

П - 573

13 - 8255

ПОПЕЛЬСКИ Веслав

АНАЛОГОВАЯ СИСТЕМА ВЫБОРОЧНОГО ЗАПУСКА
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОПОРЦИОНАЛЬНЫХ КАМЕР
В ЭКСПЕРИМЕНТЕ ПО УПРУГОМУ π^- -p-РАССЕЯНИЮ
НА МАЛЫЕ УГЛЫ ПРИ ЭНЕРГИЯХ 40 И 50 ГЭВ

Специальность 05.12.08 - электронная техника
и приборы

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

(Диссертация написана на русском языке)

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий Объединенного института ядерных исследований.

Научные руководители:

кандидат физико-математических наук Э.Н.ЦЫГАНОВ,

кандидат технических наук М.ТУРАДА .

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук КОПЫЛОВ-СВИРИДОВ В.А.,

кандидат физико-математических наук КУШЦОВ А.В. .

Ведущее научно-исследовательское учреждение:

Институт физики высоких энергий (Серпухов)

Автореферат разослан " " _____ 197_г.

Защита диссертации состоится " " _____ 197_г. на заседании Ученого совета Лаборатории высоких энергий.

Адрес: г.Дубна, Московской области, конференц-зал ЛВЭ, ОИЯИ

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ЛВЭ, ОИЯИ

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ СОВЕТА ЛВЭ

М.Ф.Лихачев

М.Ф.ЛИХАЧЕВ

ПОПЕЛЬСКИ Веслав

АНАЛОГОВАЯ СИСТЕМА ВЫБОРОЧНОГО ЗАПУСКА
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОПОРЦИОНАЛЬНЫХ КАМЕР
В ЭКСПЕРИМЕНТЕ ПО УПРУГОМУ π -р-РАССЕЯНИЮ
НА МАЛЫЕ УГЛЫ ПРИ ЭНЕРГИЯХ 40 И 50 ГЭВ

Специальность 05.12.08 - электронная техника
и приборы

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

(Диссертация написана на русском языке)

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

В последние годы наблюдается значительный прогресс в методике проведения физических экспериментов, что связано с использованием искровых и пропорциональных камер. Во всех исследовательских центрах искровые и пропорциональные камеры находят применение в различных экспериментах с элементарными частицами.

Сложные физические установки, созданные на основе пропорциональных и искровых камер, обладают большой скоростью набора информации, надёжностью работы, а возможность представления информации с камер в цифровой форме, удобной для электронных вычислительных машин, способствует их применению в системах, работающих "on-line" с ЭВМ.

В большинстве экспериментов с элементарными частицами число полезных событий составляет обычно небольшую долю среди всех событий. Это обстоятельство ограничивает скорость набора статистики, и проведение экспериментов без предварительного отбора событий является нереальным.

Данная диссертация посвящена разработанной и примененной в эксперименте по изучению упругого рассеяния π^- - мезонов на протонах на малые углы системе выборочного запуска^{1,2/} с пропор-

циональными камерами / 4, 5 /, с помощью которой происходил запуск спектрометра / 2, 6, 7, 8 /, состоящего из магнита и 18 искровых камер. Эксперимент был проведен в 1971 году на ускорителе ИФВЭ в Серпухове.

Диссертация состоит из введения и четырех глав.

В основу диссертации положены исследования и разработки, выполненные в 1969-1972 гг. Основные результаты этих исследований и разработок опубликованы в работах /1, 2, 3/.

Первая глава обзорная. Она посвящена экспериментальной методике отбора физических событий при использовании различных типов координатных детекторов.

В табл. I приводятся основные характеристики координатных детекторов, применяемых в настоящее время в физике высоких энергий.

Таблица I.

	Сцинтилляц. гороскопы	Искровая камера	Пропорциональн. камера	Дрейфовая камера
Пространственное разрешение	~ 3 мм	~ 0,3 мм	~ 0,6 мм	~ 0,1 мм
Временное разрешение	10^{-8} сек	$\sim 10^{-6}$ сек	$0,8 \cdot 10^{-7}$ сек	$\sim 10^{-7}$ сек
Частота срабатывания	10^8 /сек	$\sim 10^2$ /сек	$\sim 10^6$ /сек	$\sim 10^6$ /сек
Изготовление	сложное	простое	сложное	простое
Стоимость	высокая	низкая	высокая	средняя

Сцинтилляционные годоскопы, являвшиеся некоторое время тому назад почти классическими координатными детекторами, в настоящее время в значительной степени уступили свое место искровым, пропорциональным и дрейфовым камерам. Это связано, в основном, с такими недостатками этих систем, как сложность изготовления и наладки, высокая стоимость, значительное количество вещества на пути частиц,

недостаточно высокое пространственное разрешение. Тем не менее, непревзойденное быстродействие делает их незаменимыми при использовании в пучках высокой интенсивности, например, в виде пучковых годоскопов, служащих для улучшения импульсного разрешения.

