. Эти вопросы затронуты в связи с тем, что проблема кодирования годоскопической информации является одной из ключевых проблем.

Вторая глава диссертации посвящена формализации задачи отбора событий "рассеяния" и анализу требований, предъявляемых к параметрам систем управления относительно медленными детекторами, в частности, импульсной ионизационной камерой, совмещающей в себе мишень и детектор, установки для экспериментов по адрон-адронному рассеянию в области малых переданных импульсов.

Знание интервала переданных импульсов (t_{\min} , t_{\max}) достаточно, чтобы определить пределы для регистрации угла рассеяния рассеиваемой пучковой частицы (θ_{\min} , θ_{\max}), а также кинетической энергии частицы отдачи (T_{\min} , T_{\max}):

$$\theta^2 = \frac{t}{P^2} = \text{const.} \cdot \frac{T}{P^2} \quad (I).$$

Здесь P - импульс рассеянной частицы (ГэВ/с), который практически равен импульсу налетающей (пучковой) частицы.

Для отбора полезных событий используется как отбор по θ (при помощи годоскопической установки с пропорциональными камерами), так и по T (ионизационной камерой). Таким образом, рассматриваемая установка представляет собой разновидность двухплечевого спектрометра, в котором оба плеча работают в совпадении. Учитывая то, что регистрация рассеиваемой частицы осуществляется немного

быстрее, чем частицы отдачи, "совпадение" фактически реализуется как "запуск", направленный от быстрого плеча к медленному. При этом осуществляется избирательный запуск ионизационного спектрометра, сущность которого заключается в предварительном отборе событий по углу рассеяния пучковой частицы в мишени-ионизационной камере.

Угол рассеяния частицы в мишени определяется по разности углов входа частицы в мишень и выхода из мишени, и задача отбора событий по углу рассеяния заключается в проверке неравенств вида:

$$\theta_{\min} < \theta_{x,y} < \theta_{\max}, \quad (2).$$

где
$$\theta_{x,y} = \frac{B}{L} \cdot (N_1 - 2N_2 + N_3 - C).$$

В другом представлении это могут быть неравенства вида:

$$2N_2 + K_1 \leq N_1 + N_3 \leq 2N_2 + K_2. \quad (3).$$

Здесь θ_x и θ_y - углы рассеяния в проекциях на плоскости XZ и YZ, где Z - ось пучка, N_1 - номера сработавших каналов годоскопов (координаты частицы), B - дискретность годоскопов, L - расстояния между годоскопами, C и $K_{1,2}$ - константы [1,7].

Из (1) следует, что идеальный алгоритм отбора событий должен основываться на проверке следующего неравенства:

$$\theta_{\min}^2 < \theta_x^2 + \theta_y^2 < \theta_{\max}^2. \quad (4).$$

Система отбора событий в общем виде представлена многоступенчатой системой. Анализ её эквивалентной схемы позволил формализовать взаимосвязь основных параметров всех ступеней - "мертвого" времени и коэффициента отбора - и разработать требования к этим параметрам.

Материал второй главы служит обоснованием принципов, на которых основывается построение систем отбора событий малоуглового рассеяния частиц. Исходя из самых общих требований к системам рассмат-

риваемого класса, синтезирована триггерная функция (Т):

$$T = M (A \vee \bar{P}_{\text{вых}}) \quad (5)$$

и проанализированы ее свойства.

Здесь M - мониторная функция, например, $M = P_{\text{вых}}$, где $P_{\text{вых}}$ - логическая функция, принимающая значение 1, если есть координаты частицы во входных годоскопах (установленных до рассеивающей мишени), $A = A_x \vee A_y$ - функция, принимающая значение лог.1, если выполняется (2); $\bar{P}_{\text{вых}}$ - функция, принимающая значение лог.1, если нет координаты ($\emptyset_{\text{вых}}$) или зарегистрирована "множественность" ($M_{\text{вых}}$) в выходных годоскопах, т.е. $\bar{P}_{\text{вых}} = \emptyset_{\text{вых}} \vee M_{\text{вых}}$. Из (5) следует, что коэффициент отбора ограничен сверху:

$$K = \frac{\text{счет } M}{\text{счет } T} < \frac{1}{\text{вероятность } \bar{P}_{\text{вых}}}. \quad (6).$$

Показано, что разложением функции $\bar{P}_{\text{вых}}$ на составляющие при соответствующей модификации мониторной функции можно увеличить коэффициент отбора [2,7].

Проанализированы особенности переопределения камер в годоскопах (до четырехкратного). Особое внимание при этом уделено вопросам минимизации вероятностей таких категорий событий, которые обращают в нуль мониторную функцию, ограничивают коэффициент отбора, а также обуславливают его зависимость от интенсивности пучка.

В третьей главе описаны конкретные системы быстрого отбора событий малоуглового рассеяния частиц для избирательного запуска ионизационного спектрометра, разработанные в разное время, работающие без переопределения [2,6] и с переопределением камер в годоскопах [7]. Приведено описание основных функциональных модулей разработанных систем: регистрации информации с пропорциональных камер, анализа и кодирования годоскопической информации, специализированных арифметических и логических устройств.

Структура системы с переопределением камер в годоскопах является более общей. Каждый годоскоп состоит из совокупности независимых плоскостей ПК, и позиции отдельных плоскостей в таком пакете

фиксированы и обозначаются как А, В, С и D (для четырехкратного переопределения). Принято считать, что позиция А является опорной, В имеет фиксированный сдвиг на $0,25\text{ в}$, С - на $0,5\text{ в}$ и D - на $0,75\text{ в}$, где в - шаг сигнального электрода ПК (в нашем случае $\text{в} = 1\text{ мм}$). Дискретность такого годоскопа, очевидно, равняется $0,25\text{ в}$. Частным случаем является двойное переопределение. Такое представление о годоскопах явилось исходной предпосылкой при разработке системы, основными особенностями которой являются:

- допустимое число плоскостей ПК - 20;
- каждую плоскость можно включить "на линию" или отключить;
- в каждой плоскости кодируются единичные срабатывания годоскопических каналов, двойные и тройные кластеры (при этом кодируется центр кластера), при других категориях срабатываний плоскость автоматически исключается и не участвует в определении координаты частицы;
- производится усреднение координат от плоскостей с учетом фиксированного сдвига позиций плоскостей внутри пакета;
- максимальный разброс координат внутри пакета контролируется и ограничен величиной $0,75\text{ в}$;
- отбор событий производится по совокупности логических признаков, полученных с кодирующих устройств, и арифметических решений, полученных с арифметических устройств;
- для выработки последовательности решений предусмотрена автоматическая модификация констант сравнения (порога).

На рис. 1 и 2 приведены блок-схемы кодирующих модулей: 64 - входного модуля промежуточного кодирования (МПК-64, имеется также разновидность - сдвоенный 32-входовой модуль - 2МПК-32) и модуля окончательного кодирования годоскопической информации (МОК). На входы МПК годоскопическая информация поступает непосредственно с буферных регистров, в которых запоминается информация с пропорциональных камер. Выходы МПК соединены со входами МОК. Двоичные коды координат поступают на арифметическое, а логические признаки - на логическое устройства. Кодирующие, арифметические и логические устройства образуют специализированный цифровой процессор, рис. 3.

Процессор не имеет внутренней памяти и может рассматриваться как чисто комбинационная система. Он полностью реализован на элементах эмиттерно-связанной логики (ЭСЛ) и имеет задержку "вход-выход".

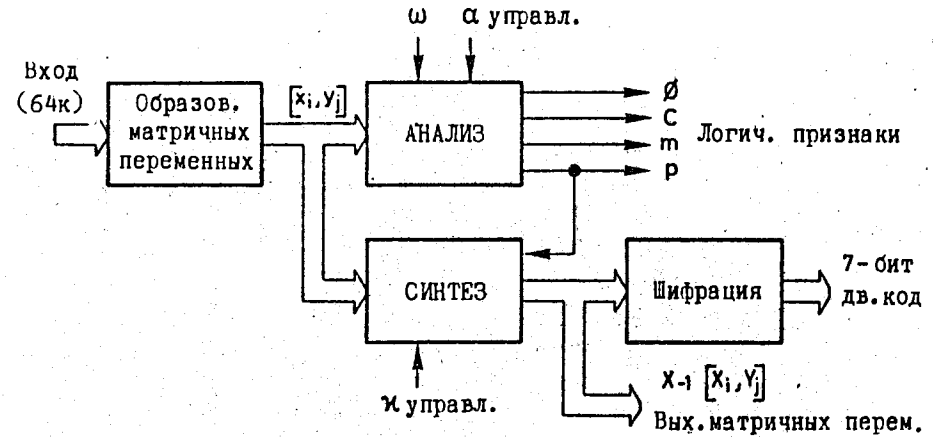


Рис. 1. Блок-схема модуля промежуточного кодирования годоскопической информации (МПК-64).