В последние годы широко применялись системы с использованием бесфильмовых искровых камер. Простота изготовления таких систем, высокое пространственное разрешение, минимальное количество вещества на пути частицы способствовали созданию большого количества спектрометров, состоящих из искровых камер. Недостатком таких систем является малое быстродействие, а также импульсный режим работы, требующий организации выборочного запуска.

От этих недостатков в значительной степени свободны пропорциональные камеры, обладающие на три порядка более высоким быстродействием. Однако сравнительно высокая стоимость их изготовления, а также несколько худшее по сравнению с искровыми камерами пространственное разрешение ограничивают развитие больших систем с пропорциональными камерами.

Поэтому большой интерес вызывает методы сочетания в экспериментальных установках преимуществ искровых и пропорциональных камер. В этом случае сравнительно небольшие системы пропорциональных камер используются для выборочного запуска установки, в которой роль основных координатных детекторов выполняют искровые камеры.

Вторая глава посвящена описанию экспериментальной установки /2, 7 /, с помощью которой был проведен эксперимент с целью исследования дифференциального сечения упругого рассеяния π^- мезонов на протонах при импульсах первичных π^- мезонов 40 и 50 Гэв/с. Эксперимент проводился на магнитном спектрометре с магнитоотрицательными искровыми камерами (рис. I). Упругие взаимодействия идентифицировались с помощью измерения импульса рассеянного π^- мезона, квадрат передачи четырехимпульса определялся из угла рассеяния π^- мезона в жидководородной мишени.

Для выборочного запуска спектрометра была создана система, с помощью которой подавлялись запуски от не взаимодействовавших пионов. Аналоговая решающая система за время около 300 нсек обрабатывала информацию с трех годоскопов из проволочных пропорциональных камер, определяла углы рассеяния в обеих плоскостях и, после сравнения их с заданными константами, выдавала разрешение на запуск спектрометра и регистрацию события. События с рассеянием на углы, соответствующие передаче импульсов в области

$0,0025 \text{ (Гэв/с)}^2 < |t| < 0,25 \text{ (Гэв/с)}^2$, регистрировались с эффективностью, близкой к 100%.

Проведенные испытания показали, что импульсное разрешение спектрометра не хуже $\pm 0,5\%$. Угловое разрешение составляло $\pm 0,1$ мрад при импульсе $p = 50$ Гэв/с. Система искровых камер и регистрирующая аппаратура обеспечивали:

- измерение координат частиц с точностью $\pm (0,2 + 0,4)$ мм при пространственном разрешении до 1,5 мм,
- регистрацию до шести координат искр с каждого съемного датчика,
- запуск установки до 120 раз за цикл ускорителя.

В одном событии в ЭВМ передавалось 340 16-разрядных слов.

Средняя эффективность спектрометра (эффективность регистрации событий π^- -р рассеяния) составляла около 98%.

Созданная система программ "on-line" позволяла принимать экспериментальные данные с одновременной проверкой правильности поступающей информации и контролировать по ходу эксперимента все узлы установки.

С помощью программы "on-line" проводилась предварительная обработка экспериментального материала по мере его накопления,

находились " π^- -р" - события и их характерные параметры, такие как точка взаимодействия, угол рассеяния и импульс вторичного π^- -мезона. Этот анализ позволял контролировать работу установки и, в случае необходимости, вводить соответствующие исправления в аппаратуре.

В этой главе рассматриваются также определенные свойства спектрометрической установки, которые необходимо учитывать при выборе варианта и разработке решающей системы выборочного запуска.

В третьей главе определяется задача для системы выборочного запуска, принцип работы системы и описывается реализация в эксперименте выбранного варианта аппаратуры.

Координатными детекторами для системы выборочного запуска были выбраны пропорциональные камеры / 4,5 /. Для определения угла рассеяния частицы на ядрах мишени нужны, по крайней мере, три пропорциональные камеры для каждой плоскости XZ и YZ. В первых двух блоках ПК установки контролировалось по 16 проволочек в каждой камере, в третьем блоке - по 40 проволочек в обеих плоскостях XZ и YZ. На рис.2 показана схема установки, предназначенной для определения угла рассеяния в плоскости XZ и состоящей из трех пропорциональных камер.

Принятые обозначения:

a - шаг намотки камер,

C_1, C_2 - сдвиги камер относительно принятой оси,

X_1, X_2, X_3 - номера проволочек в пропорциональных камерах,

L_1, L_2 - расстояния между камерами.

Координаты прохождения частицы относительно условной оси определяются следующими соотношениями:

$$X_1 = aX_1 + C_1 ; X_2 = aX_2 + C_2 ; X_3 = aX_3 .$$

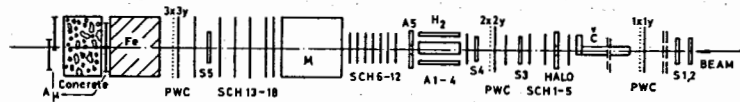


Рис. 1 Схема спектрометра.

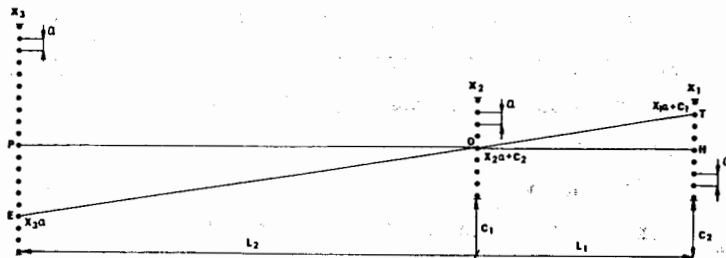


Рис. 2 Схема установки, иллюстрирующая задачу решающего устройства

Для прямого прохождения частицы

$$Ax_1 - Bx_2 + x_3 - C = 0, \quad (1),$$

$$\text{где } A = \frac{L_2}{L_1}; \quad B = \frac{L_1 + L_2}{L_1}; \quad C = \frac{c}{a}; \quad c = c_1 = c_2.$$

Задачей электронной решающей системы является проверка неравенства

$$|Ax_1 - Bx_2 + x_3 - C| > K_x,$$

где K_x - выбранная величина, характеризующая минимальный регистрируемый угол рассеяния частицы (в проекции на единую плоскость XZ).

Самым точным условием подавления прямых прохождений (вернее, событий с углом рассеяния меньше заданного) является следующее:

$$\sqrt{\theta_x^2 + \theta_y^2} > \theta_{\min}. \quad (2).$$

При таком образом поставленной задаче все частицы, испытание рассеяние в пространстве на угол, меньший определенного константой θ_{\min} , будут подавлены.

В эксперименте оказался достаточным и был реализован самый простой вариант алгоритма решения, определенного формулами:

$$\begin{aligned} |\theta_x| &> K_x \\ |\theta_y| &> K_y. \end{aligned} \quad (3)$$

С целью определения возможности аппаратуры в заданных геометрических условиях для конкретного алгоритма были проведены расчеты методом Монте-Карло на ЭЕМ.

Полученное таким образом угловое разрешение установки координатных детекторов для решающей системы показано на рис.3. Как видно, угловое разрешение системы запуска равно $\pm 0,18$ мрад, что соответствует пространственному разрешению ± 1 проволока в пропорциональной камере. Эффективность регистрации рассеянных событий при разных углах отсечки показана на рис. 4. Видно, что при угле

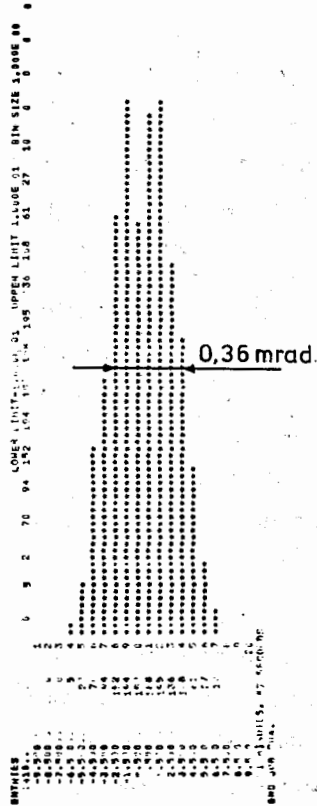


Рис. 3 Теоретическое угловое разрешение установки для отбора событий рассеяния

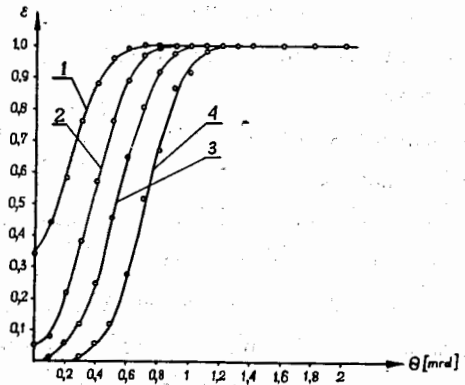


Рис. 4 Эффективность регистрации рассеянных событий

отсечки, равном 0,36 мрад (кривая 2), события рассеяния на угол больше 0,8 мрад должны, согласно теоретическим расчетам, регистрироваться с эффективностью ~100%.