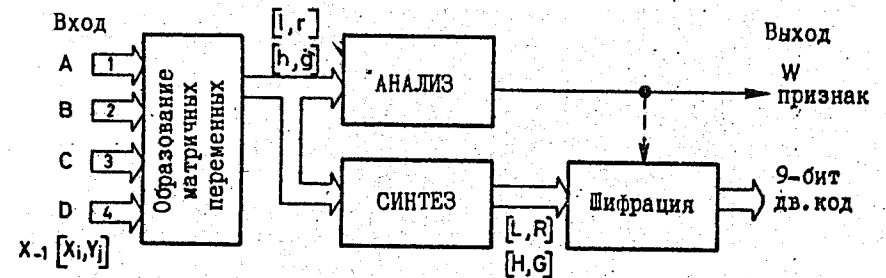


Рис. 2. Блок-схема модуля окончательного кодирования годоскопической информации (МОК).

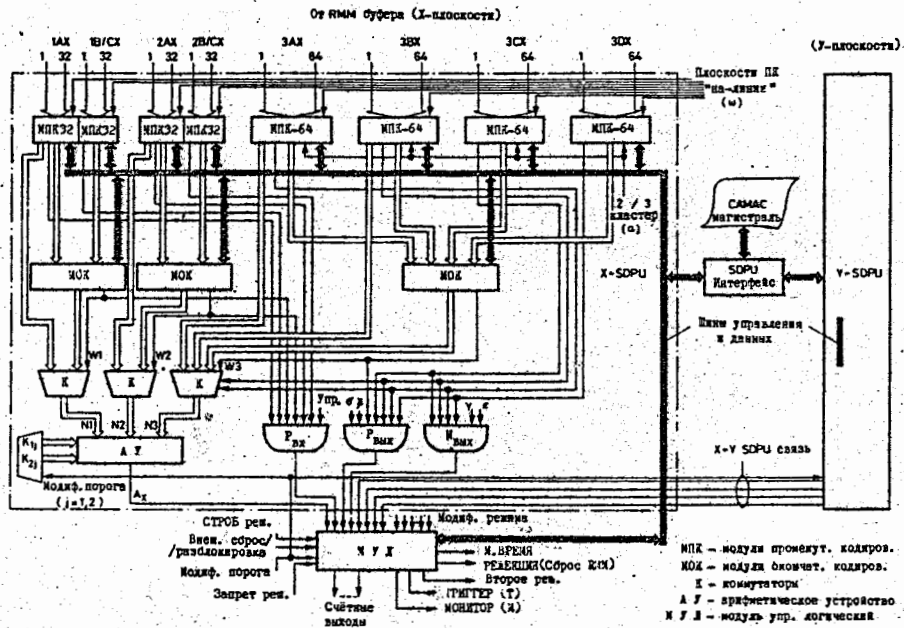


Рис. 3. Состав и архитектура специализированного цифрового процессора.

120 нс (время решения). Для получения триггерного (или режестирующего) и мониторингового импульсов решение процессора стробируется с задержкой относительно импульса, стробирующего годоскопическую информацию в буферные регистры. Полное "мертвое" время системы складывается из времени решения процессора и времени, необходимого для установки и сброса (при режестии события) буферных регистров, и не превышает 250 нс.

Триггерным импульсом запускается ионизационный спектрометр, и параллельно реализуется алгоритм отбора событий по пространственному углу рассеяния в соответствии с формулой (4) ^{19/}.

На рис. 4 показана схема, иллюстрирующая состав и архитектуру модуля-процессора, осуществляющего отбор событий по пространственному углу рассеяния. Это - многотактный процессор с микропрограммным управлением, выполненный на элементах транзисторно-транзисторной логики - ТТЛ Шотки. Длительность такта - 250 нс. Для решения задачи требуется 6 тактов, если входными данными являются углы в проекциях $\theta_{x,y}$, и 31 такт, если входными данными являются коды координат $N_{ix,y}$ (см. 2).