Ошибки алгоритма, использованного для отбора событий рассеяния, связаны со следующими причинами:

- координатная ошибка регистрации места прохождения частицы, вследствие чего возникает ошибка при отборе прямых прохождений частиц;
- неэффективность установки, которая определяется неэффективностью пропорциональных камер;
- неточность подбора коэффициентов;
- многократное рассеяние;
- нестабильность порогов, определяющих пространственный угол обрезания.

Задачу, определенную формулой (3), можно выполнить двумя способами: аналоговым /1/ и цифровым /9/. В эксперименте был использован аналоговый вариант процессора, а в диссертации приводятся аргументы в пользу такого решения и подробно рассматривается реализация аналоговой решающей аппаратуры.

В этой же главе описана логика быстрой электроники, имеющая следующие задачи:

- отбор и обработка информации со сцинтилляционных счётчиков;
- определение наличия частицы в установке;
- выработка сигнала ворот для информации с пропорциональных камер;
- выполнение некоторых условий, необходимых для правильной работы решающего устройства.

На рис.5 приведена блок-схема установки выборочного запуска.

В главе четвертой даются результаты испытаний аппаратуры и описывается проведение эксперимента. Настройка и испытания аппаратуры

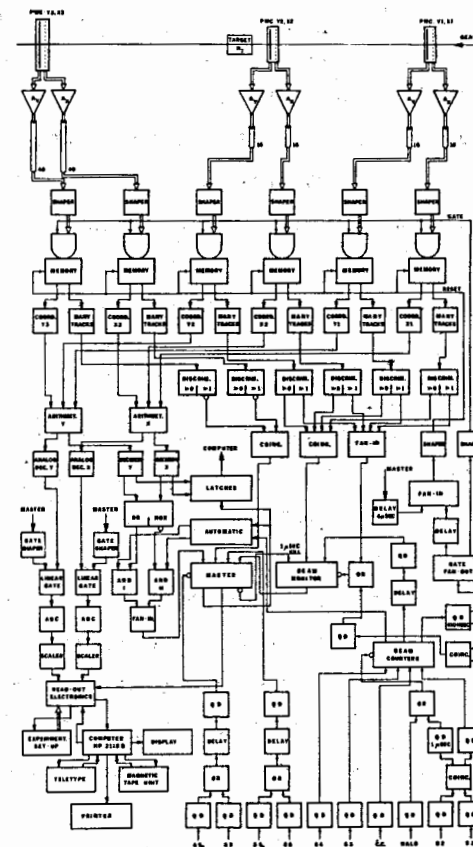


Рис. 5 Блок-схема установки выборочного запуска

проводились на пучке ускорителя ИФВЭ в Серпухове при энергии 50 Гэв. Вначале были проведены испытания пропорциональных камер с целью определения их эффективности и подбора оптимальных рабочих условий. После этого исследовалась полная система выборочного запуска и ее параметры. На основе этих исследований были выбраны рабочие параметры, удовлетворяющие условиям эксперимента, и затем проведен рабочий сеанс набора статистики.

В сеансах с полной и с пустой мишенями было произведено около $1,8 \cdot 10^6$ запусков спектрометра при энергии 50 Гэв и примерно $1,3 \cdot 10^6$ запусков при энергии 40 Гэв. При энергии 50 Гэв в диапазоне переданных четырех импульсов $2,5 \cdot 10^{-3} < t < 10^{-2}$ зарегистрировано около 7000 событий упругого π^- -рассеяния, что позволяет определить отношение вещественной и мнимой частей амплитуды π^- -рассеяния с высокой точностью.

Физические результаты, содержащие сведения о параметре наклона дифференциального сечения, были представлены на IX Международной конференции по физике элементарных частиц (Экс-ан-Прованс, 1973) и опубликованы в работе /10/.

Данные об отношении вещественной и мнимой частей амплитуды π^- -рассеяния в области малых углов были доложены на XUI Международной конференции по физике высоких энергий (Лондон, 1974г.).

На рис.6 представлена топология одного из событий π^- -рассеяния, изображенная на экране дисплея с помощью "on line" - программы.

На рис.7 показана эффективность регистрации событий рассеяния в плоскостях XZ и YZ.

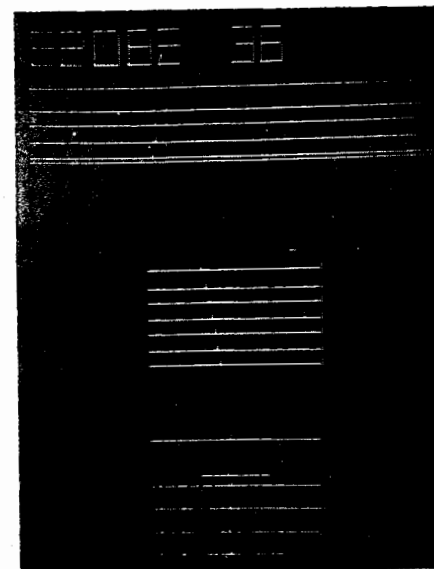


Рис. 6 Событие π^- -рассеяния (снимок с экрана дисплея)

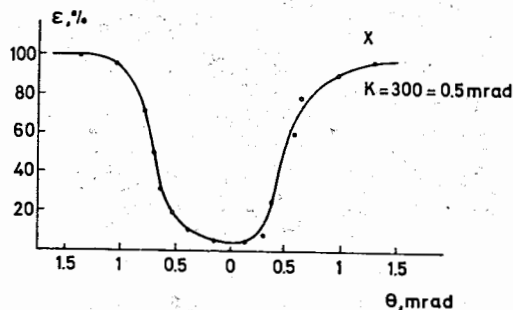
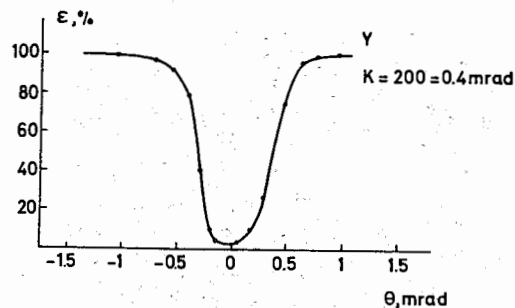


Рис. 7 Эффективность регистрации событий рассеяния.

Основные результаты описанных в диссертации исследований и разработок сводятся к следующему:

1. Впервые была разработана, изготовлена и налажена на пучке система выборочного запуска для экспериментов по рассеянию частиц высоких энергий на малые углы с использованием проволочных пропорциональных камер. В системе был применен аналоговый метод съема координатной информации.

Вычисление углов рассеяния также проводилось аналоговым методом, время решения составляло 300 нсек.

2. Предложена и осуществлена логика отбора мониторных частиц, обеспечивающая высокую эффективность системы выборочного запуска с использованием пропорциональных камер.

3. Разработанная система была применена для запуска спектрометра, состоящего из бесфильмовых искровых камер с магнитострикционным съемом информации. Общая задержка запуска не превышала 800 нсек, что позволило регистрировать события рассеяния с высокой эффективностью (около 98%). Коэффициент отбора полезных событий составлял ~ 12 .

4. С использованием разработанной аппаратуры проведен сеанс набора статистики в эксперименте по изучению упругого π^- -р-рассеяния на малые углы при энергиях 40 и 50 Гэв на ускорителе ИФЭЗ. Аппаратура надежно проработала в течение 240 часов. Система выборочного запуска позволили регистрировать с высокой эффективностью события рассеяния вплоть до минимальных передач четырехимпульса $-t = 0,0025 (\text{Гэв}/c)^2$, что обеспечивает изучение вещественной части амплитуды π^- -р-рассеяния.

ЛИТЕРАТУРА

1. Z.Guzik et al. Nucl. Instr. and Meth. 104,337,1972.
2. G.T.Adylov et al. JINR,Е1-7934,Dubna,1974.
3. Н.М.Никитюк, В.Попельски, В.Н.Семенов
Сообщение ОИЯИ I3-5083, Дубна, 1970.
4. Yu.V.Zanevsky et al, Nucl. Instr. and Meth. 100,481,1972.
5. V.D.Peshekhonov et al, Nucl. Instr. and Meth. 100,505,1972.
6. G.T.Adylov et al. JINR,Е13-6658,Dubna,1972.
7. G.T.Adylov et al. JINR,Е13-6749,Dubna,1972.
8. Z.Guzik et al. JINR,Е1-5818,Dubna,1971.
9. Ф.К.Алиев и др. ОИЯИ, I3-6065, Дубна, 1970 г.
- 10.А.А.Дереvchekov et al. Phys. Lett.48В,367,1974.

Рукопись поступила в издательский отдел
6 сентября 1974 г.