Четвертая глава диссертации посвящена применению созданных систем и анализу их характеристик и параметров, реализованных в экспериментах. Материал этой главы дополняет экспериментальными данными положения и утверждения второй главы.

Рассмотрены вопросы оптимизации параметров пучка, оптимизации эффективности пропорциональных камер, измерений углового разрешения годоскопической установки и выбора порога дискриминации, без чего невозможно достижение высоких показателей.

На рис. 5 приведены результаты измерений коэффициента отбора при Π_r - рассеянии при энергии 140 ГэВ.

В этой главе иллюстрируется работа системы в специальном - двухпороговом режиме отбора событий. Приведены данные, характеризующие производительность и избирательную способность экспериментальной установки в целом.

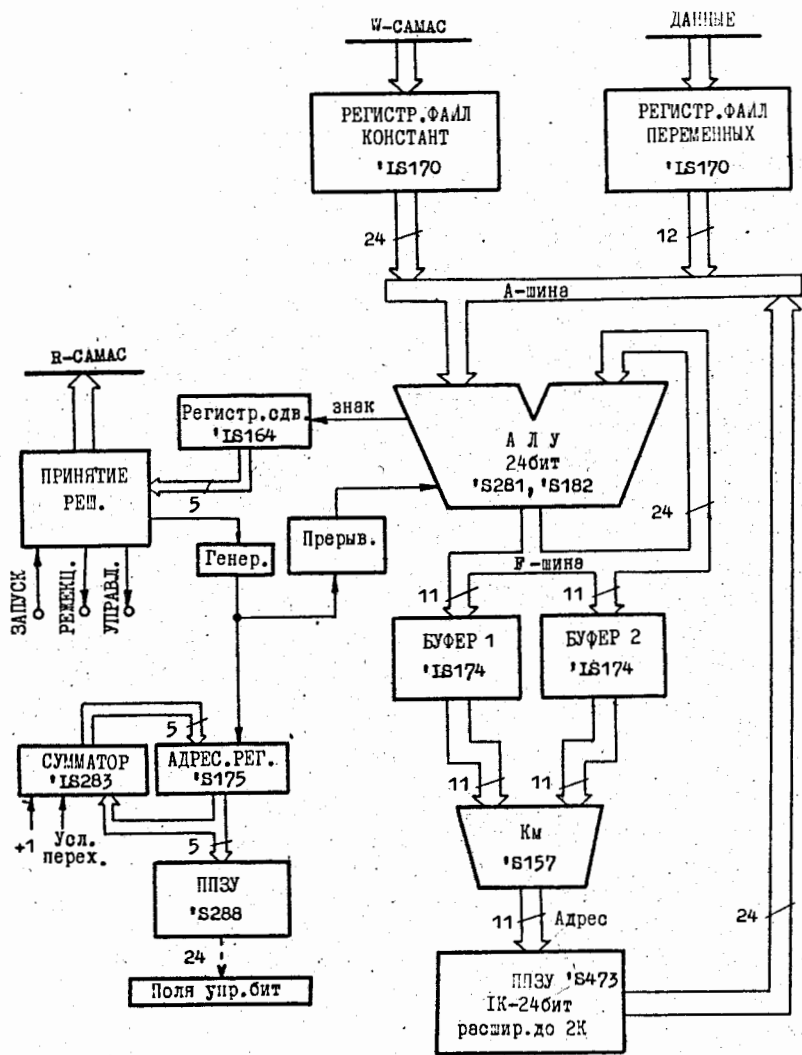


Рис. 4. Архитектура модуля-процессора, осуществляющего отбор событий по пространственному углу рассеяния.

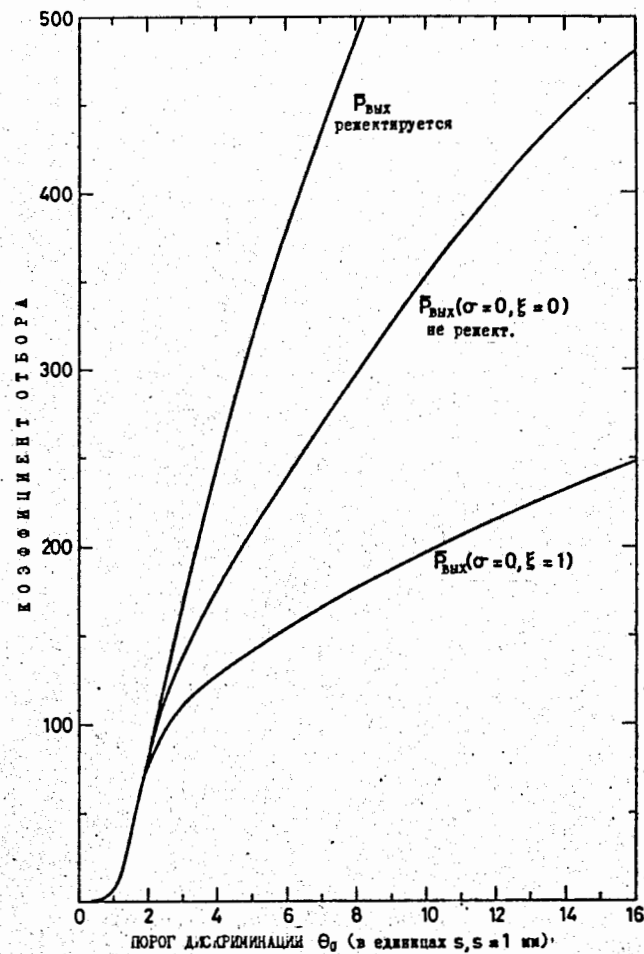


Рис. 5. Зависимость коэффициента отбора от порога дискриминации.

III. Выводы

1. Рассмотрены современные тенденции в использовании годоскопической информации с пропорциональных камер для организации быстрого отбора событий в экспериментальной физике высоких энергий. Оценены достоинства и недостатки существующих методов и систем. Показано, что использование вычислительных методов обработки годоскопической информации и построение специализированных цифровых процессоров для выявления специфических пространственно-временных и кинематических корреляций событий является перспективным направлением в решении проблемы повышения избирательности физических установок.

2. Разработана методика и обоснованы принципы построения систем быстрого отбора событий малоуглового рассеяния частиц для избирательного запуска ионизационного спектрометра в экспериментальной установке для изучения упругого адрон-адронного рассеяния в области малых переданных импульсов.

Разработанная методика учитывает свойства и возможности пропорциональных камер, а также основывается на существующей кинематической связи угла рассеяния рассеиваемой частицы и кинетической энергии частицы отдачи.

3. Для удовлетворения повышенным требованиям, предъявляемым к пространственному разрешению годоскопов при высоких энергиях, а также к эффективности годоскопов при работе с интенсивностью пучка 10^6 частиц/сек, предложено использовать переопределение пропорциональных камер в годоскопах и показаны преимущества переопределения камер в том числе для увеличения коэффициента отбора.

4. С целью повышения точности определения координат частицы в годоскопах, а также повышения быстродействия систем разработана и реализована методика комбинационного однократного кодирования годоскопической информации о усреднении координат частицы в пакетах камер, составляющих годоскоп, при переопределении камер в пакетах до четырехкратного. В сочетании с новым способом улучшения пространственного разрешения пропорциональных камер, основанном на увеличении вероятности двойных кластеров (авторское свидетельство № 562136), разработанная методика обеспечивает необходимый

и достаточный запас в пространственном (а следовательно, угловом) разрешении системы отбора событий малоуглового рассеяния частиц, что важно для постановки экспериментов в широком интервале энергий вплоть до максимальных энергий вторичных пучков современных ускорителей.

Разработанная методика кодирования годоскопической информации пригодна для широкого применения в установках экспериментальной физики высоких энергий.

5. Разработан набор функциональных модулей: регистрации информации с пропорциональных камер, кодирования годоскопической информации, специализированные арифметические и логические устройства. На этой основе созданы системы отбора событий малоуглового рассеяния частиц на 352 и 768 годоскопических каналов для работы без переопределения и с переопределением камер в годоскопах.

По быстродействию созданные системы превосходят известные аналоги.

6. С целью увеличения коэффициента отбора предложен и впервые реализован с использованием больших интегральных схем алгоритм отбора событий по пространственному углу рассеяния, основанный на непосредственной (квадратичной) связи угла рассеяния пучковой частицы и кинетической энергии частицы отдачи.

7. С целью расширения диапазона измерений по переданному импульсу предложен и реализован новый режим управления ионизационным спектрометром (условно именуется двухпороговым), также основанный на кинематической связи указанных в п.п. 2 и 6 параметров. В этом режиме в зависимости от угла рассеяния автоматически переключается логика отбора событий в ионизационном спектрометре.

8. Разработанные системы внедрены в практику физических экспериментов в экспериментальной установке для изучения упругого адрон-адронного рассеяния в области малых переданных импульсов и использовались в экспериментах, проводившихся на ускорителях ЛИЯФ, ИФВЭ и ЦЕРНА.

Л и т е р а т у р а

1. А.П.Кашук, В.С.Самсоненков, В.А.Сумар,
"Триггерная система для отбора событий рассеяния в реальном масштабе времени эксперимента". Труды УИ Международного симпозиума по ядерной электронике, ОИЯИ, ДІЗ-76І6, 342, Дубна, 1974.
2. А.А.Воробьев, Г.Н.Величко, Е.А.Дамаскинский, Д.К.Залите, А.П.Кашук, А.Г.Крившич, Э.И.Мальтенков, О.Е.Прокофьев.
"Триггерная система с пропорциональными камерами, работающая совместно с ионизационным детектором ядер отдачи в экспериментах по рассеянию адронов на малые углы". Труды Международного совещания по методике проволочных камер, ОИЯИ, ДІЗ-9І64, 228, Дубна, 1975.
3. А.А.Воробьев, Е.А.Дамаскинский, А.П.Кашук, А.Г.Крившич.
"Способ измерения координаты трека заряженной частицы с помощью проволочной плоской пропорциональной камеры". Авторское свидетельство № 562І36, кл. G0ІІ/І8 с приоритетом от 7.04.75.
4. А.А.Воробьев, Е.А.Дамаскинский, А.П.Кашук, А.Г.Крившич.
"Простой способ улучшения пространственного разрешения пропорциональных камер". Труды Международного совещания по методике проволочных камер, ОИЯИ, ДІЗ-9І64, 163, Дубна, 1975.
5. Е.А.Damaskinsky, А.Р.Kashchuk, А.Г.Krivshich and А.А.Vorobyov.
"A method for improving the spatial resolution of multiwire proportional chambers". Nuclear Instruments and Methods, 130, 611 (1975).
6. А.П.Кашук, Д.М.Скоморохов, В.А.Сумар, Э.И.Мальтенков.
"Специализированное арифметическое устройство для отбора событий в экспериментах по рассеянию частиц высоких энергий". Материалы УИ Всесоюзной школы по автоматизации научных исследований, ЛИАФ, Ленинград, 1974.
7. А.Р.Kashchuk, V.L.Golovtsov.
"A special digital processor unit for fast rejection of unscattered particles".
Препринт ЛИАФ - 395, Ленинград, 1978.
8. А.П.Кашук, Т.Г.Макаев.
"Регистрирующая электроника для пропорциональных камер".

- Труды Международного совещания по методике проволочных камер, ОИЯИ, ДІЗ-9І64, 260, Дубна, 1975.
9. А.Р.Kashchuk, N.Madjar.
"A dedicated processor providing the spatial selection of the events".
CERN CAMAC news, № 13, CERN, Geneva, February 1978.
 10. J.P.Burg, M.Chemarin, M.Chevallier, A.S.Denisov, C.Doré, T.Ekelöf, P.Grafström, E.Hagberg, B.ILLE, A.P.Kashchuk, G.A.Korolev, S.Kullander, M.Lambert, J.P.Martin, S.Maury, L.Meritet, M.Querrou, V.A.Schegelsky, E.M.Spiridenkov, I.I.Tkach and A.A.Vorobyov.
"Measurements of π^+p elastic scattering in the Coulomb interference region at 100 GeV/c and 140 GeV/c, preliminary results". Submitted to the European Conference on Particle Physics, Budapest, Hungary, 4-9 July 1977.

ЛИЯФ, зак.709, тир.120, уч.-изд.л.0,9; 25/IX-1978г, М-32372

Бесплатно